

**Die karakterisering, benutting en vervaardiging van  
produkte herwin vanuit *Lippia scaberrima* Sond.**

deur

**Francois Cornelius Terblanché**

Voorgelê ter vervulling van 'n deel van die vereistes vir die graad

**Philosophiae Doctor (Chemiese Ingenieurswese)**

in die Fakulteit Ingenieurswese

Universiteit van Pretoria

Pretoria

Desember 2000

**The characterisation, utilization and manufacture of products  
recovered from *Lippia scaberrima* Sond.**

by

**Francois Cornelius Terblanché**

Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of

**Philosophiae Doctor (Chemical Engineering)**

in the

Faculty of Engineering

University of Pretoria

Pretoria

December 2000

..

The characterisation, utilization and manufacture of products  
recovered from *Lippia scaberrima* Sond.

by

Francois Cornelius Terblanché

**Supervisor:** Gerrit Kornelius

**Department:** Chemical Engineering

**Degree title:** Ph.D (Eng) (Chemical)

## ABSTRACT

The genus *Lippia* Houst. (family *Verbenaceae* Juss.) has been used medicinally for centuries in various cultures. Numerous traditional medicinal applications of the South African Lippias are known, and among these is *Lippia scaberrima* Sond., the "Beukesbossie". Products recovered from *L. scaberrima* include essential oils by means of batch microwave distillation and a herbal tea manufactured by various methods.

Microwave heating occurs through direct absorption of input energy. The whole sample is heated simultaneously with a heating rate much faster than for water distillation. Microwave distillation times can be expected to be less than corresponding water distillation times.

A large number of parameters influence essential oil composition and yield. Various geographical, climatic, botanical, production and other parameters were identified and listed.

The natural distribution of airdried leaves and flower heads and water as solvent was used in a domestic type microwave oven. Microwave distillation production parameters were studied and optima determined with respect to maximum oil yield. The batch microwave distillation production parameters studied (irradiation time, ratio of water used to plant material used, plant material moisture content, solvent recycling, physical size of plant material, addition of a surface tension modifier, soaking as pretreatment, load size, distillation kinetics and alternative solution medium namely ethanol) lead to a better understanding of microwave essential oil production. It enabled design of prototype continuous microwave distillation apparatus.

Mobile, continuous microwave distillation equipment enables extraction of essential oils in a rural environment. It allows rapid investigation of a large variety of plants, and retrieval of essential oils in an economical and uncomplicated manner.

Water distillation represents a classical technique for essential oil retrieval whereas microwave distillation is probably the most modern method. Physical and chemical properties of microwave and water distilled oils were determined. This enabled comparison of the microwave technique to a standard, industrially accepted production method.

Tea was manufactured from *L. scaberrima* by means of the green tea, Rooibos tea and black tea methods as a first iteration in the production of a commercial tea. Drying curves was developed as well as appropriate regions of production variables like withering- and fermentation temperatures and times.

**KEY WORDS:** *Lippia scaberrima*, *Verbenaceae*, Beukesbossie, essential oil, batch microwave distillation, continuous microwave distillation, water distillation, physical properties, chemical properties, herbal tea

**Die karakterisering, benutting en vervaardiging van produkte herwin vanuit  
*Lippia scaberrima* Sond.**

deur

Francois Cornelius Terblanché

**Promotor:** Gerrit Kornelius  
**Departement:** Chemiese Ingenieurswese  
**Graadbenaming:** Ph.D (Ing) (Chemies)

**OPSOMMING**

Plante van die genus *Lippia* Hout. (familie *Verbenaceae* Juss.) word hoofsaaklik gevind in Suid- en Sentraal-Amerika en Tropiese Afrika en word alreeds eeue lank in verskeie kulture medisinaal aangewend. So is daar verskeie tradisionele medisinale gebruike van die Suid-Afrikaanse *Lippia scaberrima* Sond., die Beukesbossie, bekend. Essensiële olies is verkry vanuit *L. scaberrima* m.b.v. enkelladingsmikrogolfdestillasie. Produkte herwin vanuit *L. scaberrima* sluit essensiële olies verkry deur enkelladingsmikrogolfdestillasie en 'n kruietee vervaardig volgens verskeie metodes in.

Mikrogolwe word gekenmerk deur kort golflengtes en hoë frekwensies. Hierdie kombinasie verleen aan mikrogolwe die vermoë om sekere materiale meer effektief te verhit as konvensionele verhittingsmetodes. Mikrogolfverhitting geskied deur direkte absorpsie van inset energie. Die hele monster word gelyktydig verhit met 'n verhittingstempo wat aansienlik vinniger is as dié van waterdestillasie. Daar kan verwag word dat mikrogolfdestillasietye korter sal wees as ooreenstemmende waterdestillasietye.

'n Groot aantal veranderlikes beïnvloed essensiële oliekwiteit (samestelling) en hoeveelheid (obrengs). Geografiese, klimatologiese, botaniese en produksieveranderlikes beïnvloed die olie verkry. Belangrike veranderlikes is geïdentifiseer en gelys.

Verskeie produksieveranderlikes is bestudeer en optima verkry m.b.t. maksimum olie-opbrengs.

Die natuurlike verdeling blare en blomhofies van lugdroë plantmateriaal en water as oplosmiddel is gebruik in 'n huishoudelike tipe mikrogolfoond. Die bestudeerde enkelladings-mikrogolfdestillasie produksieveranderlikes (irradiasietyd, verhouding water tot plantmateriaal gebruik, plantmateriaal voginhoud, oplosmiddel hersirkulering, plantmateriaal verdelingsgraad, byvoeging van 'n oppervlakspanningsmodifiseerder, voorafbehandeling nl. weking, ladingsgrootte, destillasiekinetika en alternatiewe oplosmiddel nl. etanol) het gelei tot verhoogde insig rakende mikrogolf essensiële olieproduksie. Bv., die invloed en optima van die enkelladingsveranderlikes betrokke het ontwerp van prototipe kontinue mikrogolfdestillasieapparaat moontlik gemaak.

Mobiele, kontinue mikrogolfdestillasietoerusting laat ekstraksie van essensiële olies in 'n landelike omgewing toe. Sodoende kan 'n groot verskeidenheid plante vinning ondersoek word en die essensiële olies herwin word op 'n ekonomiese en eenvoudige wyse. Plantmateriaal hoef nie meer vervoer te word nie en kan in die gebied van oorsprong gelaat word as bv. kompos ten bate van die plaaslike bevolking. Slegs die essensiële olies sal weggeneem word. Dit beteken dat Suidelike Afrika se aansienlike planteryk as 'n hernubare hulpbron benut kan word.

Waterdistillasie verteenwoordig die klassieke en mees algemeen gebruikte tegniek vir essensiële olieherwinning terwyl mikrogolfdestillasie waarskynlik die mees moderne metode is. 'n Aantal fisiese (vriespunt, kookpuntgebied, soortlike gewig, refraksie-indekse, viskositeit en optiese rotasie) en chemiese (pH, mengbaarheid met etanol, fenol-inhoud, karbonielgetal, suurgetal, estergetal, inhoud van vry en totale alkohole en residu na verdamping) eienskappe van mikrogolf- en watergedistilleerde *L. scaberrima* olie is bepaal. Dit het vergelyking van die mikrogolftegniek met 'n standaard, industrieel aanvaarde produksiemetode moontlik gemaak.

Tee is vervaardig vanuit *L. scaberrima* volgens die groen tee, Rooibostee en swart tee metodes as eerste iterasie in die daarstelling van 'n kommersiële tee. Drogingskurwes is bepaal sowel as toepaslike gebiede vir produksieveranderlikes soos verleppings- en fermentasietemperature en tye. Die fondasie is gelê waarvolgens *L. scaberrima* kan dien as kommersiële bron van 'n unieke inheemse Suid-Afrikaanse tee.

**SLEUTELWOORDE:** *Lippia scaberrima*, *Verbenaceae*, Beukesbossie, essensiële olie,

enkelladingsmikrogolfdestillasie, kontinue mikrogolfdestillasie,  
waterdestillasie, fisiese eienskappe, chemiese eienskappe,  
kruieete

## **Bedankings**

Aan die Almagtige Drie-enige God van Liefde van die Bybel kom die eer toe vir alle goeie dinge; en ek betuig my dankbaarheid aan my persoonlike Saligmaker en Verlosser, die Here Jesus Christus, vir die Genade aan my bewys om hierdie werk tot voltooiing te bring.

**Deuteronomium 31:6      Wees sterk en vol moed; wees nie bevrees en word nie verskrik vir hulle nie; want dit is die Here jou God wat saam met jou trek; Hy sal jou nie begewe of verlaat nie.**

- Mnr. Gerrit Kornelius, ek het lank gewonder wat om hier te skryf en weet nog steeds nie. Dit was 'n voorreg om saam met u te kon werk aan my skripsie, meestersgraad en nou ook die doktoraal. Dankie vir alles wat u die afgelope aantal jare vir my gedoen het.
- Prof. Johan Joubert van die Departement Elektroniese Ingenieurswese van die Universiteit van Pretoria vir hulp verleen met die wiskundige aspekte van afsnygolfgeleiding.
- Prof. Robert Vlegaar van die Departement Chemie van die Universiteit van Pretoria vir hulp verleen met die bepaling van die optiese rotasiewaardes van die essensiële olies.
- Mnr. Hennie Gerber van die Departement Rekenaardienste van die Universiteit van Suid-Afrika vir die statistiese verwerkings en ontledings gedoen by die teevervaardiging se sensoriese evalueringsafdeling.
- Mnr. Vimlan Govender van SA Silicones (verskaffer van Dow Corning se produkte) vir raad oor skuimweermiddels en die verskaffing van gratis monsters om uit te toets.
- Dank aan my skripsiestudente betrokke by my navorsingsprojekte terwyl ek verbonde was as dosent aan die Departement Chemiese Ingenieurswese van die Universiteit van Pretoria. Individue wat sommige dele van die eksperimentele werk uitgevoer het was Paul Male, Johan van Rooyen, Ivan Strydom, Egmont Ottermann en Hermann Penzhorn.



- Opregte waardering en dank teenoor my ouers - Dankie dat pa en ma van altyd af daar is vir my.
- Dankie vir al die vriende en familielede wat my ondersteun en aangemoedig het.
- Spesiale dank aan my Marietjie, veral vir die tye wanneer niks wou werk nie en niemand anders wou luister nie...

Vir

Tycho (1989/09/16 — 2000/02/26),

ek is baie jammer oor al die kere wat ek moes werk en  
nie met jou kon speel nie...

## Nomenklatuur

Simbool	Verklaring	Eenhede
$\alpha$	Modus verswakingskonstante	[neper/m]
$\alpha_D$	Optiese rotasie	[°]
$\beta$	Modus voortplantingskonstante	[rad/m]
$\delta$	$\tan^{-1}(\epsilon''/\epsilon')$ met $\epsilon''/\epsilon'$ die verliesraaklyn	[rad]
$\delta$	Dui op verandering as dit saam met 'n veranderlike gebruik word, bv. $\delta T$	[ ]
$\epsilon$	Materiaal diëlektriese konstante	[ ]
$\epsilon'$	Reële deel van materiaal diëlektriese konstante. (Soms bloot diëlektriese konstante genoem.)	[ ]
$\epsilon''$	Imaginêre deel van materiaal diëlektriese konstante. (Verliesfaktor genoem.)	[ ]
$\epsilon_0$	Permittiwiteit van die vrye ruimte, nl. $8.854 \times 10^{-12}$	[farad/m]
$\epsilon_r$	Materiaal relatiewe permittiwiteit	[ ]
$\epsilon_x$	Materiaal permittiwiteit	[farad/m]
$\mu_0$	Permeabiliteit van die vrye ruimte, nl. $4 \pi \times 10^{-7}$	[henry/m]
$\mu_x$	Materiaal permeabiliteit	[henry/m]
$a$	Radius van 'n buisvormige golfgeleier	[m]
$c$	Konsentrasie van opgeloste stof in oplossing	[mg/ml]
$C_p$	Materiaal warmtekapasiteit	[kJ/kg K]
$E$	Energie	[J]
$f$	Frekwensie	[Hz]
$f_c$	Afsnyfrekwensie vir 'n bepaalde elektromagnetiese golfmodus	[Hz]
$h$	Planck se konstante, nl. $6.62608 \times 10^{-34}$	[J s]
$j$	Gebruik om komplekse getal aan te dui	
$k_c$	Afsnygolfgetal	[neper/m]
$l$	Padlengte van die optiese sel	[dm]

L	Lengte van 'n buisvormige golfgeleier	[m]
m	Massa	[kg]
N <sub>A</sub>	Avogadro se getal, nl. $6.02214 \times 10^{23}$	[1/mol]
n <sub>D</sub>	Refraksie-indeks	[ ]
P	Drywing	[J/s]
T	Temperatuur	[K]

### Voetskrifte

1	Toestand 1
2	Toestand 2
A	Avogadro
Begin	Begintoestand
c	Afsny
Einde	Eindtoestand
Maks	Maksimum
o	Vrye ruimte
P	By konstante druk
r	Relatief
T1	Temperatuur 1
T2	Temperatuur 2
x	Spesifieke materiaaltoestand

**INHOUDSOPGAWE**

	<i><b>Bladsy</b></i>
Summary	iii
Opsomming	v
Bedankings	vii
Opedra aan	ix
Nomenklatuur	x
Inhoudsopgawe	xii
1. Doel van die ondersoek	1
1.1. Inleiding	1
1.2. Probleemstelling	2
1.2.1 Essensiële olie	2
1.2.1.1 Karakterisering van die essensiële olies	2
1.2.1.2 Enkelladingsmikrogolfdestillasie	3
1.2.1.3 Kontinue mikrogolfdestillasie	6
1.2.1.4 Benutting van die olie	7
1.2.2 Kruietee	8
1.2.3 Ander benuttingsmoontlikhede	9
2. Literatuuroorsig	11
2.1. Inleiding	11
2.2 Essensiële olie	11
2.2.1 Identifisering van veranderlikes betrokke by olieherwinning	11
2.2.1.1 Geografiese veranderlike	13
2.2.1.2 Klimatologiese veranderlikes	13
2.2.1.3 Botaniese veranderlikes	15
2.2.1.4 Produksie bedryfsveranderlikes	18
2.2.1.5 Produksie toerustingveranderlikes	19
2.2.1.6 Bergingsveranderlikes	20
2.2.1.7 Diverse veranderlikes	21
2.2.2 Karakterisering van die essensiële olies	21
2.2.3 Mikrogolfproduksie van essensiële olies	25

<b>Inhoudsopgawe (vervolg...)</b>	<b>Bladsy</b>
2.2.3.1 Inleiding	26
2.2.3.2 Wiskundige aspekte van mikrogolfsisteme	28
2.2.3.3 Termodinamiese aspekte van mikrogolfsisteme	29
2.2.3.4 Diëlektriese eienskappe van materiale	30
a) Frekwensie van mikrogolfstraling	32
b) Temperatuur	33
c) Materiaaldigtheid	33
d) Materiaalvoginhoud	33
e) Ioniese verbindings	33
2.2.3.5 Elektromagnetiese velde	34
2.2.3.6 Indringingsdiepte van mikrogolfstraling	35
a) Frekwensie van mikrogolfstraling	36
b) Temperatuur	36
c) Materiaaldigtheid	36
d) Materiaalvoginhoud	36
e) Materiaal diëlektriese eienskappe	37
f) Fisiese materiaal grootte	37
g) Ioniese verbindings	37
2.2.3.7 Verhitting met mikrogolfstraling	37
2.2.3.7.1 Verhittingstempo	38
a) Frekwensie van mikrogolfstraling	38
b) Temperatuur	38
c) Materiaaldigtheid	38
d) Materiaalvoginhoud	39
e) Materiaal diëlektriese eienskappe	39
f) Spesifieke warmtekapasiteit van materiaal	39
g) Materiaaloppervlaktetoestand	39
h) Fisiese materiaal grootte	40
i) Materiaal massa	40

**Inhoudsopgawe (vervolg)*****Bladsy***

j)	Materiaalvorm	41
k)	Ioniese verbindings	41
l)	Elektriese veldsterkte	41
m)	Veranderlikes wat betrekking het op die oond	41
2.2.3.7.2	Temperatuurprofile	42
a)	Aksiale temperatuurprofiel	42
b)	Radiale temperatuurprofiel	43
2.2.3.7.3	Heersende omgewingstoestande in die oond	43
2.2.3.8	Geometriese oorwegings vir distillasieapparaat	43
2.2.3.9	Mikrogolfverhitting van mengsels	44
2.2.3.10	Meganisme van oplosmiddelaksie op oliekliere tydens mikro- golfekstraksie van essensiële olies	46
2.2.4.	Kontinue mikrogolfdistillasieapparaat	47
2.2.4.1	Inleiding	47
2.2.4.2	Gedeeltelike empiriese benadering tot ontwerp	47
2.2.4.3	Belangrike ontwerp oorwegings	48
2.2.4.3.1	Ontwerpvereistes	48
2.2.4.3.2	Ontwerpbeperkings	50
2.2.4.3.3	Materiaalkeuses	51
2.2.4.3.4	Materiaalvloei	52
2.2.5	Benutting van <i>L. scaberrima</i> essensiële olie	54
2.2.5.1	Inleiding	54
2.2.5.2	Suid-Afrikaanse essensiële olies	55
2.2.5.3	Antimikrobiese aktiwiteit	56
2.2.5.3.1	Antimikrobiese aktiwiteit van <i>Lippia</i> spesies essensiële olies	56
2.2.5.3.2	Antimikrobiese aktiwiteit van <i>L. scaberrima</i> essensiële olie	57
2.2.5.4	Ander potensiële gebruike van <i>L. scaberrima</i> essensiële olie	59

**Inhoudsopgawe (vervolg...)****Bladsy**

2.3	Teevervaardiging	61
2.3.1	Inleiding	61
2.3.2	Historiese oorsig	62
2.3.3	antioksidante	63
2.3.3.1	Inleiding	63
2.3.3.2	Auto-oksidasie	64
2.3.3.3	Meganisme van werking van antioksidante	64
2.3.3.4	Antioksidante in voedsel	65
2.3.3.5	Antioksidante van belang by teevervaardiging	65
2.3.4	Swart tee	66
2.3.4.1	Inleiding	66
2.3.4.2	Vervaardiging van swart tee	67
2.3.4.3	Bemaking	68
2.3.4.4	Sensoriese evaluering	69
2.3.4.5	Gesondheidsaspekte van swart tee	69
2.3.5	Rooibostee	70
2.3.5.1	Inleiding	70
2.3.5.2	Vervaardiging van Rooibostee	70
2.3.5.3	Bemaking	71
2.3.5.4	Sensoriese evaluering	72
2.3.5.5	Gesondheidsaspekte van Rooibostee	72
2.3.6	Heuningbostee	73
2.3.6.1	Inleiding	73
2.3.6.2	Vervaardiging van heuningbostee	73
2.3.6.3	Bemaking	75
2.3.6.4	Sensoriese evaluering	75
2.3.6.5	Gesondheidsaspekte van heuningbostee	76
2.3.7	Kruietee	77
2.3.7.1	Inleiding	77



## Inhoudsopgawe (vervolg...)

Bladsy

2.3.7.2	Vervaardiging van kruietee	77
2.3.7.3	Bemaking	77
2.3.7.4	Sensoriese evaluering	79
2.3.7.5	Gesondheidsaspekte van kruietee	79
2.3.8	Aspekte van belang rondom <i>Lippia scaberrima</i> tee	80
2.3.8.1	Samestelling van <i>Lippia</i> tee	80
2.3.8.2	Gesondheidsaspekte van <i>Lippia</i> tee	80
2.3.8.2.1	Toksisiteit van tee afkomstig van <i>Lippia</i> spesies	80
2.3.8.2.2	Gesondheidsvoordele van <i>L. scaberrima</i> tee	82
2.4	Ander benuttingsmoontlikhede van <i>L. scaberrima</i>	83
2.4.1	Medisinale gebruike van <i>Lippia</i> spesies	83
2.4.2	Ander gebruike van <i>L. scaberrima</i>	85
3.	Karakterisering van die essensiële olies	87
3.1	Inleiding	87
3.2	Fisiese eienskappe	87
3.2.1	Vriespunt	87
3.2.2	Kookpuntgebied	88
3.2.3	Soortlike gewig	91
3.2.4	Refraksie-indekse	91
3.2.5	Viskositeit	92
3.2.6	Optiese rotasie	93
3.3	Chemiese eienskappe	94
3.3.1	pH	94
3.3.2	Mengbaarheid met etanol	94
3.3.3	Fenol-inhoud	95
3.3.4	Karbonielgetal	95
3.3.5	Suurgetal	96
3.3.6	Estergetal	97
3.3.7	Inhoud van vry en totale alkohole	98

**Inhoudsopgawe (vervolg...)**

**Bladsy**

3.3.8	Residu na verdamping	99
3.4	Vergelyking van olies verkry met verskillende produksiemetodes	100
4.	Enkelladingsmikrogolfdestillasie	103
4.1	Eksperimenteel	103
4.1.1	Insameling van plantmateriaal	103
4.1.2	Samestelling van plantmateriaal	103
4.1.3	Opskaling van waterdestillasieapparaat	105
4.1.4	Invloed van verhouding water tot plantmateriaal gebruik by waterdestillasie	107
4.1.5	Standaard bedryfsprosedure	108
4.1.6	Veranderlikes ondersoek	112
4.1.6.1	Irradiasietydsduur	112
4.1.6.2	Verhouding water tot plantmateriaal gebruik	112
4.1.6.3	Voginhoud van plantmateriaal	113
4.1.6.4	Hersirkulering van water	113
4.1.6.5	Verdelingsgraad van plantmateriaal	114
4.1.6.6	Byvoeging van oppervlakspanningsmodifiseerder	114
4.1.6.7	Voorafbehandeling nl. Weking	114
4.1.6.8	Ladingsgrootte	115
4.1.6.9	Distillasiekinetika	115
4.1.6.10	Alternatiewe oplosmiddel	115
4.2	Resultate	118
4.2.1	Irradiasietydsduur	118
4.2.2	Verhouding water tot plantmateriaal gebruik	118
4.2.3	Voginhoud van plantmateriaal	120
4.2.4	Hersirkulering van water	121
4.2.5	Verdelingsgraad van plantmateriaal	122
4.2.6	Byvoeging van oppervlakspanningsmodifiseerder	123
4.2.7	Voorafbehandeling nl. weking	124

<b>Inhoudsopgawe (vervolg...)</b>	<b>Bladsy</b>	
4.2.8	Ladingsgrootte	125
4.2.9	Distillasiekinetika	126
4.2.10	Alternatiewe oplosmiddel	127
4.3	Bespreking	128
4.3.1	Plantmateriaal	129
4.3.2	Irradiasietydsduur	129
4.3.3	Verhouding water tot plantmateriaal gebruik	130
4.3.4	Voginhoud van plantmateriaal	132
4.3.5	Hersirkulering van water	135
4.3.6	Verdelingsgraad van plantmateriaal	137
4.3.7	Byvoeging van oppervlakspanningsmodifiseerder	138
4.3.8	Voorafbehandeling nl. weking	139
4.3.9	Ladingsgrootte	141
4.3.10	Distillasiekinetika	143
4.3.11	Alternatiewe oplosmiddel	145
4.3.12	Relatiewe invloed van veranderlikes ondersoek	146
5.	Kontinue mikrogolfdestillasie	151
5.1	Inleiding	151
5.2	Kontinue mikrogolfdestillasietoerusting ontwerp algoritme	151
5.2.1	Termiese effektiwiteit van die mikrogolfoond	151
5.2.2	Ontwerp van 'n geskikte afsnygolfgeleier	153
5.2.3	Distillasieapparaat ontwerp	158
5.2.3.1	Ladingsgrootte	159
5.2.3.2	Mengseldigtheid	160
5.2.3.3	Indringingsdiepte	161
5.2.3.4	Oplosmiddelkeuse	161
5.2.3.5	Geometriese oorwegings	161
5.2.4	Voorgestelde apparaatopstelling	163

<b>Inhoudsopgawe (vervolg...)</b>	<b>Bladsy</b>	
5.2.4.1	Voerstroom tot die mikrogolfoond	163
5.2.4.2	Binne-in die mikrogolfoond	164
5.2.4.3	Strome uit mikrogolfoond uit	166
5.2.5	Plantmateriaalvoorbereiding	166
5.2.6	Skuimweermiddels	168
5.2.7	Berekening van maksimum oondlading	169
5.3	Aanbevelings en opmerkings rondom kontinue mikrogolfdestillasiesisteme	170
5.3.1	Veiligheid	170
5.3.2	Opskaling van apparaat	171
5.3.3	Belangrike ontwerp oorwegings	171
5.3.3.1	Mikrogolfveranderlikes	171
5.3.3.2	Oplosmiddel	172
5.3.3.3	Plantmateriaal	173
5.3.3.4	Distillasieapparaat	173
5.3.4	Aspekte van belang rakende bedryfsprosedures van kontinue sisteme	174
5.3.5	Alternatiewe toerustingkonfigurasies	175
6.	Teevervaardiging vanuit <i>L. scaberrima</i>	178
6.1	Inleiding	178
6.2	Plantmateriaaloorprong	178
6.3	Teevervaardiging	178
6.3.1	Inleiding	178
6.3.2	Drogingskurwes	179
6.3.3	Teevervaardiging prosesstappe	181
6.3.4	Eksperimentele tee's	182
6.3.4.1	Inleiding	182
6.3.4.2	Groen tee metode	183
6.3.4.3	Aangepaste Rooibostee metode	183
6.3.4.4	Swart tee metode	184
6.3.4.5	$\beta$ -Karoteen byvoeging	185
6.4	Sensoriese beoordeling en statistiese analise	186

<b>Inhoudsopgawe (vervolg...)</b>	<b>Bladsy</b>
6.4.1 Inleiding	186
6.4.2 Groen tee metode	186
6.4.3 Aangepaste Rooibostee metode	187
6.4.4 Swart tee metode	188
6.4.5 $\beta$ -Karoteen byvoeging	190
6.5 Medisinale eienskappe van <i>L. scaberrima</i> tee	190
6.5.1 Inleiding	190
6.5.2 Sitotoksiese aktiwiteit	191
6.5.3 Antifungale aktiwiteit	191
6.6 Chemiese karakterisering	192
6.7 Gevolgtrekkings en aanbevelings	193
7. Gevolgtrekkings en aanbevelings	195
7.1 Inleiding	195
7.2 <i>L. scaberrima</i> as gevallestudie	195
7.3 Karakterisering van die olies	195
7.4 Enkelladingsmikrogolfdestillasie veranderlikes ondersoek	196
7.4.1 Irradiasietydsduur	196
7.4.2 Verhouding water tot plantmateriaal gebruik	197
7.4.3 Voginhoud van plantmateriaal	197
7.4.4 Hersirkulering van distillaatwater	197
7.4.5 Plantmateriaal verdelingsgraad	198
7.4.6 Oppervlakspanningsmodifisering	199
7.4.7 Voorafbehandeling nl. weking	199
7.4.8 Ladingsgrootte	199
7.4.9 Distillasiekinetika	199
7.4.10 Alternatiewe oplosmiddel	199
7.5 Kontinue mikrogolfsisteme	200
7.5.1 Veiligheid	200
7.5.2 Oplosmiddel	200

**Inhoudsopgawe (vervolg...)**

**Bladsy**

7.5.3	Distillasieapparaat	201
7.5.4	Stroomvloeiempo's	201
7.5.5	Opskaling van apparaat	202
7.5.6	Bedryfsprosedures en –veranderlikes	202
7.5.7	Alternatiewe toerustingkonfigurasies	203
7.6	Teevervaardiging	203
7.7	Slotrede	204
8.	Verwysings	
9.	Bylaes	
A	Berekening van ekwivalente kwantumenergie van elektromagnetiese straling	A1
B	Ondersoek na die kamfer inhoud van <i>L. scaberrima</i>	B1
C	Voorbeelde van plante wat kommersieel belangrike geneesmiddels lewer	C1
D	Verwerking van literatuur olie opbrengste verkry by verskillende voginhoudswaardes	D1

**Lys van figure:**

Figuur 2.2.4.3.4.1	Kontinue mikrogolfdistillasie materiaalvloeiskema	(p. 53)
Figuur 3.2.2.1	Bepaling van kookpункrommes	(p. 89)
Figuur 4.1.5.1	Enkelladingsmikrogolfdistillasieapparaat 108)	(p.
Figuur 5.2.3.1	Bo- en sykant-aansig van die kontinue distillasieapparaat 159)	(p.
Figuur 5.2.3.2	Voerpunt-aansig van die kontinue distillasieapparaat 160)	(p.
Figuur 5.2.4.1.1	Voerstroom tot die mikrogolfoond 164)	(p.
Figuur 5.2.4.2.1	Bo-aansig van opstelling binne-in mikrogolfoond 165)	(p.
Figuur 5.2.4.2.2	Sykant-aansig van opstelling binne-in mikrogolfoond 165)	(p.
Figuur 5.2.4.3.1	Vloeistrome uit die mikrogolfoond uit 166)	(p.
Figuur 5.3.5.1	'n Dubbelluik deurgang metode 176)	(p.
Figuur 5.3.5.2	Voorgestelde industriële proseskonfigurasie 177)	(p.

**Lys van grafieke:**

Grafiek 3.2.2.1	Kookpункtkrommes	(p. 90)
Grafiek 3.3.8.1	Residuele massas olie tydens verdamping 100)	(p.
Grafiek 4.2.1.1	Invloed van irradiasietydsduur op opbrengs 118)	(p.
Grafiek 4.2.2.1	Invloed van verhouding water tot plantmateriaal gebruik op opbrengs 119)	(p.
Grafiek 4.2.3.1	Invloed van voginhoud op opbrengs 120)	(p.
Grafiek 4.2.4.1	Invloed van hersirkulasiewater op opbrengs 121)	(p.
Grafiek 4.2.5.1	Invloed van verdelingsgraad op opbrengs 122)	(p.
Grafiek 4.2.6.1	Invloed van oppervlakspanningsmodifiseerder op opbrengs 123)	(p.
Grafiek 4.2.7.1	Invloed van voorafbehandeling nl. weking op opbrengs 124)	(p.
Grafiek 4.2.8.1	Invloed van plantmateriaal ladingsgrootte op opbrengs 125)	(p.
Grafiek 4.2.9.1	Distillasiekinetika van die olie opbrengs 126)	(p.
Grafiek 4.2.9.2	Distillasiekinetika van die distillaatwater herwin 127)	(p.
Grafiek 6.3.2.1	Drogingskurwes van <i>L. scaberrima</i> plantmateriaal by verskillende temperature 179)	(p.
Grafiek 6.3.2.2	Drogingskurwe van <i>L. scaberrima</i> plantmateriaal by Omgewingstemperatuur 180)	(p.



**Lys van tabelle:**

Tabel 2.2.2.1	Geselekteerde fisiese en chemiese eienskappe	(p. 23)
Tabel 2.2.2.2.	Fisiese en chemiese eienskappe van <i>Lippia</i> essensiële olies	(p. 24)
Tabel 2.2.3.1.1	Energiewaardes van geselekteerde chemiese bindings en Elektromagnetiese straling	(p. 27)
Tabel 2.2.3.4.1	Diëlektriese eienskappe van geselekteerde materiale	(p. 32)
Tabel 2.2.3.6.1	Indringingsdiepte van geselekteerde materiale	(p. 36)
Tabel 2.2.5.2.1	Suid-Afrikaanse essensiële olies gelewer aan die wêreldmark gedurende 1984	(p. 55)
Tabel 2.3.2.1	<i>Lippia</i> Houst. spesies as tee gebruik	(p. 62)
Tabel 3.2.1.1	Vriespunte	(p. 88)
Tabel 3.2.3.1	Soortlike gewigte	(p. 91)
Tabel 3.2.4.1	Refraksie-indekse	(p. 91)
Tabel 3.2.6.1	Optiese rotasies	(p. 94)
Tabel 3.3.2.1	Mengbaarheid met etanol	(p. 95)
Tabel 3.3.4.1.	Karbonielgetalle	(p. 96)
Tabel 3.3.5.1	Suurgetalle	(p. 96)
Tabel 3.3.6.1	Estergetalle voor asetilering	(p. 97)
Tabel 3.3.6.2	Estergetalle na asetilering	(p. 98)
Tabel 3.3.7.1	Vry en totale alkohol inhoud	(p. 98)
Tabel 4.1.2.1	Samestelling en voginhoud van ingesamelde plantmateriaal gedurende progressiewe droging	(p. 104)
Tabel 4.1.4.1	Invloed van verhouding water tot plantmateriaal gebruik (Waterdistillasie)	(p. 107)
Tabel 4.2.10.1	Resultate van etanol distillasielopies	(p. 128)
Tabel 4.3.4.1	Invloed van plantmateriaalvoginhoud op opbrengs	(p. 133)
Tabel 4.3.12.1	Maksimum olie opbrengste (Enkelladingsdistillasie)	(p. 147)

Tabel 4.3.12.2	Standaard opbrengste (Enkelladingsdistillasie) 149)	(p.
Tabel 4.3.12.3	Statistiese analyses van die standaardopbrengste 150)	(p.
Tabel 5.2.1.1	Mikrogolfoond termiese effektiwiteit bepaling 152)	(p.
Tabel 5.2.2.1	Afsnygolfgeleier ontwerp voorbeelde 158)	(p.
Tabel 5.2.5.1	Invloed van plantmateriaalvoorbereiding op olie-opbrengs (Waterdistillasie) 167)	(p.
Tabel 5.2.5.2	Hoopdigthede van <i>L. scaberrima</i> lugdroë materiaal 168)	(p.
Tabel 6.3.4.2.1	<i>L. scaberrima</i> groen tee vervaardiging eksperimente 183)	(p.
Tabel 6.3.4.4.1	<i>L. scaberrima</i> swart tee vervaardiging eksperimente 185)	(p.
Tabel B.1	Hoeveelhede kamfer in <i>L. scaberrima</i> essensiële olies (Molpersentasies)	(p. B1)
Tabel B.2	Essensiële olie opbrengste vir olies genoem in Tabel B.1 (Massapersentasies)	(p. B2)
Tabel B.3	Hoeveelhede <i>L. scaberrima</i> essensiële olies wat 50 mg kamfer bevat	(p. B2)
Tabel B.4	Hoeveelhede <i>L. scaberrima</i> plantmateriaal wat 50 mg kamfer bevat	(p. B3)
Tabel C.1	Plante wat kommersieel belangrike geneesmiddels lewer	(p. C1)
Tabel D.1	Hoeveelhede plantmateriaal ondersoek D1)	(p.
Tabel D.2	Ooreenstemmende hoeveelhede droë plantmateriaal D1)	(p.
Tabel D.3	Hoeveelhede olie herwin D2)	(p.
Tabel D.4	Vergelykbare olie opbrengswaardes D2)	(p.



## 1. Doel van die ondersoek

### 1.1. Inleiding

Francisco Hernández, in opdrag van Koning Phillip II van Spanje om die medisinale plante van "Nuwe Spanje" te gaan bestudeer, het die gebruike, name en botaniese eienskappe van meer as 3000 verskillende plante tussen 1570 en 1576 opgeteken. Hernández se werk is verskeie kere sedert 1587 in Latyn en Spaans gepubliseer. In die Latynse uitgawe van 1651 word verwys na die medisinale gebruike van 'n plant wat bo alle redelike twyfel *Lippia dulcis* Trev. is (Compadre, Robbins *et al*, 1986).

Bg. voorbeeld dien ter illustrasie van die intensiewe medisinale benutting van die plantgenus *Lippia* Hout. (familie *Verbenaceae* Juss.) deur die eeue oor die wêreld heen, bv. die Amerikas (Maisch, 1885) en Afrika (Kokwaro, sine anno; Ayensu, 1978).

Gedrag- en ekologiese studies wat vir meer as 22 jaar in Tanzanië se Mahale Nasionale Park uitgevoer is toon dat selfs diere hierdie plantgenus medisinaal benut. Gedurende hierdie tydperk is voldoende bewyse verkry dat die Mahale en Gombe sjimpansees van Westelike Tanzanië spesifieke plante as medisyne aanwend, waaronder *Lippia plicata* Baker (Takasaki & Hunt, 1987).

In Suider-Afrika word verskeie *Lippia* spesies medisinaal gebruik (Watt & Breyer-Brandwijk, 1962). Só word die na-endemiese *Lippia scaberrima* Sond. (Beukesbossie) reeds eeue lank deur verskeie bevolkingsgroepe in Suid-Afrika benut. Hierdie wydverspreide tradisionele aanwendings het gelei tot 'n ondersoek na die medisinale potensiaal van *L. scaberrima* met spesifieke verwysing na die essensiële olie-inhoud daarvan (Terblanché, 1995). Die studie het aangetoon dat die essensiële olie van *L. scaberrima* oor besliste antifungale aktiwiteit teen *Candida albicans* beskik, maar aktiewe komponent(e) is nie geïsoleer nie.

## **1.2.Probleemstelling**

### **1.2.1.Essensiële olie**

#### **1.2.1.1.Karakterisering van die essensiële olies**

Daar bestaan geen metode wat die absolute essensiële olie-inhoud van botaniese materiaal kan bepaal nie (Franklin & Keyzer, 1962; Whish, 1996). Ten einde die effektiwiteit van enige (nuwe) produksiemetode te bepaal moet die produk daarvan vergelyk word met dié verkry deur gebruikmaking van 'n bestaande produksiemetode soos waterdistillasie (Whish, 1996).

Essensiële olies wat verkry word vanuit voorheen onbekende biologiese bronne (soos in dié geval), moet fisies en chemies gekarakteriseer word ten einde standarde daar te stel waarvolgens olie vervaardig kan word. Fisiese en chemiese eienskappe van watergedistilleerde olie van *L. scaberrima* is vergelyk met olie verkry deur enkelladingsmikrogolfdistillasie ten einde te bepaal waar oliesamestellingsverskille gesetel is. Hier verteenwoordig waterdistillasie 'n algemeen toegepaste olie- ekstraksiemetode en mikrogolfdistillasie die gekose metode vir uiteindelijke produksie.

Vir bepaling van die eienskappe is die Internasionale Standaard Organisasie (ISO) se riglyne vir essensiële olies so noukeurig as moontlik gevolg. Deur die twee produksiemetodes só te vergelyk is 'n variasie op die klassieke essensiële olie vervaardigingsproses teenoor waarskynlik die mees moderne vervaardigingsmetode gestel. Insig aangaande die invloed van mikrogolfstraling op essensiële olies vloei voort vanuit vergelyking van die twee produksiemetodes se produkte.

Waardes vir die fisiese en chemiese eienskappe geld slegs vir dié bepaalde plantpopulasie waarvan monsters geneem is tydens die ondersoek. Geografiese verspreiding en klimatologiese wisselings het 'n besliste invloed op die samestellings van essensiële olies. Die eksperimentele waardes bied egter goeie aanduidings van ordegroottes wat die waardes van bepaalde eienskappe oor die verspreidingsgebied heen kan aanneem. Sodanige ondersoek is, sover bekend, nog nooit

op 'n Suid-Afrikaanse *Lippia* spesie uitgevoer nie.

Geen standaardspesifikasie(s) is daargestel nie, alhoewel die metodes wat gevolg is toegepas kan word oor 'n gekose verspreidingsgebied van die plant ten einde sodanige spesifikasie te skryf. Die doel met hierdie deel van die ondersoek was slegs om produkte verkry met twee essensiële olie produksiemetodes te vergelyk op grond van die volgende fisiese en chemiese eienskappe:

- Vriespunt
- Kookpuntgebied
- Soortlike gewig
- Refraksie-indeks
- Viskositeit
- Optiese rotasie
- pH
- Mengbaarheid met etanol
- Fenol-inhoud
- Karbonielgetal
- Suurgetal
- Estergetalle (voor en na asetilering)
- Inhoud van vry en totale alkohole
- Residu na verdamping

Gaschromatografiese en massaspektroskopiese (GC/MS) ondersoeke op water- sowel as mikrogolgedistilleerde essensiële olies van *L. scaberrima* is in die literatuur (Terblanché, 1995; Terblanché, Kornelius *et al*, 1998) beskikbaar.

#### **1.2.1.2. Enkelladingsmikrogolfdistillasie**

Die klassieke metode om essensiële olies te herwin vanuit biologiese materiaal is stoomdistillasie. 'n Variasie van stoomdistillasie, nl. waterdistillasie, is vergelyk met enkelladingsmikrogolfdistillasie t.o.v. olie obrengste verkry vanuit *L. scaberrima* (Terblanché,

1995).

Klassieke essensiële olie herwinningstegnieke se mees ernstige tekortkominge kan gevind word in die mate van tegnologiese ontwikkeling wat beskikbaar was toe sodanige prosesse as produksiemetodes aanvaar is. Met tegnologiese ontwikkeling het verskeie variasies van stoomdistillasie ontstaan. Voordele van essensiële olie herwinning m.b.v. mikrogolwe in vergelyking met ander produksiemetodes is in die literatuur beskryf (Terblanché, 1995:38–39). Bv., die ekstraksietyd benodig kan tot duisendvoudig verminder word in vergelyking met konvensionele ekstraksiemetodes (Terblanché, 1995:38).

Literatuur oor die herwinning van essensiële olies m.b.v. mikrogolwe is uiters beperk aangesien hierdie toepassing van mikrogolfstraling relatief nuut is. Die meeste artikels vergelyk mikrogolfekstraksie bloot met 'n ander ekstraksieproses (bv. Soxhlet ekstraksie) t.o.v. opbrengste verkry en/of tydsduur benodig (Terblanché, 1995:35–39; Chen & Spiro,1994). 'n Verdere rede is dat slegs 'n klein aantal wetenskaplikes mikrogolfekstraksietegnologie verbandhoudend met biologiese materiaal ondersoek.

Die doel van hierdie ondersoeksegment is identifisering en bestudering van veranderlikes wat 'n belangrike invloed uitoefen op die verkryging van maksimum olie-opbrengs tydens enkelladingsmikrogolfdistillasie. Die volgende veranderlikes is ondersoek:

- Irradiasietydsduur
- Verhouding water (oplosmiddel) tot plantmateriaal gebruik
- Voginhoud van plantmateriaal net voor distillasie
- Hersirkulering van afgedistilleerde water
- Fisiese grootte van die ekstraheerbare materiaal
- Byvoeging van 'n oppervlakspanningsmodifiseerder
- Voorafbehandeling van plantmateriaal nl. weking
- Ladingsgrootte
- Distillasiekinetika
- Alternatiewe oplosmiddel

Die volgende veranderlikes, wat wel as sodanig geïdentifiseer is, is om bepaalde redes nie ondersoek nie:

- 'n Huishoudelike tipe mikrogolfoond is gebruik a.g.v. verskeie redes, waaronder die kapitaaluitleg verbonde aan 'n industriële mikrogolfoond. Aangesien essensiële olies hoë waarde lae volume produkte is en relatief min produk benodig word vir enige gegewe toepassing, is 'n huishoudelike mikrogolfoond meer geskik as die industriële tipe vir kleinskaalvervaardiging.
- Die mikrogolffrekwensie ondersoek (2450 MHz) is deur die vervaardiger van die oond gespesifiseer.
- Die invloed van die verspreidingsgebied van die plant t.o.v. oliesamestelling en/of olie-opbrengs is nie ondersoek nie. Slegs plante verteenwoordigend van 'n klein gebied is gebruik om interpretasie van resultate te vereenvoudig.
- Klimatologiese en geografiese veranderlikes soos die seisoenale variasie wat met oestyd gepaard gaan is nie bestudeer nie aangesien die invloed van hierdie veranderlikes beperk is tot kommersiële belang en nie bydra tot die effektiwiteit van distillasietoerusting nie. Soortgelyk is geen bergingsveranderlikes ondersoek nie.
- Verskillende posisies van die distillasieapparaat binne die mikrogolfoond tydens enkelladingsbedryf sowel as die geometrie van die apparaat is nie bestudeer nie. Indien hierdie twee veranderlikes ondersoek wil word sal die elektromagnetiese eienskappe van mikrogolfstraling deeglik bestudeer moet word en aanbevelings dan vanuit 'n teoretiese benadering verskaf moet word, wat buite die bestek van die ondersoek val.
- Die aard van die oplosmiddelpolariteit is grootliks beperk tot dié van water omrede water gebruik is a.g.v. o.a. farmaseutiese vereistes en gesondheidsredes.
- Die bedryfsdruk was deurgaans die heersende atmosferiese druk in Pretoria.
- Lugdroë *L. scaberrima* plantmateriaal is in die ondersoek gebruik as gevallestudie en die interpretasie van resultate is ooreenkomstig die eienskappe van hierdie plantmateriaal uitgevoer. Die apparaat is met geen ander biologiese materiaal geëvalueer nie alhoewel dit tot 'n groot mate algemeen toepaslik is.



Om die veranderlikes wat 'n invloed het gedurende distillasie te ondersoek is die enkelladingseksperimente uitgevoer; die resultate verkry is gebruik om bedryfsveranderlikes vir kontinue mikrogolfdestillasieapparaat te kwantifiseer.

### **1.2.1.3.Kontinue mikrogolfdestillasie**

Tydens enkelladingsbedryf is verskillende veranderlikes afsonderlik ondersoek en optima vir elkeen só bepaal. Hierdie inligting is gebruik om aanbevelings te maak rondom kontinue mikrogolfdestillasie vir die herwinning van essensiële olies. Slaggate tydens die ontwerp en bou van 'n prototipe kontinue apparaat is geïdentifiseer en geanaliseer. Bv., om 'n prototipe vanaf 'n huishoudelike tipe mikrogolfoond te bou is nie haalbaar as van 'n hoogs polêre oplosmiddel soos water gebruik gemaak wil word nie a.g.v. die termiese effektiwiteit van sodanige oonde, afsnygolfgeleierdiameter, ens. Geen kontinue mikrogolfdestillasieapparaat is eksperimenteel geëvalueer nie.

Vir enige spesifieke biologiese materiaal kon die invloed van 'n aantal belangrike mikrogolfdestillasie veranderlikes, afsonderlik bestudeer en vergelyk met olie-opbrengs of -kwaliteit, nie in die literatuur gevind word nie. Inligting rakende moontlike teenstrydige effekte van verskillende veranderlikes in mikrogolfsisteme kon ook nie opgespoor word nie. Geen lys van die veranderlikes betrokke tydens essensiële olie herwinning vanuit plantmateriaal m.b.v. enige produksiemetode kon gevind word nie, alhoewel individuele veranderlikes wel deur sekere navorsers as sodanig geïdentifiseer is. Sodanige ontwikkelingswerk is noodsaaklik vir suksesvolle ontwerp en vervaardiging van kontinue mikrogolfdestillasieapparaat, en hierdie studie poog om daardie leemte te vul.

Mikrogolfdestillasie as produksiemetode van essensiële olies kan 'n waardevolle bydrae lewer tot die benutting van essensiële olies in medisynepreparate of as smaak- of geurmiddels.

#### 1.2.1.4. Benutting van die olie

Suid-Afrika beskik oor talryke plantspesies waarvan die essensiële olies moontlike kommersiële potensiaal besit (Van der Riet, 1933; Piprek, Graven *et al*, 1982; Terblanché, 1995). In 1932 is alreeds meer as 15 kg boegoe-olie uit die R.S.A. uitgevoer (Van der Riet, 1933).

Met die huidige oplewing in die verkope en aanwending van medisyne van botaniese oorsprong (Rawls, 1996) raak die benutting en ekstrahering van o.a. essensiële olies al hoe belangriker. In die essensiële olie van *Lippia multiflora* is bv. verbindings wat oor antimalaria-aktiwiteit beskik (Valentin, Pelissier *et al*, 1995). Al hoe meer gebruike vir essensiële olies word ook gevind bv. benutting van oliekomponente as natuurlike antioksidante is *in vitro* geëvalueer (Dorman, Deans *et al*, 1995). Bg. bevestig die steeds groeiende aanvraag na voorheen onbekende of onbenutte essensiële olies en die medisinale moontlikhede van *L. scaberrima* olie moet deeglik bepaal word.

Die essensiële olie afkomstig vanaf *L. scaberrima* staan sentraal tot verskeie potensiële gebruike van die plant, en dit mag derhalwe ekonomies belangrik wees in die toekoms a.g.v. benutting daarvan as samestellende komponent in die volgende:

- Lugverfrisserformulerings.
- Handreiniger- en algemene skoonmaakmiddelformulerings.
- Antiseptiese middels.
- Skoonheids- en velsorgprodukte vir die gesondheidsbewuste, t.w. room, salf, vogmiddels, sjampoe, tandepasta, ens.
- 'n Oplossing waarin hout- en keramiek eetgerei geweek word om 'n skoon, vars geur daaraan te verleen.
- Gedroogde blare en/of blomhofies of die olie kan toegevoeg word as smaak- of geurmiddel vir koffie, botter, roomkaas en vleisgerigte.
- 'n Mondspoelmiddel vir aanwending teen *Candida albicans* infeksies kan klinies geëvalueer en as farmakologiese geneesmiddel geregistreer word. 'n Room vir topikale vaginale aanwending kan ook vervaardig en bemark word.

- Dit kan dien as bron van 'n (gesuiwerde) oliekomponent wat daarin voorkom (Terblanché, 1995), bv. sineool, limoneen, endo-borneol, ens.
- Dit kan vermeng word saam met ander welriekende verbindings in die parfuumbedryf.
- As komponent van insekafweermiddels teen bv. muskiete.
- As preserveermiddel vir o.a. voedsel.

Al bg. toepassingsmoontlikhede van die olie is nie ondersoek nie ten einde te verhoed dat bemarking deel van die ondersoek word. Die ander Suid-Afrikaanse *Lippia* spesies kan verder bestudeer word om te bepaal of sodanige olies nie meer/ook geskik sal wees vir bg. toepassings nie.

### 1.2.2.Kruietee

Verskeie *Lippia* spesies word oor die wêreld heen as tee benut, bv. *L. scaberrima* in Suid-Afrika (Terblanché, 1995), *L. pseudo-thea* Schau. in Brasilië (Hedrick, 1972), *L. citriodora* Kunth. regdeur Afrika (Thonner, 1915; Van Wijk, 1986) en *L. javanica* (Burm. F.) Spreng. in Suid-Afrika (Van Wijk, 1986).

As verdere voorbeeld van die ekonomiese potensiaal van *L. scaberrima* is 'n geskikte vervaardigingsmetode vir die bereiding van tee ontwikkel. Tee berei van hierdie plant word tradisioneel veral deur Tswanas en Blankes geniet (Terblanché, 1995).

Omrede elke plant waarvan 'n tee gemaak wil word uniek is, moet die vervaardigingsproses vir 'n nuwe tee eksperimenteel bepaal word. Dit behels o.a. die bepaling van toepaslike waardes vir die veranderlikes wat betrokke is, bv. drogingstyd, fermentasietyd, ens. Die gewaarwording dat 'n tee aangenaam is, is 'n uiters subjektiewe bepaling, en soveel te meer vir 'n onbekende produk. Hier word gevolglik nie na 'n optimum vervaardigingsmetode verwys nie, aangesien sodanige optimum metode jare van intensiewe navorsing en voortdurende verbetering sal verg. Daar word slegs bedoel dat verskillende vervaardigingsmetodes ondersoek is en dat geskikte gebiede vir die betrokke veranderlikes geïdentifiseer is, sover moontlik.

Die vervaardiging van die tee was daarop gemik om 'n aanvaarbare produk te verkry. Die doel was nie om die mees bemerkbare tee te vervaardig nie, aangesien behoorlike marknavorsing en terugvoering oor bv. die organoleptiese kwaliteit nodig is vir sodanige studie. *L. scaberrima* tee word al eeue lank tradisioneel benut, en daar wou o.a. bepaal word of die tradisionele bereidingsmetode die enigste aanvaarbare produksiemetode is. Die tee vervaardiging vanaf *L. scaberrima* uitgevoer in hierdie studie word gesien as eerste iterasie vir die verkryging van 'n kommersieel haalbare tee.

Geen chemiese karakterisering van *L. scaberrima* tee het plaasgevind nie, en geen in diepte ondersoek rakende die chemiese samestelling daarvan is uitgevoer nie. Daar sal uiteraard eers op 'n geskikte vervaardigingsmetode besluit moet word, waarna die kafeïeninhoud, fluoriedinhoud, ens. van die resulterende tee bepaal kan word. Die takson se alkaloïed- en tannieninhoud is reeds bepaal (Power & Tutin, 1907).

Aangesien kliniese toetse om die medisinale moontlikhede van 'n tee te bevestig omvattend en duur is, is 'n ander roete gevolg om beperkte medisinale potensiaal van die tee te bewys. 'n Ekstrak is bv. ondersoek t.o.v. anti-fungale aktiwiteit sowel as sitotoksiteit. Sitotoksiteit is waarskynlik die belangrikste veranderlike wat die tee se kommersiële potensiaal en bemerkbaarheid bepaal; dus is bepaling daarvan vroeg uitgevoer.  $\beta$ -Karoteen byvoegings is gedoen ten einde kleurmanipulering van die tee's te ondersoek.

Sensoriese beoordeling van die tee met statistiese ontleding daarvan is in beperkte mate uitgevoer m.b.t. die eienskappe aroma, kleur en smaak van die verskillende bereide tee's.

### **1.2.3.Ander benuttingsmoontlikhede**

Bo en behalwe tradisionele medisinale aanwendings (Terblanché, 1995) en gebruike genoem in paragrawe 1.2.1.4. en 1.2.2., kan die takson as volg benut word:

- As sierlike tuinplant, in gebiede waar dit sal vestig. Die geurige aard van *L. scaberrima* en die feit dat dit 'n meerjarige kruid is maak dit uiters geskik hiervoor.

- In 'n kruietuin.
- Uitgedistilleerde plantmateriaal kan as kompos verwerk word, veral omrede die essensiële olie verwyder is en afbraak daarvan vinniger sal plaasvind.
- Blare en/of blomhofies as toevoegings gemaak tot potpourri. Dit kan dien as geurmiddel vir linne, en word reeds in beperkte mate op die platteland uitgevoer (Palmer, 1985:49). Hierby word mottesakkies, kruiekussings, ens. ingesluit.
- Die moontlikhede as geur- en/of smaakmiddel m.b.t. voedsel is bykans onbeperk, bv. kruiebrood, kruiejellie, kruie-olie, slaai-olie, kruie-asyne, kruieslaai, in kaas, souse, pasteideeg, sop, ens.
- Gedroogde plante kan benut word in blommeranskikkings.
- 'n Kruie-likeur kan daarvan berei word.

Al bg. benuttingsmoontlikhede kan vanselfsprekend nie bestudeer en behandel word nie, maar daar is gepoog om haalbare projekte en/of produkte te identifiseer waar slegs 'n mate van ontwikkelingswerk nodig geag is voordat bemarking in aanvang kan neem. Enkele van bogemelde gebruike kan geïdentifiseer en ekonomies gerealiseer word terwyl verdere moontlikhede voortdurend ondersoek word.

Die kommersiële benutting van *L. scaberrima* hang af van die inisiatief en motivering van die individu wat sodanige projek bestuur, omrede die moontlikhede bykans onbeperk is en die fondasie van wetenskaplike ondersoek reeds gelê is.

## **2.Literatuuroorsig**

### **2.1.Inleiding**

Botaniese aspekte van *Lippia scaberrima* Sond. vir die doel van kommersiële herwinning van produkte daaruit is beskryf in die literatuur (Terblanché, 1995:3–10). Die enigste bykomende plantkundige verwysings wat gevind kon word handel oor moontlike toksisiteit van Suid-Afrikaanse *Lippia*-spesies teenoor beeste (Fourie, 1984) sowel as 'n taksonomiese ondersoek na die genus *Lippia* L. in Suider-Afrika (Gildenhuys, 1995).

### **2.2.Essensiële olie**

Teorie rondom essensiële olies en die produksie daarvan, insluitende produksie m.b.v. mikrogolfstraling, is reeds in die literatuur opgesom (Terblanché, 1995:10–43) en slegs relevante bykomende inligting word hier verstrekk. Die klem in hierdie deel van die studie val op veranderlikes wat 'n invloed kan hê op essensiële olieproduksie deur gebruikmaking van mikrogolfdestillasieapparaat en die oorsig van relevante literatuur is dienooreenkomstig hanteer.

#### **2.2.1.Identifisering van veranderlikes betrokke by olieherwinning**

'n Aantal veranderlikes kan geïdentifiseer word wat die essensiële olie verkry vanuit biologiese materiaal behorende tot 'n enkele en unieke botaniese plantspesie beïnvloed. Die veranderlikes kan nie ten volle van mekaar geskei en onafhanklik van mekaar geplaas word nie aangesien 'n onderlinge wisselwerking tussen sommige van hulle bestaan en die een die ander noemenswaardig kan beïnvloed.

A.g.v. die ingewikkelde wisselwerking en invloed van geografiese-, botaniese-, produksie- en ander veranderlikes is samestellings van produkte wat essensiële olies bevat kompleks. Bv., t.o.v. dermatologiese toleransie van parfuurkomponente kan die oorsaak van ekseem nie eenduidig bepaal word nie a.g.v. produk kompleksiteit (Bouhlal & Meynadier, 1989), daaraan verleen deur o.a. die aantal essensiële olie veranderlikes betrokke.

Die invloed van elke veranderlike hieronder gespesifiseer moet vir elke individuele plantspesie afsonderlik ondersoek word omrede elke plantspesie se unieke genetiese, chemiese en fisiese samestelling dit sonderling laat optree. Bv. in sekere gevalle is dit beter om vars plantmateriaal te gebruik vir olieherwinning en in ander gevalle is 'n mate van droging wenslik (Van der Riet, 1933). Alhoewel sekere veralgemenings gemaak kan word as vertrekpunt moet die invloed van die veranderlikes genoem elkeen afsonderlik vasgestel word vir die spesifieke plantspesie wat ondersoek wil word, al is dit bloot ter bevestiging van 'n algemene neiging waargeneem vir ander plantspesies.

Die geïdentifiseerde veranderlikes het 'n invloed op beide die samestelling (kwaliteit) en opbrengs van die olie en word gerieflikheidshalwe verdeel in sewe groepe, nl.:

1. Geografiese veranderlike.
2. Klimatologiese veranderlikes.
3. Botaniese veranderlikes het betrekking op die plantmateriaal voordat dit in die produksieapparaat geplaas word, uitgesonderd veranderlikes gegroepeer onder 1.) en 2.) hierbo. Produksiefaktore soos fisiese grootte-reduksie en voorafbehandeling (bv. weking) word hier ingesluit, aangesien dit die samestelling van die biologiese materiaal verander vóórdat dit in die produksieapparaat geplaas word.
4. en 5. Produksieveranderlikes word onderverdeel in bedryfs- en toerustingveranderlikes. Bedryfsveranderlikes kan tydens produksie gewissel word ten einde die effek daarvan te bepaal terwyl toerustingveranderlikes met die toerustingontwerp in verband gebring word. Die gelyste veranderlikes is verkry deur slegs stoom- en waterdistillasie sowel as enkellading- en kontinue mikrogolfdistillasie as produksiemetodes te evalueer. Hierdie benadering is gevolg aangesien die heel belangrikste produksieveranderlike die herwinningsmetode wat gebruik word is, bv. mikrogolfekstraksie vs. hidrodifusie soos aangetoon vir 10 plantspesies behorende aan verskillende plantfamilies (Jean, Collin *et al*, 1992). Die samestellings sowel as opbrengste van olies verkry vanuit enkelspesie plantmateriaal met verskillende herwinningsmetodes verskil, soos aangetoon vir 'n aantal basiliekruid spesies (*Ocimum* sp.) (Charles & Simon, 1990). Verskillende

ekstraksietegnieke lewer verskillende produkte, bv. roos otto (stoomdistillasie) en roos absoluut (oplosmiddel ekstraksie) vanuit roos (*Rosa damascena*) (Moates & Reynolds, 1991).

6. Bergingsveranderlikes verteenwoordig dié groep veranderlikes wat na herwinning van die olie 'n rol kan speel.
7. Diverse veranderlikes sluit oorblywende veranderlikes in.

#### **2.2.1.1. Geografiese veranderlike**

Die geografiese verspreidingsgebied verteenwoordig daardie spesifieke lengte- en breedtegraadliggings waar plantmateriaal aangetref en ingesamel kan word. Dieselfde plantspesie wat in verskillende wêrelddele gekweek word neig om dieselfde oliekomponente in verskillende konsentrasies te bevat. Dié veranderlike speel in sommige gevalle die belangrikste rol t.o.v. oliekwaliteit. Voorbeelde van plante waarvoor die invloed van geografiese ligging al bepaal is sluit kakiebos (*Tagetes minuta*) (Chalchat, Garry *et al*, 1995) en suurlemoen (*Citrus limon*) (Staroscik & Wilson, 1982) in.

#### **2.2.1.2. Klimatologiese veranderlikes**

Die makro- sowel as mikroklimatestoestand van enige spesifieke habitat is van belang (soos aangetoon vir kakiebos (*Tagetes minuta*) (Zygadlo, Grosso *et al*, 1990)), aangesien selfs plante wat langs mekaar voorkom verskille t.o.v. genetiese, fisiese, chemiese en biochemiese samestellings kan openbaar. Slegs identifisering van veranderlikes vind hier plaas, alhoewel daar al 'n poging aangewend is om gewasse wat gebruik word vir essensiële olie produksie in hulle natuurlike omgewing, met 'n aantal veranderlikes in ag genome, wiskundig te modelleer ten einde suksesvolle benutting en bestuur van die gewasse te probeer bewerkstellig (Box, 1982).

Onderstaande veranderlikes het 'n invloed op die botaniese materiaal vanaf ontkieming tot by ten minste insameling daarvan, bv. die mate van wind wat aanwesig is tydens oestyd beïnvloed die aantal vlugtige molekules wat verlore gaan aan die atmosfeer. Die hoeveelheid sowel as kwaliteit van verskeie van hierdie veranderlikes, bv. grondwater, speel 'n belangrike rol t.o.v. die opbrengs



sowel as samestelling van die olie wat uiteindelik geproduseer sal kan word.

1. Besoedeling, bv. van swaarmetale soos kadmium en lood vir bv. Engelse laventel (*Lavandula angustifolia*) (Zheljazkov & Nielsen, 1996), ui (*Allium cepa*) (Arambasic, Bjelic *et al*, 1995; Dang, Chabra *et al*, 1990), fenugreek (*Trigonella foenum-graccum*) (Dang, Chabra *et al*, 1990) en verskeie ander plantspesies (Zheljazkov & Jekov, 1996).
2. Voedingstowwe bv. minerale bemestingstowwe soos stikstof, fosfor of kalium vir bv. salie (*Salvia officinalis*) (Piccaglia, Marotti *et al*, 1989), wildemalva (*Pelargonium graveolens*) (Prakasa Rao, Singh *et al*, 1985), Java sitroenella (*Cymbopogon winterianus*) (Prakasa Rao & Singh, 1991), soet basiliekruid (*Ocimum basilicum*) (Hornok, 1986; Adler, Simon *et al*, 1989), peperment (*Mentha piperita*) (Hornok, 1986), Japanese ment (*Mentha arvensis*) (Sharma & Singh, 1980), dille (*Anethum graveolens*) (Randhawa, Gill *et al*, 1996) en vinkel (*Foeniculum vulgare*) (Hornok, 1986). Kritiese mangaan- (Misra, 1995) en sink- (Misra & Sharma, 1991) konsentrasies t.o.v. 'n gewenste oliesamestelling is bepaal vir Japanese ment (*Mentha arvensis*).
3. Hoeveelheid en tydsduur van sonligbestraling (fotoperiode) vir bv. peperment (*Mentha piperita*) (Burbott & Loomis, 1957), Japanese ment (*Mentha arvensis*) (Duriyaprapan & Britten, 1986), koljander (*Coriandrum sativum*) (Hornok, 1986), salie (*Salvia officinalis*), tiemie (*Thymus vulgaris*) en 'n verskeidenheid ander plante (Li, Craker *et al*, 1996). Die invloed van lig op hernandulsien ('n kunsmatige versoeter) produksie in *Lippia dulcis* is ook ondersoek (Sauerwein & Shimomura, 1991). Die mate van wolkbedekking aanwesig kan hierby ingesluit word.
4. Wind.
5. Hoogte bo seevlak, vir bv. wildemalva (*Pelargonium graveolens*) (Rajeswara Rao, Sastry *et al*, 1990).
6. Humiditeit, vir bv. wildemalva (*Pelargonium graveolens*) (Rajeswara Rao, Sastry *et al*, 1990).
7. Beskikbaarheid, aanwendingsmetode en gehalte van water vir bv. peperment (*Mentha piperita*) (Nedkov & Georgiev, 1991), Franse dragon (*Artemisia dracuncululus*) (Hornok, 1986), Java sitroenella (*Cymbopogon winterianus*) (Singh, Chandrasekhara *et al*, 1996), soet basiliekruid (*Ocimum basilicum*) (Simon & Reiss-Bubenheim, 1992) en wildemalva

(*Pelargonium graveolens*) (Putievsky, Ravid *et al*, 1990). Reënval (vir bv. 'n aantal ment spesies (*Mentha* sp.) (Maffei, 1988)) sowel as grondwater (vir ui (*Allium cepa* L.) (Finch-Savage, 1986)) is van belang.

8. Omgewingstemperatuur, veral tydens insameling om verliese te beperk, vir bv. dille (*Anethum graveolens*) (Hornok, 1986), 'n aantal ment spesies (*Mentha* sp.) en kamille (*Chamomilla recutita*) (Fahlén, Welander *et al*, 1997).
9. Grondoppervlaktemperatuur, vir bv. ui (*Allium cepa* L.) (Finch-Savage & Phelps, 1993).
10. Grondtoestand, insluitend pH vir bv. wildemalva (*Pelargonium graveolens*) (Rajeswara Rao, Sastry *et al*, 1990).
11. Grondtipe, vir bv. kakiebos (*Tagetes minuta*) (Graven, Webber *et al*, 1991).
12. Saaityd, vir bv. kamille (*Chamomilla recutita*) (Gasic, Lukic *et al*, 1991).
13. Die tyd van die jaar wanneer geoes word (t.o.v. seisoenale wisseling) vir bv. *Eucalyptus* spesies (Doran, Caruhapattana *et al*, 1995; Zrira & Benjilali, 1996), peperment (*Mentha piperita*) (Clark & Menary, 1984), wildemarjolein (*Origanum vulgare*) (Putievsky & Ravid, 1981), lourier (*Laurus nobilis*) (Roque, 1989), hisop (*Hyssopus officinalis*) (Jean, Collin *et al*, 1992), wilde als (*Artemisia affra*) (Graven, Webber *et al*, 1990) en sitroengras spesies (*Cymbopogon* sp.) (Singh, Naqvi *et al*, 1994). Drastiese daaglikse wisselings is moontlik, soos aangetoon vir die teeboom (*Melaleuca alternifolia*) (Murtagh & Etherington, 1990). Netso kan oesfrekwensie 'n rol speel, vir bv. salie (*Salvia officinalis*) (Putievsky, Ravid *et al*, 1986).
14. Diverse klimatologiese omgewingspannings.

### 2.2.1.3. Botaniese veranderlikes

Sommige van die ondergenoemde veranderlikes is geassosieerd met bepaalde fisiologiese prosesse wat in die plant plaasvind. Die fisiologiese veranderings beïnvloed die samestelling van die plantmateriaal en gevolglik die samestelling en opbrengs van die olie wat geproduseer word.

1. Die spesifieke groei- oftewel ontogene stadium gedurende die groeisyklus van die plant ten tyde van insameling is waarskynlik die belangrikste veranderlike betrokke m.b.t. olieproduksie in die plant self. Die mate van olieproduksie in die oliekliere hang nou

saam met ingewikkelde fisiologiese prosesse wat voortdurend plaasvind. Fisiologiese ouderdom en groeitempo sowel as die voortplanting- en bestuivingsiklus kan ook hier genoem word. Fisiologiese prosesse kan nie in isolasie beskou word nie, aangesien bv. die groeistadium afhanklik is van o.a. minerale voedingstowwe en water wat tot die plant se beskikking was voor insameling. Selfs fisiologiese aspekte van biologiese (bv. metaboliese) prosesse soos fotosintese (vir bv. peperment (*Mentha piperita*) (Maffei & Codignola, 1990)) wat geen direkte rol in olieproduksie speel nie moet in aanmerking geneem word. Die invloed van fisiologiese prosesse op olieproduksie is al deels vir o.a. die volgende plantspesies ondersoek: kakiebos (*Tagetes minuta*) (Thappa, Agarwal *et al*, 1993), vinkel (*Foeniculum vulgare*) (Marotti, Piccaglia *et al*, 1994), ui (*Allium cepa*) (Gbolade & Lockwood, 1992), peperment (*Mentha piperita*) (Perrin & Colson, 1991; Watson & St. John, 1955), bergamotment (*Mentha citrata*) (Malizia, Molli *et al*, 1996), Franse dragon (*Artemisia dracunculus*) (Venskutonis, Gramshaw *et al*, 1996), pietersielie (*Petroselinum sativum*) (Karawya, El-Wakeil *et al*, 1980) en 'n sitroengras-spesie (*Cymbopogon flexuosus*) (Singh & Luthra, 1988).

2. Botaniese, chemiese en fisiese eienskappe van die plantspesie self bv. rangskikking van en hoeveelheid olieklere.
3. Genetiese variasie soos verskillende kultivars vir bv. karwei (*Carum carvi*) (Galambosi & Peura, 1996), *Eucalyptus citriodora* (Rajeswara Rao, Singh *et al*, 1984a) en suurlemoen (*Citrus limon*) (Usai, Picci *et al*, 1996).
4. Chemiese reaksies kan op die plantmateriaal inwerk en die samestelling en eienskappe daarvan wysig. Hier speel o.a. die oesmetode 'n rol sodat plantdele op 'n sekere manier van die plant moedermateriaal verwyder word om bv. oormatige blootstelling aan atmosferiese suurstof en gepaardgaande ongewenste oksidasie-reaksies te voorkom. Chemiese reaksies kan gewens (bv. hormonale byvoegings vir roos (*Rosa damascena*) (Abad Farooqi, Sharma *et al*, 1993)) of ongewens wees.
5. Ensiematiese- en/of mikroörganisme aktiwiteit kan in die biologiese materiaal plaasvind voor, tydens of na insameling en ongewens (bv. fermentasie) of gewens (bv. tydens uie-olie produksie) (Terblanché, 1995; Schwimmer & Weston, 1961; Hewitt, 1963) wees.
6. Aanvalle deur insekte, mikroörganismes en/of onkruiden noodsaak die gebruik van onkruidodders en is ondersoek vir o.a. peperment (*Mentha piperita*) en Japanese ment

- (*Mentha arvensis*) (Margina & Zheljzkov, 1994). Indien geen onkruidododer aangewend word nie of aanwending ondoeltreffend is, kan die plant tydens insameling 'n siekte onderlede hê waarvan herstel nog nie volkome plaasgevind het nie.
7. Algemene toestand van die plantmateriaal bv. die voginhoud daarvan, of dit verlep is al dan nie, saadkwaliteit (vir bv. ui (*Allium cepa* L.) (Wheeler & Ellis, 1992)) ens.
  8. Die spesifieke plantdeel of -dele wat benut gaan word t.o.v. plante waar olies geïsoleer kan word uit verskillende plantdele vir bv. soet basiliekruid (*Ocimum basilicum*) (Bonnardeaux, 1992), Japanese ment (*Mentha arvensis*) (Duriyaprapan & Britten, 1982) en 'n sitroengras-spesie (*Cymbopogon citratus*) (Ming, Figueiredo *et al*, 1996).
  9. Plantspasiëring oftewel plantdigtheid i.t.v. die aantal plante per vierkante meter area vir bv. peperment (*Mentha piperita*) (Clark & Menary, 1979), Japanese ment (*Mentha arvensis*) (Randhawa & Kaur, 1996), groenment (*Mentha gracilis*) (Kothari & Singh, 1995), bergamotment (*Mentha citrata*) (Rajeswara Rao, Singh *et al*, 1984b), kruisement (*Mentha spicata*) (Jha & Singh, 1979) en salie (*Salvia officinalis*) (Piccaglia, Marotti *et al*, 1997).
  10. Behandeling van die plantmateriaal bv. of dit gewas word, weking, sifting, ens. Hier moet gelet word op die hoeveelheid stof en hitte wat gegenereer word indien die fisiese grootte van die plantmateriaal verstel word. Indien plantmateriaal fisies verklein word is die metode van grootte-reduksie kritiek. 'n Maal-aksie kan genoeg energie verskaf sodat terpene verdamp terwyl 'n kerf-aksie verdampingsverliese teëwerk (Terblanché, 1995:14). Hoe fyner die plantmateriaal verdelingsgraad hoe groter is die blootstellingsarea waaruit olie geëkstraheer word en hoe hoër die olie-opbrengs, soos aangetoon vir vinkel (*Foeniculum vulgare*) (Marotti & Piccaglia, 1992). Voorafbehandeling uitgevoer op plantmateriaal voor insameling is hierby ingesluit, bv. die mate waartoe plante gesnoei word vir bv. roos (*Rosa damascena*) (Singh & Ram, 1987).
  11. Die manier hoe plantmateriaal gestoor en/of gedroog word na insameling voor produksie. Droging van plantmateriaal voor produksie kan ongewens wees (Van der Riet, 1933) vir bv. soet basiliekruid (*Ocimum basilicum*) (Nykänen & Nykänen, 1987; Baritoux, Richard *et al*, 1992) of gewens soos in die geval van die teeboom (*Melaleuca alternifolia*) (Murtagh & Curtis, 1991; Whish & Williams, 1996) en verskeie ment spesies (*Mentha*

sp.) (Singh, Singh *et al*, 1990; Hughes, 1952). Vars en gedroogde plantmateriaal se samestellings hoef nie weselik te verskil nie soos aangetoon vir marjoleinspesies (*Origanum* sp.) (Nykänen & Nykänen, 1987) en lourier (*Laurus nobilis*) (Skrubis, 1982). Die effek van droging deur gebruikmaking van warm lug teenoor mikrogolfstraling t.o.v. die resulterende essensiële oliekomponentprofiel is gedokumenteer vir 'n wye verskeidenheid kruie (Deans, Svoboda *et al*, 1991).

12. Diverse biologiese faktore soos allelopatie.

#### 2.2.1.4. Produksie bedryfsveranderlikes

1. Die bedryfsdruk beïnvloed die kookpunt van die oplosmiddel en dus die distillasietemperatuur. Die invloed van o.a. bedryfsdruk is ondersoek vir 'n sitroengrasspesie (*Cymbopogon* sp.) (Nair, Chinnamma *et al*, 1980).
2. 'n Te hoë bedryfstemperatuur (of lokale oorverhitting) kan lei tot ontbinding en/of degradering van termies sensitiewe oliekomponente.
3. Die totale produksietyd moet so kort as moontlik gehou word. Indien isolasie van oliekomponente oor 'n te lang periode geskied kan degradering van molekules a.g.v. oormatige blootstelling aan bv. hitte plaasvind (Zlotozynski, 1995). Vir dille (*Anethum graveolens*) is egter aangetoon (Koedam, 1982) dat, a.g.v. die polariteit van oliekomponente en die gevolglike deurlaatbaarheid deur plantselmembrane, 'n langer distillasietydperk gewens is. Hierdie feit wys weereens daarop dat die invloed van elke veranderlike geïdentifiseer vir elke individuele plantspesie afsonderlik ondersoek moet word, alhoewel sekere veralgemenings gemaak kan word as vertrekpunt.

Vir mikrogolfstraling is die tydsduur van irradiasie kritiek (Terblanché, 1995), soos aangetoon vir dille (*Anethum graveolens*), vinkel (*Foeniculum vulgare*) en salie (*Salvia officinalis*) (Jean, Collin *et al*, 1992). Een langer ononderbroke irradiasieperiode of meervoudige korter onderbroke periodes wat in totaal ekwivalent is aan die langer irradiasieperiode lewer nie identiese produkte nie.

4. Herwinning van olie in een enkele of meervoudige produksiestappe. Produksietyd word aansienlik verleng indien meer as een produksiestap gebruik word.
5. Die produksietempo van bv. vinkel (*Foeniculum vulgare*) (Katsiotis, 1988) olie word grootliks beheer deur die energietoevoeging gedurende produksie te reguleer.
6. Beheer van die produksieproses ten einde uniforme produkte te probeer verkry vanuit opeenvolgende ladings plantmateriaal.
7. Daar behoort eweredige verspreiding van die biologiese materiaal deur die distillasiefles te wees gedurende herwinning ten einde o.a. kanaalvorming te verhoed.
8. Aard van die oplosmiddelpolariteit, soos aangetoon vir roosmaryn (*Rosmarinus officinalis*) (Spiro & Chen, 1994). Die polariteit van essensiële oliekomponente wat

herwin word bepaal die oplosbaarheid van die oliekomponente in die oplosmiddel en oefen gevolglik 'n invloed uit op die oplosmiddelkeuse, vir bv. marjolein (*Origanum majorana*) en tiemie (*Thymus vulgaris*) (Jean, Collin *et al*, 1992).

9. Chemiese eienskappe van die oplosmiddel o.a. suiwerheidsgraad, termiese stabiliteit en pH (Koedam, 1982). Oplosmiddel selektiwiteit speel 'n rol deurdat ongewenste molekules soos pigmente saam met oliemolekules uit die moedermateriaal uitgelooë en verwyder kan word.
10. Hersirkulering (indien enige) van die oplosmiddel.
11. Verhouding van die oplosmiddel- tot plantmateriaal massa wat in die distillasiefles geplaas word, soos aangetoon vir roosmaryn (*Rosmarinus officinalis*) en peperment (*Mentha piperita*) (Chen & Spiro, 1994).
12. Onsuiwerhede wat die sisteem binnekom saam met die plantmateriaal of oplosmiddel.
13. Vloeitempo's van alle inlaat- en uitlaatstrome vir kontinue sisteme.
14. Effektiwiteit van dampkondensasie. Die verkoelingswater vloeitempo deur die eenheid waar dampkondensasie geskied moet genoegsaam wees sodat volledige kondensasie plaasvind.

#### **2.2.1.5. Produksie toerustingveranderlikes**

1. Verdampingsverliese vanuit die toerusting o.a. lekkasies a.g.v. swak seëls, ens.
2. By konvensionele distillasie is die grootte en geometrie van die distillasiefles kritiek ten einde behoorlike vloeipatrone en effektiewe stoomverspreiding te verseker. Die invloed by mikrogolfsisteme is minder a.g.v. die unieke verhittingsmetode van mikrogolfstraling.
3. Tydens ontwerp van die toerusting moet voorsiening vir effektiewe hitte- en massa-oordrag verseker word.
4. Materiaalkundige keuses t.o.v. die toerusting word tydens ontwerp gefinaliseer. Die distillasiefles moet inert en korrosiebestand wees. Vir water- en stoomdistillasie moet die distillasiefles oor die gevraagde termiese geleidingsvermoë beskik sodat effektiewe hitte-oordrag vanaf die verhittingsmantel na die oplossing aan die binnekant van die fles bewerkstellig word.
5. Metode van skeiding wat gevolg word vir die water en olie mengsel na kondensasie bv.

fisies m.b.v. 'n skeitregter of deur gebruikmaking van 'n inerte anhidriese sout.

6. Die posisie van die apparaat binne die mikrogolfoond aangesien interferensiepatrone van mikrogolfstraling binne 'n oond dui op wisseling in stralingsintensiteit deur die oond. Hierdie wisseling in elektromagnetiese stralingsintensiteit is 'n funksie van o.a. die fisiese vorm van die stralingskamer.
7. Mikrogolffrekwensie indien mikrogolfstraling gebruik word.

#### **2.2.1.6. Bergingsveranderlikes**

Sekere van die onderstaande veranderlikes bv. chemiese reaksies soos oksidasie kan voor, tydens en/of na olieherwinning 'n rol speel.

1. Hidrolise van oliekomponente a.g.v. blootstelling aan vog, aangetoon vir o.a. malva spesies (*Pelargonium* sp.) (Kaul, Rajeswara Rao *et al*, 1997).
2. Ontbinding van molekules a.g.v. blootstelling aan hitte of direkte sonlig.
3. Oksidasie a.g.v. blootstelling aan atmosferiese suurstof in lug.
4. Ongewenste chemiese reaksies (Koedam, 1982) soos siklisering, herrangskikking of polimerisasie.
5. Ongewenste biochemiese reaksies a.g.v. kontaminering met sekere mikroorganismes.
6. Bergingshouermateriaal bv. glas is inert terwyl sekere metale stelselmatig deur sekere oliekomponente geïoniseer word en dan daarin oplos. Die olie kan 'n rooi kleur aanneem as spore van ysterione daarin voorkom (Van der Riet, 1933).

Vlugtige swaelverbindinge produseer kopersulfied wat oplos in die olie om 'n swart kleur daaraan te verleen indien koper in die distillasieapparaat of bergingshouer gebruik word. Die swart kleur kan verwyder word deur die resulterende olie met inerte  $\text{CaSO}_4$  te behandel (Van der Riet, 1933).

7. Spesifieke hanteringsprosesse uitgevoer na olieherwinning soos chemiese suiwing, filtering, verpakking, ens. Verpakkingsmateriale kan molekules tot die olie toevoeg, daaruit verwyder of chemies daarmee reageer. Materiale soos poliëteleen, PVC en gelatien kan 'n invloed uitoefen op die samestelling van vlugtige molekules wat in die



omgeving daarvan aangetref word (Kim & Gilbert, 1989).

### 2.2.1.7. Diverse veranderlikes

Landboukundige probleme t.o.v. o.a. bepaalde kundigheid wat nodig is om gewasse te verbou vir olieproduksie kan voorkom. Netso kan verskeie sosio-ekonomiese veranderlikes 'n invloed hê op olieproduksie bv. die beskikbaarheid van arbeid, finansiële posisie van die onderneming wat olies vervaardig, ens. Die kommersiële sukses van sodanige onderneming is afhanklik van verskeie faktore (Laplinskas, 1993).

### 2.2.2. Karakterisering van die essensiële olies

Essensiële olie verkry vanuit botaniese materiaal, ongeag die produksiemetode, besit nie noodwendig dieselfde samestelling as die olie teenwoordig in die plant nie, a.g.v. die feit dat gebruik gemaak is van 'n metode wat fisiese en/of chemiese eienskappe van die olie kon verstel het. Veranderings kan intree a.g.v. interaksies tussen die oliemolekules en die oplosmiddel, atmosferiese suurstof, ens. Netso kan temperatuurdegradering 'n verdere komponent-veranderende rol speel.

Daar bestaan geen metode wat die absolute essensiële olie-inhoud van botaniese materiaal kan bepaal nie (Whish, 1996; Franklin & Keyzer, 1962). Ten einde die effektiwiteit van enige (nuwe) produksiemetode te bepaal moet die produk daarvan vergelyk word met dié verkry deur gebruikmaking van 'n bestaande produksiemetode soos waterdistillasie (Whish, 1996).

Samestellende komponente van *L. scaberrima* olie bepaal d.m.v. GC/MS is in die literatuur beskikbaar (Terblanché, 1995; Terblanché, Kornelius *et al*, 1998) sowel as vir ander *Lippia* spesies (Terblanché & Kornelius, 1996).

Essensiële olies wat verkry word vanuit voorheen onbekende biologiese bronne (soos in dié geval) moet fisies en chemies gekarakteriseer word ten einde standaarde daar te stel waarvolgens olie vervaardig kan word. Fisiese en chemiese eienskappe van watergedistilleerde olie van *L. scaberrima* is vergelyk met olie herwin met mikrogolfdistillasie ten einde te bepaal waar oliesamestellingsverskille gesetel is. Hier verteenwoordig waterdistillasie 'n algemeen toegepaste

olie ekstraksiem metode en kontinue mikrogolf distillasie die gekose metode vir uiteindelijke kommersiële produksie.

Vir bepaling van die eienskappe is die Internasionale Standaard Organisasie (ISO) se riglyne vir essensiële olies so noukeurig as moontlik gevolg. Deur die twee produksiemetodes só te vergelyk is 'n variasie op die klassieke essensiële olie vervaardigingsproses teenoor waarskynlik die mees moderne vervaardigingsmetode gestel. Insig rakende die invloed van mikrogolfstraling op essensiële olies behoort voort te vloei vanuit vergelyking van die twee produksiemetodes se produkte.

Waardes vir die fisiese en chemiese eienskappe geld slegs vir dié bepaalde plantpopulasie waarvan monsters geneem is tydens die ondersoek. Geografiese verspreiding en klimatologiese variasies het 'n besliste invloed op die samestelling van essensiële olies. Die eksperimentele waardes gee egter 'n goeie aanduiding van ordegroottes van die waardes wat bepaalde eienskappe oor die verspreidingsgebied heen kan aanneem. Sodanige ondersoek is, sover bekend, nog nooit op 'n Suid-Afrikaanse *Lippia* spesie uitgevoer nie.

Geen standaardspesifikasie(s) is daargestel nie alhoewel die metodes wat gevolg is toegepas kan word oor 'n gekose verspreidingsgebied van die plant ten einde sodanige spesifikasie te skryf. Die doel met hierdie deel van die ondersoek is slegs om produkte verkry met twee essensiële olie produksiemetodes te vergelyk op grond van bepaalde fisiese en chemiese eienskappe. Ten einde die essensiële olies te karakteriseer is die fisiese en chemiese eienskappe genoem in Tabel 2.2.2.1. bepaal.

Die enigste literatuurwaardes wat gevind is vir *L. scaberrima* olie is  $SG = 0.9500$  by  $288.15\text{ K}$  ( $15^{\circ}\text{C}$ ) en optiese rotasie ( $\alpha_D$ ) =  $+ 7^{\circ} 36'$  met geen temperatuur vermeld nie (Power & Tutin, 1907). Fisiese en chemiese eienskappe vir essensiële olies verkry vanuit ander *Lippia* spesies by  $293\text{ K}$  (tensy anders vermeld) word getoon in Tabel 2.2.2.2.

Tabel 2.2.2.1. : Geselekteerde fisiese en chemiese eienskappe

Fisiese eienskap	Chemiese eienskap
Vriespunt	PH
Kookpuntgebied	Mengbaarheid met etanol
Soortlike gewig	Residu na verdamping
Refraksie-indeks	Suurgetal
Viskositeit	Estergetalle (voor en na asetilering)
Optiese rotasie	Inhoud van vry en totale alkohole
-----	Karbonielgetal
-----	Fenol-inhoud

Refraksie-indeks waardes vir *Lippia multiflora* essensiële olie wissel tussen 1.4660 en 1.4890 (Koumaglo, Akpagana *et al*, 1996). Hierdie waardes is nie in Tabel 2.2.2.2. opgeneem nie omrede *Lippia multiflora* polimorfismes toon (Menut, Lamaty *et al*, 1995).

Getabuleerde digthede vir meer as 10 essensiële olies verkry vanuit bekende kruie (Porter & Lamerink, 1994) lewer 'n digtheidsgebied van 0.8737–0.9801 g/cm<sup>3</sup> by 293 K as die olie van pietersielie (*Petroselinum sativum*) weggelaat word. Pietersielie-olie beskik oor 'n hoër digtheid (1.0660 g/cm<sup>3</sup>) as dié van water (0.9981 g/cm<sup>3</sup>) onder soortgelyke toestande. Hierdie voorbeeld illustreer die individualiteit van elke plantspesie se essensiële olie.

Getabuleerde waardes vir die soortlike gewig, refraksie-indeks, suurgetal, estergetal, ens. van essensiële olie van Japanese ment (*Mentha arvensis*) variëteite toon dat bv. die estergetal tussen 10.10 (1991) en 5.11 (1992) kan wissel (Randhawa & Kaur, 1996). Hierdie voorbeeld dien ter illustrasie van die wisseling wat kan bestaan tussen essensiële olies geproduseer in twee opeenvolgende (of verskillende) jare. Soortgelyk vertoon olie geproduseer vanuit plantmateriaal

ingesamel op verskillende fisiologiese groeistadiums (Januarie, Februarie, ens.) 'n wye reeks waardes vir dieselfde eienskap, soos aangetoon vir verskeie eienskappe van *Eucalyptus camaldulensis* olie (Nour El-Din & Abou Dahab, 1976).

**Tabel 2.2.2.2. : Fisiese en chemiese eienskappe van *Lippia* essensiële olies**

Eienskap	Takson <sup>1</sup>	Takson <sup>2</sup>	Takson <sup>3</sup>	Takson <sup>4</sup>	Takson <sup>5</sup>
<b>Soortlike gewig</b>	0.883– 0.900 <sup>1</sup> 0.897 <sup>6,7</sup>	0.8827– 0.9221	0.9211– 0.9303 <sup>8</sup>	0.9339	0.9523
<b>Refraksie-indeks</b>	1.4800– 1.4900 <sup>1</sup>	1.4790– 1.5025	1.4890– 1.4909	1.4958	1.4914
<b>Optiese rotasie</b>	-9° tot -20° <sup>1</sup>	-1.4° tot +7.8°	+66° tot +73°	+55.3°	+1.10°
<b>Aldehyd inhoud<sup>9</sup> (%)</b>	20–40 <sup>1</sup>		57.3–64.0	72	
<b>Suurwaarde (mg KOH/g olie)</b>			0.7–0.93	0.81	
<b>Oplosbaarheid in (%) etanol</b>			70% <sup>8,10</sup> 80% <sup>8,11</sup>	75% <sup>12</sup>	
<b>Ketone<sup>13</sup> (%)</b>			60.2–67.9		
<b>Vrye alkohole (Massa %)</b>			2.4–3.5	1.02	
<b>Esters<sup>14</sup> (Massa %)</b>			1.3–4.1	1.96	

Notas: (1) *Lippia citriodora* (ook genoem *Aloysia triphylla* en sitroenverbena)

olie, volgens Furia & Bellanca (1975).

(2) Twaalf verskillende waardes vir *Lippia graveolens* olie (op grond van verskillende geografiese liggings), volgens Uribe-Hernández, Hurtado-Ramos *et al* (1992).

(3) Twee waardes vir *Lippia carviadora* olie, volgens Cosgrove, Islip *et al* (1950). Die massapersentasie terpene is bepaal as 28.3 tot 32.1 %.

(4) *Lippia adoënsis* olie, volgens Cosgrove, Islip *et al* (1950).

(5) *Lippia integrifolia* olie, volgens Retamar, Delfini *et al* (1981).

(6) *Lippia citriadora* olie, volgens De Assis Brasil e Silva, Bauer *et al* (1979).

(7) Bepaal by 288.15 K (15°C).

(8) Bepaal by 288.65 K (15.5°C).

(9) Bepaal volgens 'n sulfietmetode, en uitgedruk as 'n volumepersentasie.

(10) Onoplosbaar in 10 volumes 70% etanol.

(11) Oplosbaar in 1–2 volumes (en meer) 80% etanol.

(12) Oplosbaar in 2–6 volumes (en meer) 75% etanol.

(13) Bepaal volgens 'n hidroksielamienmetode, en uitgedruk as 'n massapersentasie.

(14) Slegs dié wat asetate kon vorm.

Bg. beklemtoon die diversiteit van essensiële olies (Bauer, Garbe *et al*, 1988) en dat waardes vir eienskappe daarvan met versigtigheid hanteer moet word.

### **2.2.3. Mikrogolfproduksie van essensiële olies**

Slegs mikrogolfdestillasie as produksiemetode vir die essensiële olies van *L. scaberrima* word hier bespreek, omrede Terblanché (1995) reeds aangetoon het dat dit die huidige gekose metode vir kommersiële doeleindes sal wees.

Toepaslike mikrogolfstralingsteorie m.b.t. olieproduksie verskaf 'n agtergrond waarteen enkelladingsmikrogolfdestillasie eksperimente geïnterpreteer en beoordeel kan word. Sodanige

resultate kan daarna aangewend word om riglyne te verskaf wat behulpsaam kan wees gedurende kontinue mikrogolfdestillasiemateriaal ontwerp.

As die probleemstelling geneem word as die ontwerp en ondersoek van mikrogolfsisteme vir produksie van essensiële olies, dien ondergenoemde paragrawe as agtergrond en motivering vir bv. die feit dat sodanige ontwerp deels empiries moet wees. (Sien bv. paragrawe 2.2.3.2. en 2.2.3.3.) Die belangrikheid van besprekings oor bv. diëlektriese eienskappe illustreer die kompleksiteit van die probleemstelling. Deur beginsels rondom bv. elektromagnetiese velde te bestudeer, kan meer ingeligte keuses ook gemaak word oor die belang van veranderlikes (soos plasing van die destillasiemateriaal in die oond) wat 'n rol speel tydens produksie van essensiële olies deur gebruikmaking van mikrogolfstraling. Gedurende eksperimentele ontwerp kan bv. indringingsdiepte van belang wees (vir bv. bepaling van die deursnit van 'n destillasiemateriaal).

### **2.2.3.1. Inleiding**

Die mikrogolfoond is in 1945 uitgevind deur Percy Spencer van die Raytheon Maatskappy (Schiffmann, 1994). Mikrogolfstraling word in huishoudelike oonde gegenereer deur 'n magnetron (Datta, 1990; Stöllman, 1990) en besit 'n frekwensie van 2.45 GHz met 'n ooreenstemmende golflengte van ca. 12.2 cm (Schwarzenbach, 1990; Kingston & Jassie, 1988). Kommersiële magnetrons is ontwikkel gedurende die Tweede Wêreldoorlog en is vakuümtoestelle wat gelykstroom elektriese energie omskakel in mikrogolwe teen 'n effektiwiteit van ca. 60–65% (Zlotzynski, 1995).

Gegenereerde mikrogolwe word tot 'n oondruimte toegevoer en bykans volledig weerkaats deur metaalwande wat die oondruimte aan die binnekant omring. Gereflekteerde golwe sluit aan by dié afkomstig vanaf die magnetron en vorm staandegolffpatrone in die oondruimte (Datta, 1990; Zlotzynski, 1995).

Met aanvang van irradiasie is die magnetrontemperatuur laag en die omsettingseffektiwiteit daarvan hoër (d.w.s. meer effektiewe drywingsuitset vanaf die magnetron). Die temperatuur van die magnetron styg met toename in tyd en die drywingsuitset daarvan verminder totdat dit

stabiliseer by 'n gestadigde magnetrontemperatuur. Die stabiliseringstyd benodig is ca. 30 s (Datta, Prosetya *et al*, 1992).

Die energie van elektromagnetiese straling is in die vorm van hoë-energie deeltjies, wat kwanta genoem word. Kwantumenergie is in staat om chemiese bindings te breek. X-strale en UV-strale se karsinogeniese effekte kan toegeskryf word aan die invloed wat dit op die menslike liggaam het deurdat dit chemiese bindings breek. In teenstelling met bv. X-strale of UV-strale besit elektromagnetiese straling in die mikrogolfgebied nie oor voldoende energie om enige chemiese bindings te breek nie (Schwarzenbach, 1990). Die kwantumenergie van mikrogolfstraling is  $10^3$  tot  $10^5$  keer te klein om molekulêre afbraak teweeg te bring (Van Eijk, 1994). Die energievlakke van mikrogolwe is selfs te laag om elektrone vanuit 'n atoom te verwyder. Getoon in Tabel 2.2.3.1.1. is ekwivalente kwantum-energievlakke van verskillende golflengtes elektromagnetiese straling, tesame met energiewaardes wat nodig is om die genoemde chemiese bindings te verbreek.

**Tabel 2.2.3.1.1. : Energiewaardes van geselekteerde chemiese bindings en elektromagnetiese straling**

<b>Tipe binding/elektromagnetiese frekwensie</b>	<b>Energiewaarde (kJ/mol)</b>
Kovalente binding, nl. O—H	460 <sup>1</sup>
Kovalente binding, nl. C—H	365 <sup>1</sup>
Ionisasie-energie van waterstof	1312 <sup>2</sup>
Eerste ionisasie-energie van koolstof	1086 <sup>2</sup>
Ekwivalente kwantumenergie van mikrogolfstraling by 2.45 GHz	0.001 <sup>1</sup>
Ekwivalente kwantumenergie van UV-strale by 3 PHz (1 PHz = $1 \times 10^{15}$ Hz)	1200 <sup>2,3</sup>
Ekwivalente kwantumenergie van X-strale by 3 EHz (1 EHz = $1 \times 10^{18}$ Hz)	1200000 <sup>2,3</sup>



- Notas:
- (1) Volgens Van Eijk (1994).
  - (2) Volgens Atkins (1990).
  - (3) Die waardes is bereken soos getoon in Bylaag A.

Kwantumenergie in die mikrogolfgebied manifesteer in 'n materiaal as hitte (Schwarzenbach, 1990). Alhoewel aansprake bestaan wat bv. isomerisasie van vetsure of ontbinding van sitraal beweer (Van Eijk, 1994), is hierdie waarnemings die gevolg van lokale oorverhitting en te hoë temperature wat bereik is. Degradering van komponente is die gevolg van termiese sensitiwiteit en nie van mikrogolfstraling as sulks nie (Schwarzenbach, 1990).

### **2.2.3.2. Wiskundige aspekte van mikrogolfsisteme**

Die ontwerp van mikrogolfverhittingstelsels, -produkte en -prosesse is grotendeels empiries en lei gereeld tot teleurstellende resultate (Datta, 1990; Adu, Otten *et al*, 1995). Daar bestaan geen klinkklare oplossing vir die ontwikkeling van enige produk wat verkry gaan word deur mikrogolfstraling daarop toe te pas nie. Geen unieke oplossing vir verskillende toepassings bestaan nie. Sisteme word ontwikkel en getoets onder bedryfstoeestand waaraan dit onderwerp gaan word (Schwarzenbach, 1990). Redes hiervoor sluit die volgende in:

- Om 'n diëlektrikum wiskundig akkuraat te beskryf is moeilik (Tinga & Nelson, 1973).
- Die mate van veld-uniformiteit verkry m.b.v. 'n golfweerkatser was tot op hede te ingewikkeld om wiskundig te modelleer (Datta, 1990).
- Die presiese veldpatrone van die elektriese veld kan slegs verkry word deur die volledige stel Maxwell-vergelykings vir elektromagnetiese golfvoortplanting binne-in 'n mikrogolfoond in die teenwoordigheid van al die diëlektriese verbindings betrokke op te los. Hierdie berekeninge is numeries intensief en nog slegs uitgevoer vir eenvoudige sisteme (Datta, 1990; Datta, Prosetya *et al*, 1992).
- Tydens mikrogolfverhitting verander 'n materiaal se samestelling, struktuur en temperatuur. Sodanige veranderinge kan diëlektriese- en ander materiaalkundige

eienskappe verander (Datta, 1990) sodat wiskundige modellering uiters ingewikkeld is.

- Indien poreuse vastestowwe bv. biologiese materiaal soos sade in 'n mikrogolfoond geplaas en verhit word is drie fases van materie teenwoordig nl. gas, vloeistof en vastestof. Elke fase kan verskeie komponente bevat (Adu, Otten *et al*, 1995). Die wiskundige modellering van só 'n sisteem is geweldig ingewikkeld.
- Interaksies tussen veranderlikes betrokke is nog nie opgeklaar nie en die enigste ontwikkeling wat tot dusver plaasgevind het is dat enkele veranderlikes in isolasie uitgesonder is en 'n teorie daaromheen ontwikkel is. Bv. die delta-T teorie, wat nie nutteloos is nie, het ernstige beperkings. Dit kan nie gebruik word om die gedrag van bv. smaakkomponente in 'n mengsel of matriks te bereken nie (Schwarzenbach, 1990).
- Daar bestaan nog geen gesaghebbende artikel of boek oor die termodinamika betrokke by mikrogolfverhitting nie (Schwarzenbach, 1990).

### **2.2.3.3. Termodinamiese aspekte van mikrogolfsisteme**

Die termodinamiese eienskappe en -gedrag van 'n gepolariseerde sisteem is fundamenteel verskillend van dieselfde sisteem indien polarisasie nie aanwesig is nie. Daar bestaan geen sistematiese mikrogolf hitte- of massa-oordragsteorie nie en ook geen onafhanklike mikrogolf hitte- of massa-oordragskonsepte of vergelykings buite dié vasgestel vir konvensionele verhitting nie (Zlotozynski, 1995; Adu, Otten *et al*, 1995). Gebrek aan sodanige teorie(ë) het gelei tot die onvermoë om heelwat waarnemings wat uniek tot mikrogolfoepassings is te verklaar. Polarisasie van diëlektriese materiale deur mikrogolwe staan sentraal tot die unieke mikrogolf hitte- en massa-oordragsisteem (Adu, Otten *et al*, 1995), en die volgende kan kortliks genoem word:

- Mikrogolfverhitting verskil so radikaal van konvensionele verhitting dat dit beskou word as die eerste nuwe verhittingstegniek sedert die ontdekking van vuur (Zlotozynski, 1995).
- 'n Aantal navorsers het waargeneem dat materiaalkundige eienskappe 'n afhanklikheid t.o.v. 'n materiaal se oriëntasie in 'n mikrogolfveld openbaar. Materiaalkundige eienskappe word derhalwe beïnvloed deur o.a. 'n materiaal se elektriese toestand (Adu, Otten *et al*, 1995).

- Vanaf die Eerste Wet van Termodinamika, toegepas op mikrogolfsisteme, is afgelei dat die grootste verskil tussen gepolariseerde en ongepolariseerde sisteme die voorkoms van elektriese energie (a.g.v. toepassing van 'n elektriese veld) in die gepolariseerde sisteem is (Adu, Otten *et al*, 1995).
- Toepassing van die Gibbs vrye energie vergelyking op mikrogolfsisteme dui daarop dat die vrye energie inhoud van 'n gepolariseerde sisteem hoër is as dié van 'n ongepolariseerde sisteem by dieselfde temperatuur, druk en met dieselfde komponensamestelling. Indien vloeiermolekules nie ingeperk word nie, bv. in 'n oop sisteem, kan die gepolariseerde sisteem sy vrye energie verminder en na 'n ewewilbriumtoestand beweeg deur die hoeveelheid vlugtige molekules daarin te verminder. Daar is eksperimenteel bevestig dat die ewewigsvoginhoud laer is in 'n gepolariseerde sisteem as in 'n ongepolariseerde sisteem indien alle ander faktore konstant gehou word (Adu, Otten *et al*, 1995).
- Die aktiveringenergie benodig vir enige spesifieke reaksie kan laer wees in 'n gepolariseerde sisteem as in 'n ongepolariseerde sisteem. Dit is eksperimenteel bevestig waar 'n vermindering van ca. 50% in aktiveringsenergie vir 'n bepaalde reaksie waargeneem is (Adu, Otten *et al*, 1995).
- Vloeistowwe vertoon hoër kookpunte onder gepolariseerde toestande as onder ongepolariseerde toestande (Zlotozynski, 1995).
- Die spesifieke warmtekapasiteit van 'n materiaal onderwerp aan 'n elektriese veld is nie noodwendig dieselfde as dié van die materiaal indien dit nie blootgestel is aan 'n elektriese veld nie. Die warmtekapasiteit van 'n gepolariseerde materiaal sluit o.a. die energie wat nodig is vir polarisering om plaas te vind en die polariseringsintensiteit per eenheidsverandering in temperatuur in (Adu, Otten *et al*, 1995).
- Onder toestande van identiese temperatuur-, druk- en konsentrasiegradiënte kan elektrokinetiese gedrag wat die resultaat is van polariserende elektriese velde lei tot hoër of laer massa-oordragstempo's as in konvensionele sisteme (Adu, Otten *et al*, 1995).
- Daar is aangetoon dat verskeie termodinamiese veranderlikes soortgelyk verskillende gedrag openbaar in gepolariseerde en ongepolariseerde sisteme (Adu, Otten *et al*, 1995).

Tydens mikrogolfverhitting kan m.a.w. nie aanvaar word dat materiaaleienskappe wat met

konvensionele verhitingsmetodes bepaal is, daardie waardes sal aanneem in gepolariseerde sisteme nie. Verder kan nie aanvaar word dat die bepaalde waardes konstantes sal wees nie, veral indien die diëlektriese konstantes of -verliesfaktore temperatuurafhanklik is of deur termodinamiese veranderlikes beïnvloed word. Die modellering van mikrogolfverhitingsgedrag moet met uiterste versigtigheid hanteer word (Adu, Otten *et al*, 1995).

#### 2.2.3.4. Diëlektriese eienskappe van materiale

Om die wisselwerking tussen mikrogolwe en materiale te verstaan moet diëlektriese gedrag bestudeer word (Tinga & Nelson, 1973). Materiaal diëlektriese eienskappe word beskryf deur 'n ingewikkelde diëlektriese konstante  $\epsilon = \epsilon' - j\epsilon''$ . Die reële deel,  $\epsilon'$ , bepaal die hoeveelheid energie wat in 'n elektriese veld in 'n materiaal gestoor kan word (Tinga & Nelson, 1973; Zlotzynski, 1995). Wanneer 'n diëlektriese materiaal in 'n elektriese veld geplaas word, word die materiaal gepolariseer en stoor dit elektriese energie d.m.v. polarisasie (Adu, Otten *et al*, 1995). Hoe groter die polarisering van die materiaal hoe groter is die diëlektriese konstante ( $\epsilon'$ ) en die hoeveelheid gestoorde energie. Met 'n toename in frekwensie neem totale polarisering af, grootliks a.g.v. molekulêre traagheid. Dus neem  $\epsilon'$  af met toenemende frekwensie en as  $\epsilon'$  verminder sal  $\epsilon''$  verhoog (Tinga & Nelson, 1973; Zlotzynski, 1995). Die gevolg is dat energie wat aan die materiaal besorg is deur die elektriese veld nie ten volle benut word om dipole te rig nie (hulle kan letterlik nie die pas volhou nie a.g.v. traagheid). 'n Deel van die energie gaan verlore in die materiaal deur die willekeurige termiese beweging daarvan te verhoog.

Die imaginêre deel,  $\epsilon''$ , word die verliesfaktor genoem en is 'n direkte maatstaf van die hoeveelheid elektromagnetiese energie wat in die materiaal omgeskakel kan word na hitte (Tinga & Nelson, 1973; Zlotzynski, 1995). Hoe hoër die diëlektriese verliesfaktor hoe meer energie word omgeskakel na hitte en hoe hoër is die materiaaltemperatuur na blootstelling aan mikrogolfstraling. Diëlektriese eienskappe bepaal hoe effektief 'n materiaal mikrogolfstraling absorbeer (Stöllman, 1990; Schiffmann, 1994).

Die verhouding  $\epsilon''/\epsilon'$  word die verliesraaklyn genoem aangesien  $\epsilon = \epsilon' - j\epsilon'' = |\epsilon|e^{-j\delta}$ , sodat  $\tan \delta = \epsilon''/\epsilon'$ .  $\tan \delta$  toon die mate aan waartoe 'n materiaal elektromagnetiese energie omskakel na ander

energievorme (Tinga & Nelson, 1973; Zlotozynski, 1995). Die algemeen aanvaarde notasie is dat waardes van diëlektriese konstantes ( $\epsilon'$ ) en -verliesfaktore ( $\epsilon''$ ) relatief is tot die waardes in die vrye ruimte of onder vakuum en dus is die waardes dimensieloos (Tinga & Nelson, 1973).

Diëlektriese eienskappe van water by 2.45 GHz tussen 276 K en 413 K is beskikbaar in die literatuur (Risman, 1988). Diëlektriese eienskappe van roosmaryn (*Rosmarinus officinalis*), peperment (*Mentha piperita*) en die essensiële olies daarvan by ca. 298 K en 2.45 GHz word verskaf in Tabel 2.2.3.4.1.

**Tabel 2.2.3.4.1. : Diëlektriese eienskappe van geselekteerde materiale**

<b>Materiaal</b>	<b>Diëlektriese konstante (<math>\epsilon'</math>)</b>	<b>Diëlektriese verliesfaktor (<math>\epsilon''</math>)</b>
Roosmaryn blare	19.0 <sup>1</sup>	4.3 <sup>1</sup>
Peperment blare	39.4 <sup>1</sup>	13.2 <sup>1</sup>
Roosmaryn olie	5.0 <sup>1</sup>	0.8 <sup>1</sup>
Peperment olie	4.1 <sup>1</sup>	1.3 <sup>1</sup>
Water	75.9 <sup>2</sup>	7.9 <sup>2</sup>
Water by 373 K	55.0 <sup>3</sup>	-----
Waterdamp by 373 K	1.0 <sup>3</sup>	-----
Water en NaCl 0.1 mol/l	75.5 <sup>4</sup>	41.9 <sup>4</sup>
Water en NaCl 0.5 mol/l	67.0 <sup>4</sup>	18.1 <sup>4</sup>

- Notas:
- (1) Volgens Chen & Spiro (1994).
  - (2) Volgens Prosetya & Datta (1991).
  - (3) Volgens Paré, Belanger *et al* (1994).
  - (4) Volgens Zlotozynski (1995).

Die belangrikste faktore wat materiaal diëlektriese eienskappe beïnvloed is die volgende:

#### **a.) Frekwensie van mikrogolfstraling**

Die invloed van frekwensie is hierbo genoem maar bykomend kan gemeld word dat elke materiaal of mengsel oor 'n karakteristieke frekwensie beskik waar optimum energieabsorpsie geskied (Paré, Belanger *et al*, 1994; Zlotozynski, 1995).

#### **b.) Temperatuur**

Diëlektriese eienskappe is temperatuurafhanklik en kan verhoog of verlaag met temperatuurtoename (Datta, 1990; Schwarzenbach, 1990; Paré, Belanger *et al*, 1994; Zlotozynski, 1995). Die meeste vastestowwe besit baie lae diëlektriese verliesfaktore by 298 K maar hulle elektromagnetiese energieabsorpsie neem vinnig toe met temperatuurstyging (Zlotozynski, 1995). Veranderinge wat diëlektriese eienskappe ondergaan met temperatuurverandering beïnvloed vloeipatrone in 'n houer (Datta, Prosetya *et al*, 1992).

#### **c.) Materiaaldigtheid**

Materiaaldigtheid is temperatuurafhanklik (Datta, Prosetya *et al*, 1992) en beïnvloed die materiaal diëlektriese konstante (Schwarzenbach, 1990). Hoe hoër die materiaaldigtheid hoe langer neem verhitting. Poreuse materiale met relatiewe oop strukture verhit vinniger (Stöllman, 1990). Lug se diëlektriese konstante is 1.0 en lug is vir alle praktiese doeleindes deurlaatbaar vir mikrogolfstraling. Lug-insluitings binne-in 'n materiaal verlaag gevolglik die materiaal diëlektriese konstante (Schwarzenbach, 1990). Nie slegs digtheid nie maar ook

materiaalhomogeniteit t.o.v. gelokaliseerde digtheidsverskille is belangrik (Van Eijk, 1994; Zlotzynski, 1995). Gelokaliseerde digtheidsverskille lei tot gelokaliseerde (selektiewe) verhitting (Paré, Belanger *et al*, 1994).

#### **d.) Materiaalvoginhoud**

Diëlektriese eienskappe is afhanklik van materiaalvoginhoud (Datta, 1990; Stöllman, 1990; Van Eijk, 1994) aangesien die massapersentasie water in 'n materiaal die diëlektriese eienskappe daarvan merkbaar beïnvloed.

#### **e.) Ioniese verbindings**

Die konsentrasie(s) opgeloste ioniese sout(e) in 'n materiaal het 'n belangrike invloed op die verlies van vlugtige komponente daaruit (Stöllman, 1990; Van Eijk, 1994).

### 2.2.3.5. Elektromagnetiese velde

A.g.v. die staandegolfpatroon van die elektromagnetiese golwe is die ruimtelike verspreiding van die elektriese veld in die oond nie-uniform. Die elektriese veld is nul by nodusse en maksimum by antinodusse (Datta, 1990; Barringer, Davis *et al*, 1994; Schiffmann, 1994). Elke individuele mikrogolfoond se kenmerkende en unieke elektromagnetiese veldverspreiding lei tot die vorming van lokale warm (antinodale) of koue (nodale) gebiede; in die oond (Schwarzenbach, 1990; Schiffmann, 1994) sowel as binne-in die materiaal (Zlotozynski, 1995).

Draaitafels en soortgelyke toestelle word gebruik om hierdie probleem te oorkom of te minimeer (Datta, 1990; Schwarzenbach, 1990; Van Eijk, 1994; Zlotozynski, 1995) omdat interferensie-effekte temperature met tot 30 K laat wissel oor 'n afstand van een sentimeter (Schwarzenbach, 1990).

'n Golfweerkatser is 'n roterende meervoudige lem metaalweerkatser wat die rigting waarvolgens golwe in die oondruimte ingestuur word voortdurend verander. Dit verstel die elektriese veldverspreiding gedurig en lei tot meer uniforme verhitting aangesien posisies van nodusse en antinodusse voortdurend verander (Datta, 1990; Zlotozynski, 1995).

Die mikrogolfveld ossileer teen  $2.45 \times 10^9$  Hz en dipoolmolekules rig hulleself  $2.45 \times 10^9$  keer per sekonde magneties t.o.v. die veld (Schwarzenbach, 1990) op grond van aantrekkings- en afstotingskragte. Indien die veld verwyder word ontspan dipole na 'n nuwe ekwilibriumposisie en energie word vrygestel as willekeurige kinetiese energie wat aan die sisteem besorg word as hitte (Tinga & Nelson, 1973; Zlotozynski, 1995).

Die mate van polarisasie wat bereik word is afhanklik van materiaaleienskappe sowel as die frekwensie van die toegepaste elektriese veld (Adu, Otten *et al*, 1995). Elektriese veldsterkte word verhoog deur die oonddrywing te verhoog (Datta, 1990).

Die vervaardiger se drywingspesifikasie kan nie geëkstrapoleer word om 'n verhittingstempo te verkry nie (Sasaki, Shimada *et al*, 1988; Schiffmann, 1994). Nie alle 700 Watt oonde se



verhittingstempo's vir identiese voorwerpe is dieselfde nie. Die vervaardiger se drywingspesifikasie is 'n gemiddelde waarde wat met tot 20% kan wissel. Dit beteken dat 'n 700 Watt oond se drywingsvermoë tussen 560 en 840 Watt lê. Die drywingsvermoë word bepaal deur gebruik te maak van 'n lading water wat in staat is om al die inset mikrogolfenergie te absorbeer (Kingston & Jassie, 1986), nl. 1000 tot 2000 ml water (Schiffmann, 1994). Drywing gelewer aan die oondruimte is nie slegs afhanklik van die magnetron nie maar hang ook tot 'n groot mate af van die golfgeleier sowel as die oondruimtegrootte in vergelyking met dié van die golfgeleier (Kingston & Jassie, 1986).

Die elektriese veldsterkte by enige punt in 'n mikrogolfoond is nie konstant nie en kan nie voorspel word nie (Sasaki, Shimada *et al*, 1988; Datta, 1990). Gevolglik kan die totale hoeveelheid geabsorbeerde energie nie beraam word deur gebruik te maak van slegs  $\epsilon''$  nie (Sasaki, Shimada *et al*, 1988). Die elektriese veldsterkte op 'n spesifieke posisie in 'n materiaal is afhanklik van o.a.  $\epsilon'$  (Datta, 1990; Chen & Spiro, 1994),  $\epsilon''$ , die oondontwerp, posisie van die materiaal in die oond (Datta, 1990) en materiaal grootte (Sasaki, Shimada *et al*, 1988). Elektriese veldsterkte neem af met indringingsdiepte (Adu, Otten *et al*, 1995).

### **2.2.3.6. Indringingsdiepte van mikrogolfstraling**

Die moontlikheid van indringing van mikrogolfstraling in materiale in word uitgedruk i.t.v. indringingsdiepte, wat gedefinieer word as die diepte in die materiaal waar die energie verminder het tot by 37% ( $e^{-1}$ ) van die oppervlakenergie waarde (Datta, 1990; Stöllman, 1990; Zlotozynski, 1995). Gespesifiseerde waardes is ook moontlik, bv. die 50% indringingsdiepte is die afstand in die absorberende materiaal waar 50% van die mikrogolfstraling geabsorbeer is (Lindstrom & Parliament, 1994). Die indringingsdiepte in water is ca. 7 mm by 274 K en styg min of meer reglynig tot by 'n waarde van ca. 58 mm by 373 K (Stöllman, 1990; Datta, Prosetya *et al*, 1992). Die indringingsdiepte vir roosmaryn (*Rosmarinus officinalis*), peperment (*Mentha piperita*) en die essensiële olies daarvan by ca. 298 K en 2.45 GHz (huishoudelike frekwensie) word gegee in Tabel 2.2.3.6.1. (Chen & Spiro, 1994).

**Tabel 2.2.3.6.1. : Indringingsdiepte van geselekteerde materiale**

<b>Materiaal</b>	<b>37% Indringingsdiepte (cm)</b>
Roosmaryn blare	2.0
Peperment blare	0.9
Roosmaryn olie	5.4
Peperment olie	3.0

Die belangrikste veranderlikes wat indringingsdiepte beïnvloed sluit die volgende in:

**a.) Frekwensie van mikrogolfstraling**

Die magnetron funksioneer by 'n vasgestelde frekwensie. Ooreenstemmend met 'n spesifieke frekwensie is 'n spesifieke golflengte wat die indringingsdiepte van mikrogolwe beïnvloed (Schwarzenbach, 1990; Schiffmann, 1994).

**b.) Temperatuur**

Indringingsdiepte is temperatuurafhanklik en materiale vertoon uiteenlopende gedrag (Schiffmann, 1994).

**c.) Materiaaldigtheid**

Hoe groter die materiaaldigtheid hoe hoër is die mikrogolfenergieabsorpsie en hoe laer die indringingsdiepte (Stöllman, 1990).

**d.) Materiaalvoghoud**

'n Hoë voghoud beteken hoë mikrogolfabsorpsie en 'n klein indringingsdiepte (Stöllman,

1990). Met styging in temperatuur absorbeer water al minder mikrogolfenergie (Kingston & Jassie, 1986; Stöllman, 1990).

#### **e.) Materiaal diëlektriese eienskappe**

Indringingsdiepte is direk eweredig aan die vierkantswortel van die diëlektriese konstante en omgekeerd eweredig aan die diëlektriese verliesfaktor (Schiffmann, 1994).

#### **f.) Fisiese materiaalgrootte**

As die indringingsdiepte groter is as die voorwerp kom geringe wisseling in verhittingstempo vanaf die oppervlak tot by die kern voor. Die resulterende verhittingsprofiel is uniform. Vir die teendeel, waar indringingsdiepte heelwat kleiner is as die voorwerp, kom oppervlakverhitting grotendeels voor. 'n Nie-uniforme verhittingsprofiel word waargeneem met hoë oppervlaktemperatuur (Datta, 1990).

#### **g.) Ioniese verbindings**

Indringingsdiepte neem af met toenemende soutkonsentrasie (Lentz, 1980). Byvoeging van sout (NaCl) beïnvloed die indringingsdiepte sodanig dat die grootste mate van verhitting aan die oppervlak geskied. Ten einde die kerntemperatuur te verhoog mag dit nodig wees om die oppervlak te oorverhit (Datta, 1990; Schwarzenbach, 1990; Stöllman, 1990; Schiffmann, 1994). Met styging in mengsel oppervlaktemperatuur word verwag dat oppervlakverdampingsverliese vanuit die mengsel sal vermeerder (Lentz, 1980).

#### **2.2.3.7. Verhitting met mikrogolfstraling**

Faktore wat die grootste invloed het op afdistillering van aromas is verhittingstempo, uniformiteit van verhitting (hier is o.a. temperatuurprofiel belangrik) en die heersende omgewingstoestand in die oond (Schiffmann, 1994).

### 2.2.3.7.1. Verhittingstempo

By benadering word eksponensiële vermindering in hittegenerering vanaf die rand van 'n materiaal tot by die kern daarvan aanvaar. Eksponensiële vermindering is teoreties slegs geldig vir elektromagnetiese straling behorende tot 'n enkele vlak wat inval op 'n plat vlak, maar dit verskaf 'n goeie benadering vir geboë oppervlakke indien materiaaldeursnee heelwat groter is as golf indringingsdieptes (Datta, 1990; Datta, Prosetya *et al*, 1992).

Die tempo waarteen enige materiaal verhit word deur mikrogolwe is direk eweredig aan die mikrogolfstralingsfrekwensie, diëlektriese verliesfaktor en kwadraat van die elektriese veldsterkte (Sasaki, Shimada *et al*, 1988; Schiffmann, 1994; Zlotozynski, 1995). Dit is omgekeerd eweredig aan die materiaal se digtheid en warmtekapasiteit (Schiffmann, 1994; Zlotozynski, 1995).

Veranderlikes wat mikrogolfverhitting beïnvloed is maklik identifiseerbaar maar onmoontlik kwantifiseerbaar omrede invloede verskil van sisteem tot sisteem (Schwarzenbach, 1990). Die belangrikste mikrogolfverhittingsveranderlikes is die volgende:

#### **a.) Frekwensie van mikrogolfstraling** (Sasaki, Shimada *et al*, 1988; Schiffmann, 1994)

Dit is gemeld in paragrawe 2.2.3.4. en 2.2.3.6.

#### **b.) Temperatuur**

Hoe hoër die aanvangstemperatuur hoe vinniger geskied verhitting (Stöllman, 1990). 'n Hoë temperatuur word bereik binne 'n kort irradiasietydperk (Van Eijk, 1994) in vergelyking met konvensionele verhittingsmetodes. Matriks- en oplosmiddelgedrag moet bekend wees omdat die invloed daarvan op temperatuurstyging tydens verhitting belangrik is (Schwarzenbach, 1990).

#### **c.) Materiaaldigtheid**

Dit is bespreek in paragrawe 2.2.3.4. en 2.2.3.6. maar bykomend kan gemeld word dat materiaal digtheid se invloed gering kan wees (Barringer, Davis *et al*, 1994).

#### **d.) Materiaalvoghoud**

Dit is genoem in paragrawe 2.2.3.4. en 2.2.3.6. Waterdampvlugtigheid kan 'n groter rol speel by mikrogolf- as konvensionele verhitting en, afhangend van die matriks, moet dit in ag geneem word (Schwarzenbach, 1990).

#### **e.) Materiaal diëlektriese eienskappe**

Die tempo van mikrogolfverhitting is direk afhanklik van die hoeveelheid mikrogolfenergie wat geabsorbeer word wat weer in verband gebring kan word met materiaalkundige diëlektriese eienskappe (Lindstrom & Parliment, 1994). Met 'n vermindering in voorwerpgröote begin diëlektriese eienskappe 'n ál groter rol speel (Barringer, Davis *et al*, 1994). Wanneer 'n relatiewe klein voorwerp verhit word beïnvloed die gröote van die diëlektriese eienskappe temperatuurstyging weselik (Sasaki, Shimada *et al*, 1988).

#### **f.) Spesifieke warmtekapasiteit van materiaal**

Hierdie eienskap kan daartoe lei dat 'n materiaal met 'n lae diëlektriese konstante goed verhit word in 'n mikrogolfveld. Die invloed hiervan word soms geïgnoreer alhoewel dit 'n uiters belangrike invloedseer het (Datta, 1990; Schwarzenbach, 1990; Stöllman, 1990). Hoe laer die spesifieke warmtekapasiteit hoe vinniger styg die materiaaltemperatuur (Stöllman, 1990; Prosetya & Datta, 1991; Barringer, Davis *et al*, 1994; Schiffmann, 1994; Van Eijk, 1994). Relatiewe mikrogolfverhittingstempo's van groot voorwerpe met dieselfde massas word grootliks bepaal deur die verhouding van hulle warmtekapasiteite (Barringer, Davis *et al*, 1994).

#### **g.) Materiaaloppervlaktoestand**

Die verhittingstempo aan 'n materiaaloppervlak is afhanklik van voorwerpgröote, oondontwerp, ens. en is moeilik bepaalbaar (Datta, Prosetya *et al*, 1992). By materiaaloppervlakverhitting speel o.a. oppervlakverdamping en konveksiestrome 'n rol (Datta, 1990; Zlotozynski, 1995). Mikrogolfprosessering kan materiaaloppervlaktoestande verander (Zlotozynski, 1995).



## **h.) Fisiese materiaal grootte**

Hoe groter 'n voorwerp is hoe meer straling absorbeer dit die eerste keer wat die golwe die oondruimte binnekom en hoe minder word weerkaats vanaf die oondbinnewande. 'n Deel van die weerkaatste golwe word terugweerkaats na die magnetron en gaan verlore vir verhittingsdoeleindes. Hoe minder golwe weerkaats word vanaf die oondbinnewande hoe minder kan terugweerkaats word na die magnetron. Meer energie word dus geabsorbeer deur groter voorwerpe (Datta, 1990). Materiaal energieabsorpsie word grootliks bepaal deur die diëlektriese eienskappe en grootte daarvan. Met toenemende voorwerpgrootte styg die totale energieabsorpsie asimptoties tot by die drywingsvermoë van die mikrogolfoond. Vir groot voorwerpe is totale energieabsorpsie bykans grootte-onafhanklik. In 'n huishoudelike oond verminder mikrogolfveld multidireksionaliteit die effek maar sterk grootte-afhanklike verhitings tempo's vir klein voorwerpe kom voor (Barringer, Davis *et al*, 1994). Die totale hoeveelheid geabsorbeerde energie is min vir klein voorwerpe in alle tipes mikrogolfoonde (Sasaki, Shimada *et al*, 1988). Mikrogolfprosessering kan voorwerpgrootte verander (Zlotozynski, 1995).

## **i.) Materiaal massa**

Die fisiese afmetings (grootte) sowel as hoeveelheid materie speel 'n rol (Datta, 1990; Stöllman, 1990; Van Eijk, 1994) en die invloed van die hoeveelheid materie teenwoordig is aansienlik groter as by konvensionele verhitting (Zlotozynski, 1995). Hoe groter die massa is hoe langer neem verhitting (Schwarzenbach, 1990; Stöllman, 1990; Barringer, Davis *et al*, 1994; Schiffmann, 1994) aangesien meer mikrogolfenergie geabsorbeer moet word. Vir voorwerpe kleiner as ca. 500 g is energieabsorpsie direk eweredig aan voorwerp massa maar groter voorwerpe absorbeer al die beskikbare mikrogolfenergie in 'n 600 W oond (Kingston & Jassie, 1986). Essensiële olieherwinning vanuit roosmaryn (*Rosmarinus officinalis*) en peperment (*Mentha piperita*) het getoon dat 'n limiet bestaan t.o.v. die ladingsmassa waar effektiewe verhitting gehandhaaf kan word vir enige oonddrywing. Dit verteenwoordig die versadigingspunt vir die hoeveelheid mikrogolfenergie wat deur 'n gegewe massa plantmateriaal geabsorbeer kan word (Chen & Spiro, 1994).



### **j.) Materiaalvorm**

Die fisiese vorm van 'n voorwerp beïnvloed die verhittingstyd benodig (Datta, 1990; Schwarzenbach, 1990; Stöllman, 1990; Van Eijk, 1994; Zlotozynski, 1995) en reëlmatige vorms lei tot meer uniforme verhitting (Stöllman, 1990). Voorwerpvorm kan verander gedurende mikrogolfprosessering (Chen & Spiro, 1994; Zlotozynski, 1995).

### **k.) Ioniese verbindings**

Elektriese weerstandsverhitting vind plaas as gelaaië ione magnetiese veldveranderings probeer navolg (Stöllman, 1990). Bo en behalwe bipolêre rotasie kan ioniese verbindings d.m.v. geleiding 'n rol speel in die generering van hitte in die materiaal (Datta, 1990; Schwarzenbach, 1990).

### **l.) Elektriese veldsterkte**

Oonddrywing bepaal elektriese veldsterkte (Datta, 1990) en magnetrondrywing is die hoofbydrae tot verhittingstempo (Schiffmann, 1994). Hoe hoër die drywing hoe vinniger word 'n gegewe massa verhit (Schwarzenbach, 1990). Die fisiese grootte (Datta, 1990; Zlotozynski, 1995) en diëlektriese eienskappe (Barringer, Davis *et al*, 1994) van 'n materiaal beïnvloed die interne elektriese veldprofiel daarvan. Materiale se interne elektriese veldprofile kan nie op eenvoudige wyse bepaal word nie (Datta, 1990; Zlotozynski, 1995) en die verhittingstempo's van bv. twee vloeistowwe kan dus nie maklik vergelyk word nie (Datta, 1990).

### **m.) Veranderlikes wat betrekking het op die oond**

Die magnetiese veldverspreiding (Datta, 1990; Van Eijk, 1994), oondgeometrie (Van Eijk, 1994), fisiese oondruimtegrootte (Schiffmann, 1994; Van Eijk, 1994), oondkonstruksiemateriale en die tipe en ligging van die mikrogolfvoersisteem (Schiffmann, 1994) is van belang.

### **2.2.3.7.2. Temperatuurprofiel**

By konvensionele verhitting kom die hoogste temperatuur aan die materiaaloppervlak voor en die laagste temperatuur naby die kern. By mikrogolfverhitting word energie direk deur die materiaal geabsorbeer en kan dit gebeur dat die kern oor die hoogste temperatuur beskik (Terblanché, 1995; Zlotozynski, 1995).

Watermigrering vanaf die materiaalkern na die oppervlak daarvan word veroorsaak deur 'n interne dampdruk wat in die materiaal ontwikkel en wat water aktief vervoer na die materiaaloppervlak. Beweging van water hou aan teen sodanige tempo as om te verseker dat die oppervlak versadig bly aan water (Schiffmann, 1994). Die oppervlaktemperatuur verlaag voortdurend a.g.v. verdamping van vlugtige molekules. Verdampingsverkoeling en kondensasie hou die oppervlaktemperatuur kleiner as of gelyk aan 373 K (Datta, 1990; Schiffmann, 1994) vir materiale wat oor 'n hoë persentasie vog beskik.

'n Vinnige verhittingstempo verminder die effektiwiteit van geleidingshitte-oordrag tussen 'n houër en materiaal. Dit beïnvloed die temperatuurverspreidingsuniformiteit en die materiaal moet langer geïrradieer word om koeler sones te verhit. Gevaar van lokale oorverhitting in warmer sones ontstaan wat kan lei tot oormatige verdamping, droging en ontwikkeling van aromas wat gebrand voorkom (Schiffmann, 1994).

A.g.v. nie-uniforme temperatuurverspreiding deur 'n materiaal vind nie-uniforme verhitting daarvan plaas (Stöllman, 1990; Van Eijk, 1994). Met oneweredige verhitting kan oneweredige afdistillering van vlugtige molekules verwag word (Schiffmann, 1994). Temperatuurstabilisering is slegs moontlik as hitte teen genoegsame tempo verwyder word of deur die drywingslewing van die oond te beperk. Daar is verslae waar mikrogolfdeurlaatbare materiale gesmelt het in 'n mikrogolfveld a.g.v. ontoereikende temperatuurstabilisering (Zlotozynski, 1995).

#### **a.) Aksiale temperatuurprofiel**

Die aksiale temperatuurprofiel toon 'n styging met toename in hoogte van 'n houër.

Vermeerdering in temperatuur in 'n opwaartse rigting is die gevolg van konveksievloei binne-in 'n houër, waarvolgens warmer water met 'n laer digtheid voortdurend na bo beweeg (Prosetya & Datta, 1991; Datta, Prosetya *et al*, 1992).

Gestratifiseerde temperatuurprofile kom voor indien die vloeier- of mengselviskositeit sodanig is dat gelokaliseerde warm en koue gebiede nie genoegsaam meng d.m.v. stroming nie. Lokale oorverhitting ontstaan in sulke gevalle (Zlotozynski, 1995).

### **b.) Radiale temperatuurprofiel**

Radiale temperatuurprofile van geboë houers vertoon 'n verhoging in temperatuur gerig op die houermiddelpunt vir klein houers (ca. 11 cm). Dit is die gevolg van konsentring (fokusering) van mikrogolfenergie deur 'n silindriese (geboë) oppervlak t.o.v. die houermiddelpunt (Ohlsson & Risman, 1978; Datta, 1990; Prosetya & Datta, 1991; Datta, Prosetya *et al*, 1992; Zlotozynski, 1995). Vir groter houers (ca. 17 cm) vertoon die radiale temperatuurprofiel 'n teenoorgestelde neiging m.a.w. oppervlaktemperatuur is hoër as dié van die kern, en 'n afname in temperatuur kom voor soos wat kernwaarts beweeg word (Prosetya & Datta, 1991; Datta, Prosetya *et al*, 1992). Konsentring van mikrogolwe deur 'n geboë oppervlak is meer intens vir 'n sfeer as 'n silinder (Ohlsson & Risman, 1978; Datta, 1990). Die nie-uniforme mikrogolfveld dra by tot asimmetriese temperatuurverspreidings vir houers met diameters groter as ca. 5 cm (Ohlsson & Risman, 1978).

### **2.2.3.7.3. Heersende omgewingstoestande in die oond**

Die temperatuur van lug binne-in 'n mikrogolfoond kan konstant bly op die waarde van die omgewingstemperatuur (Van Eijk, 1994) of dit kan styg tot ca. 323 K afhangend van hitteverliese (indien enige) vanaf 'n materiaal (Schiffmann, 1994).

### **2.2.3.8. Geometriese oorwegings vir distillasieapparaat**

'n Plat houër op die oondvloer se bodem verhit die stadigste (Prosetya & Datta, 1991). Energie

wat die middel van die houerbodem moet bereik word verhinder deurdat golwe nie só versprei kan word om die voorwerp van onder af te bereik nie (Prosetya & Datta, 1991; Schiffmann, 1994). Dit is veral die geval indien 'n voorwerp relatief dik is (meer as ca. 5 cm) of oor 'n groot oppervlakarea (meer as ca. 20 cm by 20 cm) beskik (Schiffmann, 1994); soos eksperimenteel bevestig vir essensiële olieherwinning vanuit roosmaryn (*Rosmarinus officinalis*) en peperment (*Mentha piperita*). Bykans geen mikrogolfstraling het die fles van die onderkant af bereik nie. Die meerderheid mikrogolfstraling het die fles vanaf die bokant bereik teenoor straling geabsorbeer deur die fleskante. Min energie het blare by die flesbodem bereik en temperatuurstyging van sodanige blare was hoofsaaklik die gevolg van hitte-oordrag vanaf die oplosmiddel. Blare naby die fleskante het vinniger verhit en die bestaan van 'n temperatuurgradiënt deur die fles bevestig (Chen & Spiro, 1994).

Die elektriese veldverspreiding veroorsaak rand verhittingseffekte en energiekonsentrasie in hoeke (Datta, 1990; Schiffmann, 1994) vir reghoekige houers. In 'n reghoekige houer vertoon 'n materiaal tipies die hoogste temperatuur in die hoeke en die laagste temperatuur naby die houermiddelpunt (Schiffmann, 1994; Zlotozynski, 1995). Dit is die gevolg van weerkaatsing en refraksie van mikrogolfstrale by die grens tussen lug en 'n materiaal (Ohlsson & Risman, 1978; Datta, 1990; Zlotozynski, 1995). Vir voorwerpe met ingewikkelde fisiese vorms is die interne elektromagnetiese veldprofiel uiters ingewikkeld en ontvang sommige areas meer energie as ander (Zlotozynski, 1995).

Geometriese oorwegings vir 'n distillasiefles speel 'n belangrike rol in mikrogolfverhitting omrede nie-uniforme temperatuurprofiel voorkom. By essensiële olieherwinning vanuit roosmaryn (*Rosmarinus officinalis*) en peperment (*Mentha piperita*) is bevestig dat mikrogolfverhitting al minder uniform raak soos die verhouding blare tot oplosmiddel toeneem. Fisiese blaarverandering is waargeneem. Blare wat aan die fleskante gekleef het het normaal vertoon terwyl blare naby die fleskern gekook en 'n donkergeel kleur verkry het (Chen & Spiro, 1994).

#### **2.2.3.9. Mikrogolfverhitting van mengsels**

Toetsing van individuele komponente t.o.v. die invloed van mikrogolfstraling het geen praktiese waarde nie omrede komponent interaksies met die matriks en met mekaar nie in berekening gebring word nie (Van Eijk, 1994). Vervlugtiging van mengsels is nie afhanklik van relatiewe mikrogolfverhittingstempo's van individuele suiwer verbindings nie. Konsentrering van vlugtige komponente is afhanklik van die temperatuur van die totale sisteem eerder as mikrogolfenergieabsorpsie deur individuele molekules. Die chemiese en fisiese eienskappe van die totale sisteem beheer vervlugtiging van individuele komponente (Lindstrom & Parliment, 1994). Transformasie van fisiese en termiese eienskappe van blare is aangedui tydens mikrogolfekstraksie van essensiële olies vanuit roosmaryn (*Rosmarinus officinalis*) en peperment (*Mentha piperita*) (Chen & Spiro, 1994).

Die gedrag van 'n mengsel diëlektriese materiale is verskillend van die gedrag van enige individuele komponent daarvan in isolasie beskou (Tinga & Nelson, 1973; Sasaki, Shimada *et al*, 1988; Lindstrom & Parliment, 1994). Ontspanning van samestellende komponente vind nie plaas by 'n enkele frekwensie nie (omrede  $\epsilon''$  komponentwaardes verskil) maar in stede daarvan geskied ontspanning by 'n hele reeks verskillende frekwensies. Samestellende komponente word elkeen verhit teen 'n verskillende en unieke tempo (Datta, 1990; Schiffmann, 1994), alhoewel die mengsel in geheel beskou oor slegs een verhittingspatroon beskik.

Veranderlikes soos voginhoud, digtheid en partikelgeometrie beïnvloed mengselsamestelling en dus die diëlektriese eienskappe daarvan. Die mengsel diëlektriese konstante lê tussen die laagste en hoogste waardes van individuele komponent diëlektriese konstantes teenwoordig in die mengsel, tensy komponente chemies verander is ten tyde van insluiting daarvan in die mengsel (Tinga & Nelson, 1973).

By verhitting van multikomponentsisteme word drastiese onreëlmatige verhittingspatrone waargeneem. Indien een deel van 'n voorwerp relatief groot is in vergelyking met ander dele, word kleiner dele oorverhit en gebrande aromas ontwikkel terwyl die groter deel nog nie voldoende verhit is nie (Schiffmann, 1994).

Verbindings met hoër mikrogolfabsorpsie en dus hoër mikrogolfverhittingstempo's word nie by

voorkeur vervlugtig deur mikrogolfverhitting nie, in vergelyking met verhitting oor 'n stoombad. Die vlugtige komponentverhouding vir verskeie mengsels was dieselfde, of dit nou verkry is deur mikrogolfverhitting of verhitting oor 'n stoombad (Lindstrom & Parliment, 1994). Tydens essensiële olieherwinning vanuit *Lippia multiflora* is gevind dat alhoewel geen kwalitatiewe verskille waargeneem is nie, kwantitatiewe verskille wel waargeneem is t.o.v. mikrogolfekstraksie en stoomdistillasie produkte. M.a.w. alhoewel dieselfde komponente teenwoordig was in beide produkte het die persentasiesamestellings verskil (Craveiro, Matos *et al*, 1989; Scheffer, 1996); soos ook aangetoon vir essensiële olies van bonekruid (*Satureja hortensis*), karwei (*Carum carvi*) (Jean, Collin *et al*, 1992) en soet basiliekruid (*Ocimum basilicum*) (Thach, Anh *et al*, 1996).

Indien essensiële oliemolekules herwin word vanuit 'n matriks van biologiese materiaal moet in gedagte gehou word dat 'n relatiewe klein hoeveelheid oliemolekules verspreid voorkom tussen water-, lipied-, koolhidraat- en proteïenmolekules. Vanuit die literatuur (Zlotozynski, 1995) blyk dit dat mikrogolfekstraksie uiters matriksafhanklik is.

#### **2.2.3.10. Meganisme van oplosmiddelaksie op olieklere tydens mikrogolfekstraksie van essensiële olies**

Die vinnigste mikrogolfekstraksies van essensiële olies vanuit roosmaryn (*Rosmarinus officinalis*) en peperment (*Mentha piperita*) het geskied in oplosmiddelmengsels. Dit is waarskynlik die gevolg van komplementêre aksies van oplosmiddels op verbindings wat oliekliewande uitmaak, soos aangedui deur elektronmikroskopie. Skanderingselektronmikrograwe het getoon dat olieklereaksie op ekstraksietoestande selfs in die onmiddellike area van 'n paar kliere op dieselfde blaar wissel. Verskille is toegeskryf aan faktore soos verskillende stadiums van fisiologiese volwassenheid van die kliere. Die skanderingselektronmikrograwe dui daarop dat die meganisme van essensiële olie-ekstraksie vanuit roosmaryn- en pepermentblare die gevolg was van:

1. Diffusie van oliemolekules oor of deur 'n onaangeste intakte oliekliewand.
2. Diffusie van oliemolekules oor of deur 'n oliekliewand wat deels aangetas was deur

oplosmiddelmolekules en begin disintegreer het. Sodanige olieklierwand kan later breek.

3. Diffusie van oliemolekules gevind op die blaaroppervlak in die omgewing waar 'n olieklier op natuurlike wyse gebreek het.
4. Vinnige verwydering van oliemolekules wat vrygestel word deurdat 'n olieklier skielike skeuring ondergaan (Chen & Spiro, 1994).

## **2.2.4.Kontinue mikrogolfdestillasiemeganaraat**

### **2.2.4.1.Inleiding**

Kontinue mikrogolfdestillasiemeganaraat as produksiemeganaraat van essensiële oliemeganaraat kan 'n waardevolle bydrae lewer tot die benutting van essensiële oliemeganaraat in medisynepreparate of as smaak- of geurmiddels.

Resultate verkry met enkelladingsmikrogolfdestillasiemeganaraat eksperimente word gebruik vir ontwerp van kontinue mikrogolfdestillasiemeganaraat. Sodanige kontinue mikrogolfdestillasiemeganaraat hou ooglopende voordele in, bv. 'n groter deurset van plantmeganaraat lei tot verhoogde produksie leweringstempo per tydseenheid. Al die voordele geld slegs as die kontinue- en enkelladingsprosesse vergelykbare produkte lewer.

Hierdie studie poog om leemtes wat bestaan t.o.v. mikrogolfherwinning van essensiële oliemeganaraat te vul. In dié verband is oorbruggingswerk tussen enkelladings- en kontinue mikrogolfdestillasiemeganaraat gedoen. Relevante literatuur word vervolgens oorsigtelik hanteer ten einde slaggate gedurende ontwerp van kontinue mikrogolfdestillasiemeganaraat te identifiseer en te evalueer.

### **2.2.4.2.Gedeeltelike empiriese benadering tot ontwerp**

'n Uitsluitlik wiskundige en/of termodinamiese benadering tot die ontwerp van kontinue mikrogolfdestillasiemeganaraat vir die herwinning van essensiële oliemeganaraat is nie huidiglik haalbaar nie a.g.v. die kompleksiteit van die probleemstelling. As motivering vir hierdie stelling kan paragraaf 2.2. en die onderafdelings daarvan bestudeer word. As verdere voorbeeld en motivering vir bg. stelling kan indringingsdiepte kortliks beskou word, alhoewel soortgelyke argumente vir ander ontwerpaspekte geformuleer kan word.

Alhoewel indringingsdiepte bereken kan word met 'n vergelyking (Lindstrom & Parliment, 1994; Schiffmann, 1994; Zlotzynski, 1995) is waardes vir die veranderlikes betrokke nie beskikbaar vir bv. *L. scaberrima* plantmeganaraat nie. Verder kan die volgende gemeld word t.o.v. veranderlikes benodig vir berekening m.b.v. die vergelyking: Die materiaaldigtheid wissel indien



van fynverdeelde of heel plantmateriaal gebruik gemaak word en selfs onder 'n enkele bedryfslopie sal materiaal digtheid voortdurend wissel a.g.v. samestellingsveranderinge. Die samestelling van plantmateriaal verander voortdurend soos wat vlugtige komponente en vog daaruit verwyder word. Mengsel diëlektriese eienskappe verander voortdurend tydens bedryf. Gebruikmaking van die formule is nutteloos a.g.v. die bedryfsdinamiese aard van, sowel as die aantal veranderlikes betrokke.

Wiskundige formules is nie totaal nutteloos nie, en berekenings kan gedeeltelik uitgevoer word ter ondersteuning van 'n ontwerp, bv. berekenings benodig om 'n afsnygolfgeleier te ontwerp.

Sodanige ontwerp is gevolglik noodgedwonge deels empiries maar wiskundige en termodinamiese aspekte hoef nie totaal en al buite rekening gelaat te word nie. Bestudering van wiskundige en termodinamiese aspekte van veranderlikes van belang lei tot kwalifisering en grootte-orde kwantifisering van die veranderlikes betrokke. In hierdie verband speel enkelladingsontwikkelingswerk 'n deurslaggewende rol. Die nut van 'n toepaslike literatuuroorsig kan o.a. daarin gevind word dat relatiewe belangrikhede en ordegroothede geheg word aan ontwerpveranderlikes.

### **2.2.4.3. Belangrike ontwerp oorwegings**

Voordat met 'n prototipe-ontwerp begin word, moet 'n verskeidenheid (mikrogolf) distillasiëapparate (Clevenger, 1928; Van der Riet, 1933; Hughes, 1952; Franklin & Keyzer, 1962; Kervin, Dwyer *et al*, 1980; Kingston & Jassie, 1986; Craveiro, Matos *et al*, 1989; Paré, Sigouin *et al*, 1991; Mengal, Behn *et al*, 1993; Paré, 1993; Guimard, 1994; Maurel, 1995; Paré, 1995; Terblanché, 1995; Chemat, Poux *et al*, 1996; Thach, Anh *et al*, 1996; Whish, 1996; Mengal & Molon, 1997; Phybiotex, 1997; Archimex, 1998) ondersoek word ten einde moontlike slaggate te identifiseer.

#### **2.2.4.3.1. Ontwerpvereistes**

Al die ontwerpvereistes betrokke by enige projek kan nooit volledig gelys word nie; maar die

belangrikste ontwerpvereistes vir kontinue mikrogolfdestillasieapparaat waaraan aandag geskenk moet word ten tyde van ontwerp sluit die volgende in:

- Die kapitaaluitleg verbonde aan die vervaardiging van die uiteindelijke kontinue mikrogolfsisteem moet so klein as moontlik wees.
- Ontwerp van die apparaat moet só geskied dat die bedryfskoste daarvan so klein as moontlik gehou word.
- Kontinue mikrogolfdestillasieapparaat moet verkieslik mobiel wees en vervoer kan word na landelike en afgeleë gebiede waar dit benodig word vir olieherwinning.
- Die sisteem moet so kompak en stewig as moontlik wees aangesien vervoerroetes waaraan dit onderwerp gaan word hoogs waarskynlik nie geskik is vir delikate apparaat nie.
- Dit moet tegnies aanvaarbaar wees en herhaalbare betroubare resultate lewer.
- Die sisteem moet maklik hanteerbaar wees en oor eenvoudige bedryfsprosedures beskik.
- Voldoende voorsiening vir effektiewe hitte- en massa-oordrag moet gemaak word. Hierby word ingesluit kontrolemaatreëls sodat daar eweredige verspreiding van biologiese materiaal in die destillasiefles is sowel as volledige en effektiewe dampkondensasie in die kondensator.
- Geslotelusbedryf van die apparaat moet moontlik wees ten einde die sisteem so selfonderhoudend as moontlik te maak. Onder geslotelusbedryfstoestande word soveel as moontlik van die gebruikte oplosmiddel gehersirkuleer.
- Kontinue mikrogolfdestillasieapparaat moet in alle opsigte veilig wees, t.o.v. mikrogolfstralingslekkasies, bedryfsprosedures, ens.
- Die gekose oplosmiddel sal verkieslik vry van reuke en onsuiverhede, nie-toksies, selektief, goedkoop en geredelik beskikbaar wees sowel as goedgekeur vir gebruik in farmaseutiese- en voedselprodukte.
- Die apparaat moet algemeen toepaslik wees vir essensiële olieherwinning vanuit biologiese materiale.
- Sorg moet gedra word dat ongewenste chemiese reaksies, ensiematiese- en mikroörganisme aktiwiteit op die plantmateriaal en essensiële olie geminimeer word, tydens sowel as na plantmateriaalinsameling en olieherwinning. Die prosesstappe moet só beplan word as om dit te verseker.

- Die binnekoms van onsuiverhede in die sisteem in, op welke wyse ookal, moet sover moontlik verhoed word.

### 2.2.4.3.2. Ontwerpbeperkings

Ontwerpbeperkings word neergelê in ooreenstemming met o.a. ontwerpvereistes hierbo genoem en belangrike veranderlikes in hierdie kategorie sluit die volgende in:

- Mikrogolfgenerators maak hoofsaaklik gebruik van twee frekwensies nl. 2450 MHz en 915 MHz. Magnetrons in huishoudelike oonde funksioneer by 2450 MHz terwyl 915 MHz generators hoofsaaklik in spesifieke nywerheidstoepassings gevind word. Die rede hiervoor is internasionale standardisasie t.o.v. frekwensies wat vir mikrogolfverhittingstoepassings toegeken is (Landman, 1990; Zlotzynski, 1995). Die mikrogolffrekwensie in 'n huishoudelike oond is derhalwe beperk tot 2450 MHz omdat die vervaardiger se mikrogolfoond ontwerpingenieurs alreeds die keuse t.o.v. 'n geskikte frekwensie gemaak het.
- Die aard van die oplosmiddelpolariteit. As bv. water as oplosmiddel aangewend wil word, is afvaloplosmiddel en -plantmateriaal beter hanteerbaar, wegdoenbaar en meer omgewingsvriendelik. Die essensiële olie wat herwin word bestaan grotendeels uit nie-polêre molekules en t.o.v. die selektiwiteit van water vir herwinning van nie-polêre molekules tydens mikrogolfdestillasie kan die volgende genoem word:

Mikrogolfverhitting van vlugtige organiese sure in water het gelei tot die grootste mate van afdistillering van die mees nie-polêre verbindings. Bv. asynsuur, wat die mees polêre suur verteenwoordig het, het die kleinste mate van afdistillering getoon gedurende verhitting in water terwyl die grootste mate van afdistillering verkry is in 'n nie-polêre oplosmiddel. Wateroplosbaarheid van die sure het 'n rol gespeel. Byvoeging van sout (NaCl) het afdistillering van die vlugtige sure verhoog a.g.v. verandering in diëlektriese eienskappe van die oplosmiddel (water) (Stöllman, 1990).

- Die natuurlike verdeling van plantmateriaal sal benut word in 'n uiteindelijke kommersiële produksiemodel apparaat. Die apparaat moet gevolglik gedurende ontwikkeling met verskeie botaniese materiale geëvalueer word sodat dit algemeen

toepasbaar is vir essensiële olieherwinning.

- Die lading in die distillasieapparaat kan nie te klein wees nie aangesien relatiewe klein ladings in verband gebring kan word met magnetronfalings, wat die gevolg is van straling wat nie geabsorbeer word in die oondruimte nie en na die magnetron terugweërkaats word (Kingston & Jassie, 1986). Die lading kan ook nie te groot wees nie aangesien volledige afdistillering van oliemolekules dan nie plaasvind nie. Deur die voertempo van materiaal tot die distillasieapparaat te beheer kan die verblyftyd daarvan in die oond beheer word en sodoende kan die ladingsgrootte tussen sekere bedryfsgrense gewissel word.

#### **2.2.4.3.3.Materiaalkeuses**

Materiale wat algemeen in mikrogolfoepassings gebruik word is vir alle praktiese doeleindes mikrogolfdeurlaatbaar en sluit teflon, glas, ens. in (Kingston & Jassie, 1986). Sodanige materiale word slegs verhit deur geleiding en geen direkte mikrogolfenergieabsorpsie vind plaas nie. Termiese- (bv. maksimum toelaatbare bedryfstempere) en mikrogolfkarakteristieke van verskeie materiale is in die literatuur (Kingston & Jassie, 1988) beskikbaar. Bv., rubber absorbeer sekere oliekomponente en kan 'n negatiewe uitwerking hê op die kwaliteit van sommige olies (Franklin & Keyzer, 1962).

Die belangrikste materiaalkundige keuses t.o.v. die distillasieapparaat is die volgende: Die distillasiefles moet inert en korrosiebestand wees. Die beskikbaarheid, koste en diëlektriese eienskappe van glas dra daartoe by dat dit die algemeen gekose distillasieflesmateriaal is. 'n Glas-apparaat kan relatief maklik vervaardig word en variasies t.o.v. verskillende flesgeometrieë sou maklik ondersoek kon word.

Vlugtige molekules kan uit distillasieapparate en/of oonde verwyder word deur gebruikmaking van silikonrubberbuis. Hierdie metode van dampverwydering is reeds deeglik beproef (Terblanché, 1995). Verdampingsverliese vanuit die toerusting word beperk deurdat koppelings tussen bv. die kondensator en silikonrubber damplyn met bv. klampe versterk kan word.

#### 2.2.4.3.4. Materiaalvloeï

'n Basiese materiaalvloeïskema (getoon in Figuur 2.2.4.3.4.1.) is die volgende:

Vars (nie gehersirkuleerde) plantmateriaal word met oplosmiddel gemeng. Ter illustrasie sal water as oplosmiddel gebruik word. Die resulterende mengsel kan onder water gekerf word om olieverliese te beperk. Die gekerfde mengsel word tot die oond/distillasieapparaat toegevoer en vlugtige oliemolekules verwyder vanuit die plantmateriaal deur gebruikmaking van irradiasie.

Vlugtige molekules word buite die oond deur 'n kondensator gestuur waarna die olie- en watervloeïstoffsfasies toegelaat word om van mekaar te skei. Olie word m.b.v. 'n skeitregter of buret van die waterfase geskei en die afgedistilleerde waterfase kan gehersirkuleer word indien dit verlang word. Plantmateriaal, ontbloot van essensiële olie, en die waterfraksie wat die oond daarmee saam verlaat het word buite die oond geskei van mekaar. Die plantmateriaal word as afvalproduk weggedoen terwyl die waterfraksie gehersirkuleer kan word. Die afgedistilleerde waterfase en/of die waterfraksie verkry vanaf die plantmateriaaluitvloeï kan egter ook weggedoen word as afvalprodukte.

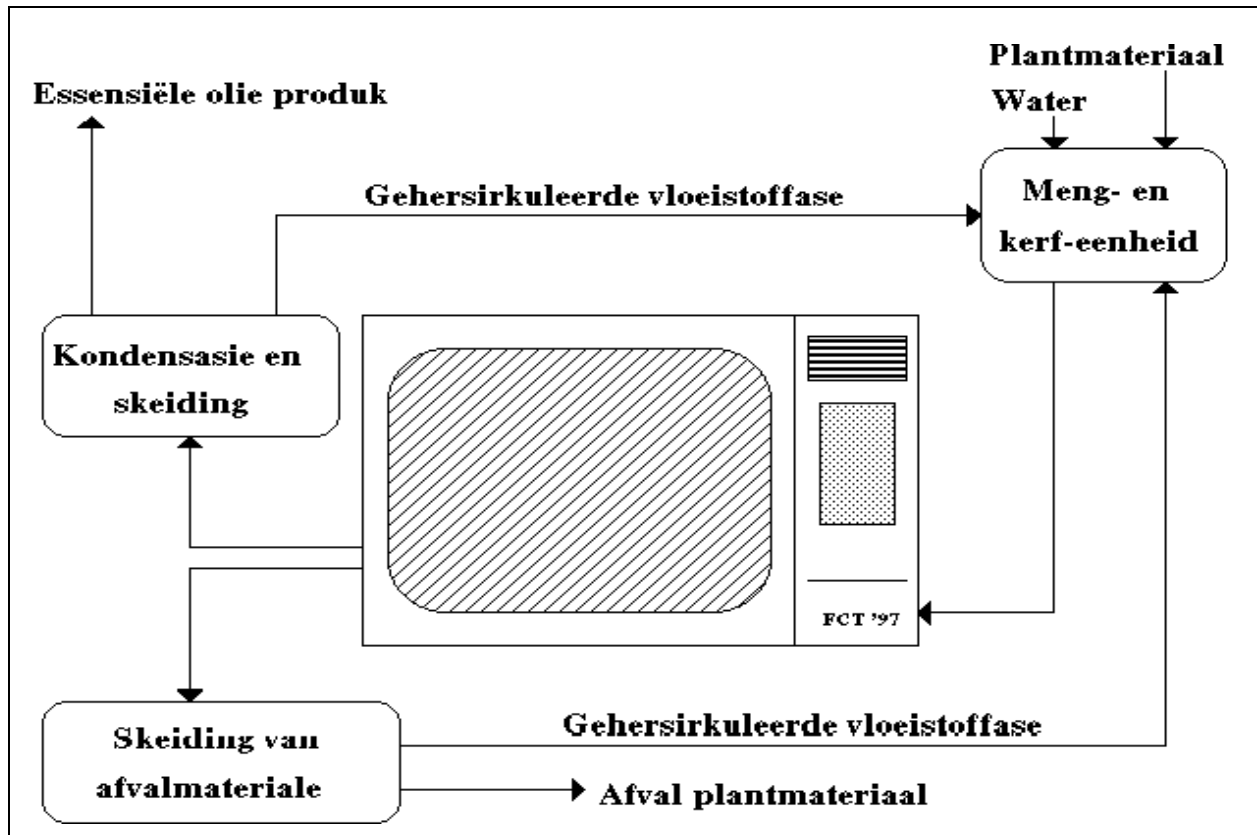
Indien die afgedistilleerde waterfase gehersirkuleer word kan die olie-opbrengs hoër wees as wanneer geen afgedistilleerde waterfase gehersirkuleer word nie, a.g.v. die volgende:

Die hidrofiliese karakter van sekere vlugtige molekules lei tot migrering daarvan na die waterfase (Van Eijk, 1994). Indien sodanige molekules in bv. *L. scaberrima* se essensiële olie aanwesig is, kan hulle van die waterfase skei indien hulle weer tot die oond toegevoer en geïrradieer word. Dit is moontlik dat klein druppeltjies olie saam met die waterfase gehersirkuleer word en die eindpunt van 'n distillasielopie is in sulke gevalle moeilik bepaalbaar (Kervin, Dwyer *et al.*, 1980). Die moontlikheid van oplosbaarheidsverliese kan dan nie buite rekening gelaat word nie (Franklin & Keyzer, 1962).

Vars plantmateriaal kan met vars water en/of gehersirkuleerde waterfasies saamgevoeg word

alvorens die mengsel gekerf word. Alhoewel die mengsel onder water gekerf word en hierdie keuse meer energie-intensief is as sonder water, word olieverliese tydens kerf van die materiaal op hierdie wyse grootliks beperk. Gekerfde materiaal kan toegevoer word tot die oond m.b.v. 'n pomp.

**Figuur 2.2.4.3.4.1. : Kontinue mikrogolfdistillasie materiaalvloeiskema**



#### 2.2.4.3.5. Veiligheid van personeel

'n Drukontlastingsklep kan ongekontroleerde uitstorting van kokende oplosmiddel en plantmateriaal in die oondruimte verhoed. Hierdie maatreël is nodig om die veiligheid van individue wat met die apparaat in aanraking is te verseker, sowel as om skade aan die toerusting te voorkom. Indien die druk binne-in die distillasieapparaat 'n te hoë waarde bereik gee 'n koppeling (die ontlastingsklep) spontaan mee (Terblanché, 1995).

Materiaaltoevoer tot en -verwydering vanuit die apparaat kan bewerkstellig word deur o.a. van afsnygolfgeleiding gebruik te maak omdat afsnygolfgeleiers die doeltreffendste metode van afskerming teen mikrogolfstralingslekkasies bied (Landman, 1990).

Twee tipes afsnygolfgeleiers bestaan nl. vas (bv. vlekvrystaal buise) of buigbaar (bv. tin-geplateerde kopervlegtings). Die konstruksie-ooreenkoms tussen die twee tipes afsnygolfgeleiers is dat beide geleidende metale is wat golfgeleidingsroetes vir straling in die vorm van buise verskaf (Kingston & Jassie, 1988). Die afsnygolfgeleier strek deur 'n opening in die oondwand en is geaard aan die wand van die oondruimte (Kingston & Jassie, 1986; Kingston & Jassie, 1988). Alle afsnygolfgeleiers moet geaard wees aan die oondruimtwand deurdat elektriese kontak tussen die afsnygolfgeleier en die oondwand bewerkstellig word ten einde elektriese gevare te voorkom. Afsnygolfgeleiers se diameters moet so klein as moontlik gehou word vir veiligheidsdoeleindes (Kingston & Jassie, 1988).

Nadat enige strukturele verandering aan 'n mikrogolfoond aangebring is moet die apparaat ondersoek word vir enige tekens van mikrogolfstralingslekkasies (Kingston & Jassie, 1986; Kingston & Jassie, 1988). Dit is veral die geval in die omgewing waar die oondruimte grootte moontlik verander is deurdat roetes vir mikrogolfstraling uit die oondruimte uit verskaf is (Kingston & Jassie, 1988).

Verdere besonderhede en diagramme rakende fisiese uitleg en konstruksie van voorbeelde van prototipe-apparate kan in hoofstuk 5 gevind word.

## **2.2.5. Benutting van *L. scaberrima* essensiële olie**

### **2.2.5.1. Inleiding**

Suid-Afrika beskik oor talryke plantspesies waarvan die essensiële olies moontlike kommersiële potensiaal besit (Van der Riet, 1933; Piprek, Graven *et al*, 1982; Graven, Gardner *et al*, 1986; Terblanché, 1995). So is daar reeds in 1932 meer as 15 kg boegoe-olie uit die R.S.A. uitgevoer (Van der Riet, 1933).



Geen toepassingsmoontlikhede hieronder genoem is eksperimenteel ondersoek nie ten einde te verhoed dat bemarking deel van die studie vorm. Kritiese evaluering van benuttingsopsies is wel uitgevoer.

### 2.2.5.2.Suid-Afrikaanse essensiële olies

In Tabel 2.2.5.2.1. word essensiële olies herwin in Suid-Afrika en gelewer aan die wêreldmark in 1984 gelys (Lawrence, 1985a).

**Tabel 2.2.5.2.1. : Suid-Afrikaanse essensiële olies gelewer aan die wêreldmark gedurende 1984**

Essensiële olie	Opmerking(s)
<i>Artemisia afra</i> <sup>1</sup>	Ook genoem lanyana olie. Word gebruik as absint olie plaasvervanger.
Boegoe <sup>1</sup>	Ca. 800 kg geproduseer.
<i>Eriocephalus</i> <sup>1</sup>	Geen verdere inligting beskikbaar nie.
<i>Eucalyptus</i> (Sineool tipe)	Produksie was 400 ton in Suid-Afrika.
<i>Eucalyptus macarthuri</i>	Saam met Australië die enigste verskaffers.
<i>Hkalea/galjea</i> <sup>1</sup>	Minder as 100 kg geproduseer.
Jasmyn	Ca. 500 kg geproduseer.
Kakiebos	Suid-Afrika is een van die grootste produsente in die wêreld.
Kosmos <sup>1</sup>	Minder as 100 kg geproduseer.
Leribe <sup>1</sup>	Geen verdere inligting beskikbaar nie.
<i>Pteronia</i> <sup>1</sup>	Geen verdere inligting beskikbaar nie.
Verskeie <sup>2</sup>	Minimale hoeveelheid geproduseer t.o.v. die totale wêreldmark.

- Notas:
- (1) Essensiële olies wat slegs in Suid-Afrika geproduseer is en waarvan Suid-Afrika verantwoordelik is vir die totale wêreldproduksie.
  - (2) Olies wat in minimale hoeveelhede in Suid-Afrika geproduseer is en

slegs 'n klein bydrae tot die wêreldmark gelewer het, is: dragon, gemmer, *geranium*, koljander, kruisement, laventel, lemoen, marjolein, nartjie, pietersielie, pomelo en roos.

*L. scaberrima* olie kan dus 'n bydrae lewer tot die essensiële oliebedryf in Suid-Afrika.

### **2.2.5.3. Antimikrobiese aktiwiteit**

Met die huidige oplewing in die verkope en aanwending van medisyne van botaniese oorsprong (Rawls, 1996) raak die benutting en ekstrahering van o.a. essensiële olies al hoe belangriker.

#### **2.2.5.3.1. Antimikrobiese aktiwiteit van *Lippia* spesies essensiële olies**

- Die essensiële olie van *Lippia adoënsis* toon dosisafhanklike toksisiteit teen *Sitophilus zeamais*, die mieliekalander, sowel as ander peste (Odeyemi, 1993).
- 'n Etanol ekstrak van *Lippia alba* toon antivirale aktiwiteit teen *Herpes simplex* tipe 1 (Abad, Bermejo *et al*, 1997).
- T.o.v. elf essensiële olies se antifungale aktiwiteit teen verskeie suikerriet patogene, is *Lippia alba* olie as mees effektief gevind. Dit was selfs meer effektief as sintetiese kommersiële produkte. *Lippia alba* olie was termies stabiel en die fungitoksiteit daarvan het onveranderd gebly selfs nadat dit gestoor was vir 300 dae by 4°C (277 K) (Singh, Rao *et al*, 1998).
- 'n Etanol ekstrak van *Lippia chevalieri* Moldenke toon antibakteriële aktiwiteit teen *Neisseria gonorrhoeae* (Silva, Ferreira *et al*, 1997).
- *Lippia citriodora* Kunt. olie toon antimikotiese aktiwiteit teen *Microsporum canis*, *M. gypseum*, *Tricophytum mentagrophytes* en *Candida albicans* (Guarrera, Leporatti *et al*, 1995).
- *Lippia gracilis* H.B. et K. olie toon antimikrobiese aktiwiteit teen *Candida albicans*, *C. tropicalis*, *Staphylococcus epidermis*, *S. aureus*, *E. coli* en *Bacillus cereus* (Lemos, Monte *et al*, 1992).
- *Lippia junelliana* (Mold.) en *Lippia polystachya* Gris. essensiële olies toon genoegsame

antifungale aktiwiteit teen *Alternaria solani*, *Sclerotium cepivorum* en *Colletotrichum coccodes* om as kommersiële fungisiedes ondersoek te word (Zygadlo & Grosso, 1995).

- *Lippia microphylla* Cham. olie toon antimikrobiese aktiwiteit teen *Staphylococcus epidermis*, *S. aureus* en *Bacillus cereus* (Lemos, Monte *et al*, 1992).
- In die essensiële olie van *Lippia multiflora* is verbindings wat oor antimalaria-aktiwiteit beskik (Valentin, Pelissier *et al*, 1995).
- Die essensiële olies van *Lippia multiflora* (Koumaglo, Akpagana *et al*, 1996) en *Lippia adoënsis* (Gbolade & Adebayo, 1993) beskik verder oor insekdodende vermoë teen *Callosobruchus maculatus* Fab. op 'n dosisafhanklike wyse.
- *Lippia multiflora* olie is bakterie- en fungidodend. 'n Studie is uitgevoer om plantdele in verband te bring met spesifieke oliekomponente sowel as die voorkoms van sodanige oliekomponente in die plantdele t.o.v. seisoenale wisseling (Silou & Ouamba, 1992).
- *Lippia nodiflora* olie beskik oor potensiaal as moontlike insekdoder teen *Spodoptera litura* (Suryakala & Thakur, 1997).
- Die essensiële olies van *Lippia carviadora*, *L. dauensis*, *L. grandifolia*, *L. javanica*, *L. somalensis*, *L. ukambensis* en *L. wilmsii* is geëvalueer teen 13 bekende mikroörganismes en minimum inhibitoriese konsentrasies bepaal. Die studie het aangetoon dat veral *L. javanica* en *L. grandifolia* olies potensiaal toon om benut te word as natuurlike fungisiedes (Mwangi, Njonge *et al*, 1994).
- Agt *Lippia* spesies se essensiële olie aktiwiteit is geëvalueer teen *Sitophilus zeamais* en vergelyk met dié van 'n kommersiële fungisiede (Mwangi, Addae-Mensah *et al*, 1992).

#### **2.2.5.3.2. Antimikrobiese aktiwiteit van *L. scaberrima* essensiële olie**

Die antifungale aktiwiteit van *L. scaberrima* olie teen verskeie *Candida* spesies is bepaal as 1300 d.p.m. in vloeistofmedium maar mag selfs laer wees omrede geen antifungale toetse by laer konsentrasies uitgevoer is nie (Terblanché, 1995: 97). Die verdere benutting van die olie sal behels die vervaardiging van bv. 'n mondspoelmiddel en kliniese evaluering daarvan. A.g.v. die omvangrykheid van sodanige onderneming val dit buite die bestek van hierdie studie.

In die literatuur is 119 essensiële oliekomponente se antibakteriële aktiwiteit opgesom, sowel as

83 bakterieë se gevoeligheid teenoor sekere oliekomponente (Terblanché & Kornelius, 2000). Deur oliekomponente reeds geïdentifiseer in *L. scaberrima* (Terblanché, 1995) sowel as die ooreenkomstige konsentrasies waarin sodanige komponente voorkom te neem kan die antibakteriële potensiaal van *L. scaberrima* olie t.o.v. verskeie organismes bereken word. Indien bepaal wil word of *L. scaberrima* olie 'n sekere bakterie sal inhibeer/dood, kan daar weer m.b.v. bg. literatuurbron getoets word of bekende oliekomponente wat die spesifieke organisme inhibeer/dood, nie in die takson gevind word nie.

Voorbeelde van kommersieel haalbare produkte waarin *L. scaberrima* olie 'n samestellende komponent kan vorm a.g.v. die aseptiese potensiaal daarvan sluit die volgende in:

- Antiseptiese middels.
- 'n Mondspoelmiddel vir aanwending teen *Candida albicans* (Terblanché, 1995) infeksies kan klinies geëvalueer en as farmakologiese geneesmiddel geregistreer word. 'n Room vir topikale vaginale aanwending kan ook vervaardig en bemark word.

'n Mondspoelmiddel met *Lippia multiflora* olie as samestellende komponent is berei as volg (Pélissier, Marion *et al*, 1994):

Essensiële olie	0.2 ml
Sitroensuur	0.6 g
Natriumsakkarien	0.4 g
Metielsalisilaat	0.15 g
Tween 80	5 g
Etanol (75%)	5 ml
Water q.s.p.	100 ml

Bg. mondspoelmiddel is aan kliniese proewe onderwerp in Frankryk sowel as die Ivoorkus en die resultate was só gunstig dat verdere ontwikkeling vir grootskaalse toepassing daarvan beplan is. Die essensiële olie en mondspoelmiddel is antimikrobies geëvalueer teen 'n verskeidenheid patogene organismes en minimum bakteriedodende

konsentrasies verkry teen o.a. die volgende organismes: Streptokokke (1/1400), stafilokokke (1/1400), enterobakterieë (1/800), neisseria (1/800) en candida (1/600). Die syfers tussen hakies dui essensiële olie verdunnings aan. Die verhouding bakteriododende tot bakteriostatiese waardes vir die olie het gewissel tussen 1.44 en 1.66. Dus is die bakteriostatiese en bakteriododende waardes baie na aan mekaar. (Meer olie word benodig om die organismes dood te maak en nie net bloot te inhibeer nie.) Al die geïsoleerde mikroörganismes van die bukkale flora was sensitief vir die mondspoelmiddel alleen of as dit met 50% verdun is. Die mondspoelmiddel kan gevolglik gebruik word 50% verdun tot onverdun.

*Lippia multiflora* essensiële olie en mondspoelmiddel toksisiteitsbepalings deur gebruikmaking van proefdiere (muise en rotte) kon geen LD<sub>50</sub> bepaal nie. (Die LD<sub>50</sub> waarde is die vlak van toediening van middels waar 50% van die proefpopulasie sterf.) Vir beide die essensiële olie en die mondspoelmiddel is geen mortaliteit aangeteken vir enige van die proefdiere of met enige toedieningswyse nie, selfs nie eers by doserings van 1 g olie per kg liggaamsmassa nie (Pélissier, Marion *et al*, 1994) !

- As preserveermiddel vir o.a. voedsel.
- Antimikrobiese lugversuiweraars.
- Die olie kan as oplossing in etanol (of onverdun) bemark word teen bv. skrape en snye soos wat teeboom (*Melaleuca alternifolia*) olie te koop is in supermarkte in Australië.

#### **2.2.5.4. Ander potensiële gebruike van *L. scaberrima* essensiële olie**

Die essensiële olie afkomstig vanaf *L. scaberrima* staan sentraal tot verskeie potensiële gebruike van die plant, en dit mag derhalwe ekonomies belangrik wees in die toekoms a.g.v. benutting daarvan as samestellende komponent in die volgende:

- Lugverfrisserformulerings.
- Handreiniger- en algemene skoonmaakmiddelformulerings.
- Skoonheids- en versorgprodukte vir die gesondheidsbewuste, t.w. room, salf, vogmiddels, sjampoe, tandepasta, ens. *Lippia citriodora* geniet aansienlike gebruik in die

kosmetiese bedryf veral as komponent van room en sjampoe (Nunes, Camoes *et al*, 1997).

- 'n Oplossing waarin hout- en keramiek eetgerei geweek word om 'n skoon, vars geur daaraan te verleen.
- Gedroogde blare en/of blomhofies of die olie kan toegevoeg word as smaak- of geurmiddel vir koffie, botter, roomkaas en vleisgeregte.
- Tans is daar 'n oplewing in die gebruik van meer natuurlike geur- en smaakmiddels. Dit is deels te wyte aan wetgewing, bv. in die V.S.A. mag slegs essensiële olies, vrugtesapkonsentrate en natuurlike aroma chemikalieë gebruik word as 'n produk die woord "natuurlike" op die etiket vertoon. Gevolglik styg die aanvraag na natuurlike geur- en smaakmiddels voortdurend.

Een bron waar sodanige natuurlike chemikalieë verkry kan word is ongewone/onbekende essensiële olies. Hierdie benutting van sodanige olies is veral belangrik as die plant waaruit die olie verkry word gekweek kan word. Verskeie essensiële oliekomponente is gelys (sowel as ongewone olies waaruit dit verkry kan word) wat ekonomies belangrik is en waarvoor plaasvervangers kommersieel gesoek word (Lawrence, 1985b). Só is ondersoek ingestel na die moontlikheid dat *Lippia alba* N.E.Br. essensiële olie as plaasvervanger kan dien vir rooshout olie, sowel as moontlike bron van linaloöl (Frighetto, De Oliveira *et al*, 1998).

*L. scaberrima* voldoen aan die genoemde vereistes en kan as bron van o.a. sineool dien; 'n komponent wat reeds daarin geïdentifiseer is in genoegsame hoeveelhede. Ander oliekomponente wat daarin voorkom en waarvan dit 'n bron kan wees is limoneen, endo-borneol, ens. (Terblanché, 1995).

- Al hoe meer gebruike vir essensiële olies word gevind bv. benutting van oliekomponente as natuurlike antioksidante is *in vitro* geëvalueer (Dorman, Deans *et al*, 1995). Essensiële oliekomponente wat benut kan word as natuurlike antioksidante en wat reeds in die essensiële olie van *L. scaberrima* geïdentifiseer is sluit  $\alpha$ - en  $\beta$ -pineen,  $\alpha$ -terpineol, gamma-terpineen, fellandreen, kariofilleen, sineool, sabineen, mirseen, limoneen, linaloöl, kamfeen en borneol in (Dorman, Deans *et al*, 1995; Terblanché, 1995: 81–82).

Dit bevestig die steeds groeiende aanvraag na voorheen onbekende of onbenutte essensiële olies en die medisinale moontlikhede van *L. scaberrima* olie moet deeglik bepaal word.

- Dit kan vermeng word saam met ander welriekende verbindings in die parfuumbedryf.
- As komponent van insekafweermiddels teen bv. muskiete. Hierdie is 'n algemene gebruik van *Lippia* spesies bv. *L. scaberrima* (Terblanché, 1995), *Lippia oatesii* Rolfe (Watt & Breyer-Brandwijk, 1962) en *Lippia multiflora* (Noamesi, Adebayo *et al*, 1985b).

Die ander Suid-Afrikaanse *Lippia* spesies kan bestudeer word om te bepaal of sodanige olies nie meer/ook geskik sal wees vir bg. toepassings nie.



## 2.3. Teevervaardiging

### 2.3.1. Inleiding

As verdere voorbeeld van die ekonomiese potensiaal van *L. scaberrima* is 'n geskikte vervaardigingsmetode vir die bereiding van tee ontwikkel. Tee berei van hierdie plant word tradisioneel veral deur Tswanas en Blankes geniet (Terblanché, 1995).

Die literatuuroorsig word hanteer met besondere klem op kruietee's en suksesvolle inheemse Suid-Afrikaanse tee's soos Rooibostee. Inligting só beoordeel is van meer nut vir die doel van hierdie studie as 'n in diepte oorsig oor swart tee, afkomstig van 'n plant wat nie inheems aan Suid-Afrika is nie en waarvan die kommersiële benutting alreeds eeue oud is.

Kruietee's word betrek omdat vele aspekte soos die bemarking en vervaardiging daarvan veel eerder van toepassing is op *L. scaberrima* tee as bv. swart tee. Swart tee word egter volledigheidshalwe genoem en deels bespreek.

'n Oorsig van die gepubliseerde literatuur wat net bv. kruietee toksisiteit sal aanspreek (Ridker, 1989; Manteiga, Park *et al*, 1997) sal boekdele in beslag neem. Soortgelyk kan die leser maklik verswelg raak in die literatuur wat net 'n enkele aspek aanspreek van Rooibostee, bv. die prosessering daarvan onder gekontroleerde toestande (Joubert, 1994). Die oorsig van literatuur in hierdie deel van die studie is daarom as volg hanteer:

*L. scaberrima* word beskou as moontlike bron vir 'n nuwe (kruie)tee en lesse geleer uit soortgelyke ondernemingspogings is van besondere waarde. Riglyne wil ingewin word oor bv. die metodiek wat gevolg kan word om 'n suksesvolle vervaardigingsproses vir *Lippia* tee daar te stel, en die voor die hand liggende oplossing is om suksesvolle kruietee's en Suid-Afrikaanse tee's te bestudeer en dan die verskillende vervaardigingsmetodes op die proef te stel. Geen in diepte bespreking betreffende enige enkele aspek van swart tee, Rooibostee, ens. word daarom hier uitgevoer nie. Daar is eerder gepoog om 'n oorsig van die totale teebedryf te kry sodat riglyne daargestel kan word waarvolgens ontwikkeling van *L. scaberrima* as moontlike bron van

'n tee kan geskied. Aspekte van belang by teevervaardiging, -bemarking, -sensoriere evaluering, ens. is ingewin deur toepaslike inligting betreffende verskillende tee's te evalueer. Sg. word heelwat aandag bestee aan bv. die bemarkingsopsies van kruietees, omdat dit die logiese volgende stap vir *L. scaberrima* tee is nadat 'n vervaardigingsproses geïdentifiseer is.

### 2.3.2.Historiese oorsig

Verskeie *Lippia* Houst. spesies word oor die wêreld heen tradisioneel as tee benut, soos getoon in Tabel 2.3.2.1.

**Tabel 2.3.2.1. : *Lippia* Houst. spesies as tee gebruik**

Spesie	Gebied waar benut as tee
<i>L. carviadora</i> Meikle	Somalië <sup>1</sup>
<i>L. citriadora</i> Kunth.	Regdeur Afrika <sup>2</sup>
<i>L. dulcis</i> Trev.	Toluca, Meksiko <sup>3</sup>
<i>L. javanica</i> (Burm. F.) Spreng.	Suid-Afrika <sup>4,5</sup>
<i>L. multiflora</i> Moldenke	Wes- en Sentraal Afrika <sup>6,7</sup>
<i>L. pseudo-thea</i> Schau.	Brasilië <sup>8</sup>
<i>L. scaberrima</i> Sond.	Suid-Afrika <sup>9</sup> en Botswana <sup>10</sup>
<i>L. turbinata</i> Griseb.	Argentinië <sup>11</sup>

- Notas:
- (1) Volgens Demissew (1993).
  - (2) Volgens Thonner (1915) en Van Wijk (1986).
  - (3) Volgens Compadre, Robbins *et al* (1986).
  - (4) Volgens Watt & Breyer-Brandwijk (1962), Palmer (1985) en Van Wijk (1986).
  - (5) Sinonieme is "fever tea" en koorsteebossie wat die gebruik as tee beklemtoon (Palmer, 1985: 136; Hutchings, 1996).

(6) Volgens Noamesi, Adebayo *et al* (1985a), Lamaty, Menut *et al* (1990), Pélissier, Marion *et al* (1994) en Koumaglo, Akpagana *et al* (1996).

(7) Word bemark onder die handelsnaam "Gambia Tea" (Lamaty, Menut *et al*, 1990; Pélissier, Marion *et al*, 1994; Koumaglo, Akpagana *et al*, 1996).

(8) Volgens Grieve (1967) en Hedrick (1972).

(9) Volgens Fox & Norwood Young (1982) en Terblanché (1995).

(10) Vervaardig en bemark onder die handelsnaam Mosukudu/Mosukujane Tea deur die Thusano Lefatsheng Trust, Privaatsak 00251, Gaborone, Botswana.

Tel. no. (267) 399170

Faks. no. (267) 399171

(11) Volgens Lagrotteria & Lozada (1993).

### **2.3.3.Antioksidante**

#### **2.3.3.1.Inleiding**

Aandag word aan antioksidante en die werkingswyse daarvan gegee omrede dit 'n belangrike rol speel tydens bemarking van voedsel en tee. Só belangrik word antioksidante geag dat dit selfs as moontlike verklaring aangebied is vir die gesondheidsbevorderende eienskappe van Rooibostee (Joubert & Ferreira, 1996).

Een van die belangrikste veranderings teweeg gebring deur voedsel prosesseringstappe is oksidasie. Lipiedoksidasie lei tot veranderinge in voedingsgehalte, veiligheid, kleur, geur en tekstuur. Antioksidante beskerm voedselkwaliteit deur oksidatiewe afbraak van lipiede te voorkom (Shahidi, Janitha *et al*, 1992).

Die liggaam self produseer ook verbindings wat oor antioksidant aktiwiteit beskik bv. uriensuur en bilirubien (Namiki, 1990).



### 2.3.3.2. Auto-oksidasie

Auto-oksidasie is die natuurlike proses waar molekulêre suurstof met onversadigde lipiede in die omgewing reageer. Dit kan teengegaan word deur vakuumverpakking, verpakking onder inerte gas, verkoeling of bevriesing sowel as byvoeging van antioksidante. Sodanige byvoeging verleng die rakleef tyd, verminder produksieverliese en gaan voedingswaardevermindering teen. Antioksidante word gevolglik gereken as verbindings wat auto-oksidasie vertraag, verminder of selfs totaal blokkeer (Shahidi, Janitha *et al*, 1992).

### 2.3.3.3. Meganisme van werking van antioksidante

Antioksidante meng in met oksidasie deur te reageer met vry radikale, katalitiese metale te cheleer en vry suurstofradikale op te ruim (Shahidi, Janitha *et al*, 1992).  $\beta$ -Karoteen en tokoferols elimineer enkelsuurstof ( $^1\text{O}_2$ ) terwyl sitroënsuur en askorbiensuur metaalione wat peroksidasie kataliseer onderdruk (Namiki, 1990).

Vry suurstofradikale veroorsaak funksionele skade in die mens en dien as snellers vir mutagenese, karsinogenese, sirkulatoriese versteurings en veroudering. Aktiewe suurstofspesies word egter ook in die liggaam benodig vir o.a. prostaglandien biosintese en antibakteriële sellulêre aktiwiteite (Namiki, 1990).

Lipiedperoksidasie word vernet deur onversadigde vetsure, aktiewe suurstof, swaar metaalione, lig, sommige kleurmiddels, bestraling, verhitting, hoë voginhoud en lipoksigenase (Namiki, 1990).

#### 2.3.3.4. Antioksidante in voedsel

Om die maksimum voordeel uit antioksidante te verkry moet dit so vroeg as moontlik gedurende voedselprosessering toegevoeg word, of in die produk aanwesig wees. Natuurlike antioksidante kom óf voor in die produk óf word gevorm tydens prosessering. Natuurlike antioksidante is hoofsaaklik polifenoliese verbindings wat in verskeie plantdele kan voorkom; en sluit o.a. flavonoïede, tokoferols, kumariene, askorbiensuur, karotenoïede en kaneelsuur derivate in (Namiki, 1990; Shahidi, Janitha *et al*, 1992; Vinson, Dabbagh *et al*, 1995). Die meerderheid natuurlike antioksidante word eers effektief as hulle deel vorm van spesifieke antioksidatiewe sisteme, en dan d.m.v. sinergisme (Namiki, 1990).

Verskeie natuurlike antioksidante word kommersieel herwin vanuit plante. Voorbeelde van natuurlike bronne van antioksidante is sojaboon (*Glycine max* L.), grondboontjies (*Arachis hypogea*), katoensaad (*Gossypium hirsutum*), mosterd, canola, rys (*Oryza sativa* Linn.), sesamsaad (*Sesamum indicum* L.), swart tee katesjols, roosmaryn (*Rosmarinus officinalis* L.), salie (*Salvia officinalis* L.), origanum (*Origanum vulgare* L.), tiemie, basiliekruid, rooi soetrissie, swartpeper, borrie (*Curcuma longa* L.), olyf, ui (*Allium cepa* L.), patats (*Iopomea batatas*), hawer (*Avena sativa* L.) sowel as die rook afkomstig van sekere houtsoorte wat gebruik word om kos te berook (Namiki, 1990; Shahidi, Janitha *et al*, 1992).

'n Lys van moontlike bronne van natuurlike antioksidante is in die literatuur (Namiki, 1990) beskikbaar. Bv., plantsade (veral in plantolie produserende plante) moet noukeurig beskerm word teen oksidasie voor ontkieming en beskik derhalwe oor effektiewe antioksidante. Dit verklaar deels die antioksidantwaarde van bv. grondboontjies.

Voordat 'n natuurlike antioksidant as byvoeging gemaak kan word in voedsel moet die veiligheid en toksikologiese profiel daarvan in langtermyn dieremodelstudies bestudeer word (Shahidi, Janitha *et al*, 1992).

#### 2.3.3.5. Antioksidante van belang by teevervaardiging

Omdat elke plantspesie oor 'n unieke chemiese samestelling beskik sal die antioksidatiewe werking daarvan individueel bepaal moet word nadat die gekose prosesseringstappe daarop uitgevoer is. Só is bv. swart tee (Namiki, 1990; Shahidi, Janitha *et al*, 1992) en Rooibostee (Joubert & Ferreira, 1996) se antioksidatiewe uitwerkings reeds deeglik nagevors.

Flavonoïede verteenwoordig die mees kragtige antioksidatiewe komponente t.o.v. plant fenoliese verbindings (Shahidi, Janitha *et al*, 1992). Flavonoïede kom natuurlik voor in vrugte, groente, wyn en tee (Hertog, Feskens *et al*, 1993). Van al die flavonoïede en flavonoïed-verwante verbindings, is die flavanols gevind in tee die mees kragtige natuurlike antioksidante (Vinson, Dabbagh *et al*, 1995).

*In vitro* verminder flavonoïede die oksidasie van lae digtheid lipoproteïen (LDL) en dus trombotiese neigings. Die inname van swart tee is gevolglik aangetoon as om 'n omgekeerde verband te hê met koronêre hartvatsiekte mortaliteit. Flavonoïede op gereelde basis ingeneem d.m.v. kos mag die risiko van sterfte aan koronêre hartvatsiektes verminder in bejaarde mans (Hertog, Feskens *et al*, 1993).

Tanniene se fisiologiese rol in plante is nog nie na behore uitgeklaar nie, maar op grond van hulle polifenoliese struktuur word hulle as antioksidatief aanvaar. Esters van gallusuur, die hoofstruktuur van tanniene, is in algemene gebruik as voedselantioksidante (Namiki, 1990).

Die sosiale behoefte vir veilige geredelik beskikbare antioksidante sal bly voortbestaan, t.s.v. tegnologiese vooruitgang, so lank as wat vars produkte (soos tee) benut wil word en daar onderontwikkelde areas bestaan (Namiki, 1990).

### **2.3.4.Swart tee**

#### **2.3.4.1.Inleiding**

Tegnies verwys die woord "tee" na die plant *Camellia sinensis* en die produk(te) afkomstig van die gedroogde blare daarvan. Tee's wat dus nie *Camellia sinensis* bevat nie, is streng gesproke

nie tee nie en word ook nie as tee deur hande lsgroepe geklassifiseer nie (Ramaswami, 1992).

Die mees akkurate beskrywing vir ander "tee's" is waarskynlik die Franse woord vir kruiedranke, nl. tisanes. Die woord tisane is afkomstig van die Latynse ptisana, wat in vroër tye verwys het na 'n drankie gemaak van uitgedopte gars (Ramaswami, 1992).

#### **2.3.4.2. Vervaardiging van swart tee**

Tee is oorspronklik afkomstig van China, en is een van die oudste drankte aan die mens bekend (Yen & Chen, 1994). Naas water, is dit die drank wat die meeste deur die mens genuttig word en verbouing daarvan word in meer as 30 lande uitgevoer (Katiyar & Mukhtar, 1996).

'n Verskeidenheid prosesseringsmetodes het met verloop van tyd ontwikkel, en elkeen lewer 'n unieke samestelling en smaakkombinasie tee (Yen & Chen, 1994). Gevolglik sal wisseling in die verskillende produksieveranderlikes betrokke tydens vervaardiging van *Lippia* tee lei tot vervaardiging van verskeie unieke produkte. Een van die belangrikste aspekte betrokke by *L. scaberrima* tee vervaardiging is daarom om ten minste een vervaardigingsmetode te identifiseer wat 'n aanvaarbare produk lewer.

Swart tee vervaardigers is trots op die feit dat die chemie betrokke by produkte afkomstig van *Camellia sinensis* bekend is en reeds genoegsaam ontwikkel is. Hierdie feit word gebruik om kruietee vervaardigers te kritiseer a.g.v. die gebrek aan kennis wat bestaan rondom die chemie van plante wat kruietees lewer, sowel as reguleringsgebreke rondom verskeie aspekte wat kruietee's raak (Ramaswami, 1992).

Verskeie gedetailleerde vervaardigingsaspekte betreffende groen tee, deels gefermenteerde tee (oolongtee) (Takeo, 1992) sowel as swart tee (Hampton, 1992) is in die literatuur beskikbaar en word slegs oorsigtelik hier hanteer.

Sowat  $2.5 \times 10^6$  metrieke ton droë tee word jaarliks vervaardig. Hiervan is sowat 25 % groen tee en 2 % Oolongtee. Groen tee word hoofsaaklik geproduseer in China, Japan, Indië, Noord-Afrika



en die Midde-Ooste. Oolongtee is beperk tot die Suidooste van China en Taiwan. Swart tee verteenwoordig dus ca. 75 % van die wêreldmark (Katiyar & Mukhtar, 1996).

Die samestelling van die tee is afhanklik van o.a. die heersende klimaatstoestand, landboukundige praktyke, plantfaktore soos kultivar en ouderdom sowel as die posisie van die spesifieke blare gebruik op die plant (Katiyar & Mukhtar, 1996).

Groen tee word as volg vervaardig: Die blare word gepluk, ensieme daarin aanwesig vinnig geïnaktiveer deur stoom, lugdroging by hoë temperatuur of deur dit op verhitte panne te plaas. Gedurende die finale drogingstap word nuwe geurkomponente gevorm wat die karakteristieke smaak aan die tee verleen. T.o.v. die hoof samestellende komponente stem groen tee ooreen met die samestelling van die vars blare (Katiyar & Mukhtar, 1996).

Gedurende oolongtee vervaardiging word oksidasie vir 'n kort tydperk wel toegelaat. Normale oolongtee word beskou as om halfpad gefermenteer te wees in vergelyking met swart tee. Die samestelling van oolongtee lê daarom tussen dié van groen en swart tee (Katiyar & Mukhtar, 1996).

Die prosesstappe vir swart tee vervaardiging is plukking, verlepning, fyn verdeling bv. opkapping en laastens droging. Deur die plantmateriaal te laat verlep word die blare meer vatbaar vir opkapping gelaat. Oksidasie word gewoonlik toegelaat vir 45 tot 90 minute, waartydens katesjols omgeskakel word na teaflaviene en tearubigiene. Lg. twee groepe verbindings is verantwoordelik vir die karakteristieke kleur en smaak van swart tee (Katiyar & Mukhtar, 1996).

#### **2.3.4.3. Bemaking**

Teeverbruik is nie naastebly uniform nie. Groot segmente van die wêreldbevolking nuttig geen tee nie. Teeverbruik wissel tussen lande sowel as in gegewe populasies, en tussen geen tee gebruik tot meer as 20 koppies genuttig per dag per individu. Die wêreldwye per capita gebruik is sowat 120 ml per dag (Katiyar & Mukhtar, 1996).

Bg. feite dien ter illustrasie dat, vir die bemerking van *L. scaberrima* tee, teikenpopulasies geïdentifiseer moet word. Dit dien bv. geen doel om 'n nuwe tee soos *L. scaberrima* tee te probeer bemark in 'n gemeenskap wat nie eers swart tee of enige kruietee nuttig nie.

#### **2.3.4.4.Sensoriese evaluering**

Die kwaliteit van swart tee word gekoppel aan die verbinding teaflavien (Joubert, 1990b). Die sensoriese evaluering van swart tee is kompleks en verfyn tot 'n mengsel tussen kuns en die wetenskap. Dit word nie hier bespreek nie omdat die verbruiker van *Lippia* tee die finale beoordeelaar sal wees t.o.v. die sensoriese kwaliteit daarvan. Sodanige verbruiker nuttig nie noodwendig eers swart tee nie. Voordat die verbruiker die tee kan evalueer moet daar eers op 'n geskikte vervaardigingsmetode besluit word.

Verder is sensoriese evalueringmetodes en die veranderlikes geëvalueer by swart tee vervaardiging nie noodwendig van toepassing op *Lippia* tee nie en mag dit die studie selfs in 'n verkeerde rigting stuur. Bv., om *Lippia* tee op hierdie stadium alreeds te evalueer vir bv. soet-, bitter- of vars- onder- of botone t.o.v. die geur daarvan, sal die studie onnodig komplekseer. Daar moet veel eerder besluit word op 'n totale indruk t.o.v. die geur van *Lippia scaberrima* tee alvorens verfyning aan die geur aangebring wil word. Verdere motivering vir hierdie stelling is dat daar huidiglik steeds sensoriese evaluering en verfyning plaasvind vir swart tee, Rooibostee, ens. en dat die sensoriese kwaliteitsbepaling en -verbetering van tee daarom nie eindig as die produk bemark word nie.

Wat egter wel belangrik is, is dat die veranderlikes geur, kleur en smaak vir *Lippia* tee in verband gebring moet word met verskillende vervaardigingsmetodes.

#### **2.3.4.5.Gesondheidsaspekte van swart tee**

Swart tee katesjols se antioksidatiewe werking is genoem in paragraaf 2.3.3.4. en die werking hiervan is reeds deeglik bestudeer en in die literatuur beskikbaar (Namiki, 1990; Shahidi, Janitha

*et al*, 1992). Groen tee se antioksidatiewe werking is ook beskikbaar in die literatuur (Namiki, 1990).

Dit is bekend dat swart tee 'n hoë konsentrasie oksalate bevat. Die inname daarvan sonder melk is aangetoon om te lei tot verhoogde urinêre oksalaat konsentrasies. Dit mag derhalwe 'n predisponerende faktor wees by die vorming van kalsiumoksalaat nierstene. Verskeie kruietees (met lae konsentrasies oksalate) kan aanbeveel word vir pasiënte met 'n geneigdheid om kalsiumoksalaat nierstene te vorm (McKay, Seviour *et al*, 1995).

Die magdom positiewe fisiologiese uitwerkings van swart tee is reeds deeglik bestudeer en gedokumenteer (Yen & Chen, 1994; Katiyar & Mukhtar, 1996). Boeke wat hierdie onderwerp deeglik aanspreek en in totaliteit aan die onderwerp gewy is, is beskikbaar (Mitsui Norin, 1995). A.g.v. die omvangrykheid en wyd uiteenlopende aard van sodanige uitwerkings sal dit nie hier bespreek word nie.

### **2.3.5.Rooibostee**

#### **2.3.5.1.Inleiding**

Rooibostee is 'n inheemse Suid-Afrikaanse tee, vervaardig vanuit *Aspalathus linearis*. *A. linearis* kom veral voor rondom die Sederberge en in 1990 in ca. 14000 hektaar daarvan verbou deur ongeveer 300 produsente. In 1990 was die marksegment daarvan 16% en uitvoere het 432 000 kg beloop (Joubert, 1990a; Joubert, 1991).

#### **2.3.5.2.Vervaardiging van Rooibostee**

Piekproduksie (tot en met 1990) was  $6.7 \times 10^6$  kg in 1984. Daar is meer tee geproduseer as wat die plaaslike mark vereis, ten einde tee reserwes daar te stel. Reserwes is nodig om in tye van skaarste aan markte gelewer te kan word omrede Suid-Afrika die enigste gebied is waar die tee verbou word (Joubert, 1991).

Die tee word as volg vervaardig: Blare word gesny in 5 mm lengtes, gerol en gefermenteer deur die blare se ensieme waarna sondroging volg. Hierdie proses is sg. aan swart- en oolongtee vervaardiging (Kawakami, Kobayashi *et al*, 1993).

Produksieveranderlikes soos fermentasie- en drogingstemperatuur het 'n invloed op tee kwaliteit. Die kwaliteit verbeter met toenemende fermentasietemperatuur maar verlaag met 'n verhoging in drogingstemperatuur. Ook bevat songedroogde tee minder chlorofil as teeblare gedroog onder gekontroleerde omstandighede. Droging onder gekontroleerde toestande het nie die tee kwaliteit nadelig beïnvloed (in vergelyking met sondroging) nie (Joubert, 1997). Hierdie feite toon aan dat navorsing met gevolglike produkverbetering deurentyd toegepas word, selfs terwyl die tee reeds aan die mark gelewer word.

Fermentasie van die tee onder tradisionele opelug toestande het die nadele van afhanklikheid van weersomstandighede, lae higiëniese moontlikhede, min beheer oor prosesseringsveranderlikes en 'n produk van wisselende kwaliteit. Waar moontlik behoort gekontroleerde omstandighede dus gebruik en/of ontwikkel te word (Joubert & Müller, 1997).

Enkelladingsproduksie (teenoor kontinue prosesse) het die voordeel dat prosesseringstyd gewissel kan word om optimum tee kwaliteit vir elke lading te verseker. Dit stel die vervaardiger ook in staat om produk differensiasie te verkry om sodoende aan spesifieke markbehoefte te kan voldoen. Om hierdie rede is lae koste mobiele fermentasie eenhede vir gekontroleerde fermentasie ontwikkel (Joubert & Müller, 1997).

Rooibostee wat te veel gefermenteer is lewer dowwe donkerbruin teeblare in plaas van die gewenste rooibruin blaarkleur (Joubert, 1997).

Deur die veranderlikes betrokke by tee vervaardiging gekontroleerd te beheer word die optimum kwaliteit tee verkry (Joubert, 1997). Intensiewe studies rakende die prosessering van Rooibostee onder gekontroleerde toestande is daarom al uitgevoer en in die literatuur beskikbaar (Joubert, 1994). Die vlugtigheidsprofiel van Rooibostee is ook reeds bepaal (Kawakami, Kobayashi *et al*, 1993).

Omdat elke plantspesie uniek is, sal al die veranderlikes betrokke by die vervaardiging van *L. scaberrima* tee eksperimenteel (en onder gekontroleerde toestande) bepaal moet word.

### **2.3.5.3.Bemaking**

Die tee word bemark as los blare, teesakkies sowel as 'n kitstee. 'n Kitstee is vervaardig omrede plantdele wat nie geskik is om in teesakkies benut te word nie a.g.v. bv. fisiese grootte vereistes, só gebruik kan word. Eksperimentele beskrywings ten einde die kitstee daar te stel is in die literatuur beskikbaar (Joubert, 1990a; Joubert, 1991).

### **2.3.5.4.Sensoriese evaluering**

Dit word uitgevoer deur gebruikmaking van toetspanele met statistiese ontleding van die resultate (Joubert, 1991). Kenner teeproewers is deel van die Rooibos Tee Raad en 'n unieke standaard Rooibostee gradering sisteem word in dié nywerheid gebruik en toegepas (Joubert, 1997).

Die kwaliteit van Rooibostee kan nie aan een enkele verbinding of groep verbindings gekoppel word soos in die geval van swart tee nie (Joubert, 1990b).

### **2.3.5.5.Gesondheidsaspekte van Rooibostee**

Rooibostee beskik oor antioksidante (Joubert & Ferreira, 1996). Dit het 'n positiewe uitwerking op verskeie dermatologiese toestande, bv. Behcet se siekte en fotosensitiwiteitsdermatitis (Kawakami, Kobayashi *et al*, 1993). 'n Oorsig van die gesondheidsaspekte van Rooibostee is in die literatuur beskikbaar (Joubert & Ferreira, 1996).

Daar bestaan 'n besliste moontlikheid dat enige rou landboukundige produk wat nie onderwerp word aan 'n finale beveiligingstap voor dit die verbruiker bereik nie oor groot getalle (patogene) organismes sal beskik. So is verskeie *Salmonella* serotipes (*S. klapmuts*, *S. bloemfontein*, *S.*

*grabouw, S. westpark, S. kuilsrivier en S. gilbert*) al in Rooibostee gevind. Hierdie organismes vind hulle weg tot die tee d.m.v. saamgedraagde stofdeeltjies, fisiese hanteringstappe, besmette water gebruik vir fermentering of die fekale materiaal van insekte, voëls of diere wat saam met die teeblare verwerk word. Bestralingsbehandeling met Kobalt-60 verminder die bakteriële lading met 99.89%. Hierna is Rooibostee een van die landboukundige produkte met die hoogste mikrobiologiese kwaliteit beskikbaar aan die verbruiker (Niemand, 1985).

### **2.3.6.Heuningbostee**

#### **2.3.6.1.Inleiding**

*Cyclopia* is 'n uitsonderlike plantgenus van die groep *Podalyrieae* en word geklassifiseer as lid van die *Fabaceae*. Die *Cyclopia* spesies is inheems aan Suid-Afrika en word aangetref in die kusgebiede van die Westelike en Oostelike Kaapprovinsies. Heuningbostee word daaruit berei (Du Toit, Joubert *et al*, 1998).

Anders as swart tee en Rooibostee word 'n verskeidenheid plantspesies benut wat in verskillende klimaatsones gevind word. Daar is slegs enkele boere in die Langkloof gebied wat die tee op 'n beperkte kommersiële skaal vervaardig, en die jaarlikse produksie (1997) is op sowat 20 ton beraam. Natuurlike populasies van veral *C. intermedia* en *C. subternata* word gebruik (Du Toit, Joubert *et al*, 1998).

#### **2.3.6.2.Vervaardiging van heuningbostee**

Die stamme, blare en blomme van verskeie *Cyclopia* spesies word gebruik om die relatiewe soet tee te vervaardig. Oes van heuningbostee is tradisioneel uitgevoer tydens die blomperiode maar a.g.v. verbruikersaanvraag is verskaffers gedwing om tot in die laat somer te oes. Die voorkoms van blomme verbeter die unieke soet, heuningagtige smaak van die tee, alhoewel materiaal sonder blomme steeds 'n aanvaarbare produk lewer (Du Toit, Joubert *et al*, 1998).

Gebiede waar die plante aangetref word is moeilik bereikbaar en verskeie oesdae is nodig om genoegsame hoeveelhede in te win vir prosessering. Die verskillende oesmetodes gebruik sluit oes van slegs jong groeipunte, afsny van die hele plant net bokant die grond met 'n sekel sowel as afsny van die hele plant 0.33 m bokant die grond in. Plante reeds vantevore geoes gee beter materiaal vir vervaardiging omdat die stamme sagter is en 'n hoër blaar tot stamverhouding toon. Ou plante word nie normaalweg geoes nie omdat dit growwe materiaal lewer met dikker stamme. Die plante van 'n gegewe gebied word elke 2 tot 3 jaar geoes (Du Toit, Joubert *et al*, 1998).

Prosessering van die tee neem soms eers 3 dae na die oes van die plantmateriaal in aanvang. Die algemene metode behels fyn snyding van die materiaal voor fermentasie. Die vernietig die selle se integriteit en verbeter fermentasie uitkoms. Blare wat die sny proses heel deurgaans beskik oor 'n onaanvaarbare groen tot ligbruin kleur (Du Toit, Joubert *et al*, 1998).

Hoë dagtemperatuur word verkies vir gunstige fermentasie- en drogingstoestande. Twee fermentasie metodes word gebruik, nl. fermentasie in 'n hoop en fermentasie by hoë temperatuur in 'n voorverhitte bakoond. Die eerste metode benodig nie eksogene hitte-toevoeging nie want hitte word spontaan daarin opgewek tydens fermentasie. Sodanige fermentasie neem egter 3 tot 5 dae en tee's van swak kwaliteit word dikwels verkry a.g.v. onvolledige fermentasie en uitgebreide swamgroei. Deur 'n voorverhitte bakoond te gebruik word 'n meer eenvormige produk van verhoogde kwaliteit verkry, a.g.v. die verbeterde temperatuurbeheer. Korter fermentasietye (24 tot 36 h) word ook benodig om 'n volledig gefermenteerde tee te vervaardig. Oorfermentasie lewer 'n onaanvaarbare produk met 'n swart kleur (Du Toit, Joubert *et al*, 1998).

Gedurende fermentasie verander die kleur van die plantmateriaal van groen na donkerbruin en 'n soet geur ontwikkel. Materiaal met 'n hoë voginhoud (bv. goes na reën), fermenteer swak. Indien hoopfermentering gebruik word, word die hoop oopgesprei op 'n dun seil om sondroog te word as die soet geur en donkerbruin kleur aanwesig is (Du Toit, Joubert *et al*, 1998).

Swamme floreer in die fermentasiehoop a.g.v. die verlengde fermentasietye, temperatuur hoër as 50°C en klam toestande daarin. Lokale swam oorgroei is soms so erg dat groot wit kolle met groot hoeveelhede plantmateriaal daarin in die hoop gevind word (Du Toit, Joubert *et al*, 1998).

Vervaardiging van heuningbostee onder gekontroleerde laboratorium toestande het getoon dat langer fermentasietye (60 tot 72 h) benodig word vir fermentasie by laer temperatuur (60°C en 70°C). Fermentasie is egter alreeds voltooi na 36 h by 90°C (Du Toit, Joubert *et al*, 1998).

Sondroging vs. gekontroleerde droging van die materiaal beïnvloed nie kwaliteit wesenlik nie. Die tee neem normaalweg 1 tot 2 dae om te sondroog maar dit is afhanklik van die dikte van die



lae sowel as weersomstandighede. Skadunet vasgemaak een meter bokant die grondoppervlak kan ook gebruik word as stellasië waarop die materiaal gesondroog kan word (Du Toit, Joubert *et al*, 1998).

Voor verpakking word die tee gesif. Gebruikmaking van 'n hamermeule om die groter brokstukke kleiner te verdeel het tee met 'n swak voorkoms gelewer sowel as heelparty gekneusde stamme en fyn tee stofpartikels (Du Toit, Joubert *et al*, 1998).

### **2.3.6.3. Bemarking**

Verskeie uiteenlopende benaderings word gevolg tydens vervaardiging omdat elke vervaardiger glo sy unieke metode lewer 'n goeie kwaliteit tee. A.g.v. die vervaardigingsverskille word aansienlike produkverskille gevind wat die bemarking van die tee bemoeilik (Du Toit, Joubert *et al*, 1998).

Gesifde tee word verpak in groot, gevlegde plastiekhouders vir die plaaslike sowel as oorsese markte. 'n Klein hoeveelheid word in klein plastieksakkies (ca. 500 g elk) verpak vir verkope by bv. padstalletjies. Sommige verkopers plaas die finale produk in groter houders waar die verbruiker dan sy gekose hoeveelheid self afweeg (Du Toit, Joubert *et al*, 1998).

Tradisioneel word die tee bemark as 'n mengsel van kort stammetjies en blare wat grof vertoon. Verpakkingsgroottes van 200 g is al benut en dit is nuttig om inligting soos die minerale inhoud van die tee op die verpakking aan te toon (Du Toit, Joubert *et al*, 1998). In Japan word die tee bemark as individueel verpakte teesakkies (3.2 g elk), in foelie geseël en 'n gekose hoeveelheid daarvan saam verpak in 'n groter kartonhouer (Du Toit, Joubert *et al*, 1998).

Deur verskeie spesies te vermeng of die tee selfs met Rooibostee te meng kan 'n wye verskeidenheid tee's verkry word wat aanklank mag vind by 'n groter marksegment (Du Toit, Joubert *et al*, 1998). Heuningbostee se grootste uitvoermarkte is Japan, Duitsland en Switzerland. In hierdie lande word tee gemeng met vrugtesap sowel as ystee vervaardig (Du Toit, Joubert *et al*, 1998).

#### **2.3.6.4.Sensoriese evaluering**

Een van die grootste probleme geassosieer met die vestiging van 'n betroubare afsetgebied vir heuningbostee is die gebrek aan gestandaardiseerde prosesseringsmetodes. Dit lei tot swak produkte van wisselende kwaliteit en is die rede in die verlede toegeskryf aan heuningbostee se klein marksegment. In die V.S.A. is heuningbostee goed ontvang in die 1980's, maar wisselende kwaliteit en ongereelde verskaffing van die produk het daartoe gelei dat uitvoere na daardie mark gestaak is (Du Toit, Joubert *et al*, 1998).

Kwaliteitsprobleme bestaan steeds en kan die reputasie van die heuningbostee nywerheid skaad. 'n Gestandaardiseerde vervaardigingsmetode met voldoende beheer is noodsaaklik om 'n tee van eenvormige mikrobiologiese- en sensoriese kwaliteit daar te stel (Du Toit, Joubert *et al*, 1998).

Dit wil dus voorkom asof heuningbostee huidiglik sensories geëvalueer word deur elke vervaardiger self, wat dan ook self op toepaslike proseswysigings besluit. Sensoriese evaluering wat egter reeds uitgevoer is, toon dat die verskillende spesies gebruik subtiële smaakverskille besit (Du Toit, Joubert *et al*, 1998).

Heuningbostee word normaalweg genuttig met melk en suiker en vertoon 'n pers kleur na melk bygevoeg is. Die smaak word beskryf as sg. aan warm appelkooskonfyt, heuning, droëvrugte of blomme met 'n spesifieke indruk van soetheid (Du Toit, Joubert *et al*, 1998).

#### **2.3.6.5.Gesondheidsaspekte van heuningbostee**

Tradisioneel is heuningbostee 'n growwe produk wat bydra tot die opvatting dat die onverfynde produk sekere gezondheidsbevorderende eienskappe besit. Die tee bevat geen kafeïen nie en het 'n lae tannien-inhoud. Dit mag daarom nuttig wees vir kinders en pasiënte met spysverteringsprobleme waar stimulant en tanniene vermy behoort te word. Die gebrek aan kafeïen mag bydra tot die tee se kalmerende effek en is moontlik van nut om slaaploosheid teë te werk (Du Toit, Joubert *et al*, 1998).

'n Verbinding wat as ekspektorant optree en anti-diabetogene aktiwiteit toon (pinitol) is geïdentifiseer in heuningbostee. Die tee stimuleer ook melkproduksie en word as voordelig beskou vir borsvoedende vroue (Du Toit, Joubert *et al*, 1998).

### **2.3.7.Kruietee**

#### **2.3.7.1.Inleiding**

Kruietee word vir die doel van hierdie studie beskou as afkomstig te wees vanaf plante wat in die algemene omgang as kruie bekend staan, bv. kamille, peperment, ens. 'n Ontslaglike verskeidenheid wyd uiteenlopende kruietees bestaan. Hierdie deel van die literatuuroorsig word daarom hanteer met klem op die bemarking van sodanige tees, omdat bv. spesifieke vervaardigingsprosedures gevolg vir 'n spesifieke tee nie toepaslik is t.o.v. die doel van hierdie studie nie.

#### **2.3.7.2.Vervaardiging van kruietee**

Verskeie kruietee's is die eindprodukte van vermenging van kleurryke, welriekende en eksotiese bestanddele. Bekende kruie en speserye en selfs swart tee word soms as samestellende komponente opgemerk (Ramaswami, 1992). Hierdie feit kan nuttig aangewend word tydens *L. scaberrima* tee vervaardiging.

#### **2.3.7.3.Bemarring**

Belangrike lesse geleer tydens bemarring van kruietee's is die volgende:

- Die verbruiker (van kruietee) is veral op fiksheid/gesondheid ingestel sowel as omgewingsbewus. Die verpakking moet hierdie behoeftes van die verbruiker aanspreek. Koste bly egter belangrik aangesien die meerderheid verbruikers nie bereid is om meer as 5-10% bo die normale prys te betaal vir omgewingsvriendelike produkte nie (Ramaswami, 1993). 'n Aantal kruietee verbruikers koop dit egter nie as deel van 'n alternatiewe lewenstyl nie, maar bloot as alternatiewe drankie (Moore, 1992). Kruietee (in teenstelling met bv. ystee vervaardig van swart tee) word deur die meeste verbruikers gesien as 'n warm drankie en dus meesal in die winter benut. Seisoenale piek verkope kan verwag word vir kruietee's (Ramaswami, 1992).

- Die verbruikersbasis wat kruietee's koop maak ingeligte voedselkeuses (Moore, 1992).
- Verskeie bemarkingstrategieë kan gevolg word om die verbruikersbasis van kruietee te vergroot, bv. ystee as verfrisser tydens maratons of gemeng met soda- of mineraalwater. Kookboeke met kruietee as bestanddeel is ook al uitgereik. Verbruikers kan aangemoedig word om verkoelde kruietee te voeg by vrugtepons, lemonade, nagereg bevattende vars bessies en/of vrugte, roomys, mousse, wyne en likeurs. Ysblokkies vir drankies kan ook eerder ystee wees (Ramaswami, 1992).
- Die nut van kruietee (veral kamille, roos en mentgeure) as samestellende komponent van gesondheidspreparate kan nie oorbeklemtoon word nie. Bv., een van die mees bekende gebruike (benut deur vele top modelle) is twee kamille- of roos teesakkies geweek in warm water, effens gedruk en op elke oog geplaas vir 15 minute (Ramaswami, 1992).
- Kruietee verpakking moet die tipe tee en verwagte geur- en smaakervaring duidelik aandui sowel as 'n gevoel van ontspanning in die verbruiker opwek (Ramaswami, 1993).
- Sommige verbruikers van kruieteesakkies benut dit as geurmiddels vir (kombuis)kaste nl. potpourri (Ramaswami, 1992).
- Die meer suksesvolle kruietee verpakking is vervaardig van gehersirkuleerde materiale (en toon dit duidelik aan), hermeties verseël en met alle komponente biodegradeerbaar (Ramaswami, 1993).
- Swart tee is geneig om geure in die omgewing daarvan te absorbeer terwyl kruietee's hulle geur weer aan die omgewing verloor. Dus moet gebruik gemaak word van materiale om as skans teen geurverlies te dien in kruietee pakkies. Die tempo waarteen kruietee gebruik word is stadiger as swart tee omdat verbruikers dikwels verskillende kruietee's gelyk koop vir verskillende geleenthede, gemoedstemminge, ens. Kruietee(sakkies) moet dus dubbeld geseël word om die rakleefyd te verbeter. (Foelie as verpakkingsmateriaal is effektief om aromaverlies teë te werk, maar omdat dit nie biodegradeerbaar is nie, kry dit min aftrek onder verbruikers.) Om degradering van komponente te voorkom mag dit selfs nodig wees om die O<sub>2</sub> inhoud laer as 5 % te hou in die verpakking (Ramaswami, 1993).
- Fyner papier as die normale moet vir teesakkievervaardiging gebruik word om te keer dat geen residu vorm in die bodem van die koppie na gebruik nie (Ramaswami, 1993). Alternatiewelik word sommige kruietee's grof gekap (bv. peperment) of as heel plantdele

bemark (bv. kamille). Die behoud van die plantdeel integriteit verhoog die aromatiese- en smaakwaarde daarvan (Moore, 1992).

- Die vorm en grootte van die verpakking is belangrik en beïnvloed bemarkbaarheid van die produk (Ramaswami, 1993).
- Voorspelde toekomsneigings vir kruietee bemarking is 'n groter verskeidenheid verskillende kruiemengsels, groter individuele teesakkies (een groot genoeg om bv. 'n hele teepot te maak), digter verpakkingsmateriale en meer mentgeur gedrewe mengsels (Ramaswami, 1993).
- Die marksegment daarvan het in die V.S.A. gedurende die vroeë 1990's gegroei teen ca. 7–8 % jaarliks (Moore, 1992; Ramaswami, 1992). Gedurende die 1980's was die kruietee mark in die V.S.A. ca. \$100 miljoen (Ramaswami, 1992).

#### **2.3.7.4.Sensoriese evaluering**

Soos vroëer genoem bestaan daar 'n gebrek aan kontrole t.o.v. kruietee's se kwaliteit en vervaardigers self is verantwoordelik vir kwaliteitsbeheer en gehalteversekering.

#### **2.3.7.5.Gesondheidsaspekte van kruietee**

Kruietee bevattende kamille (*Matricaria chamomilla*), ysterkruid (*Verbena officinalis*), soethout (*Glycyrrhiza glabra*), vinkel (*Foeniculum vulgare*) en sitroenkruid (*Melissa officinalis*) is geëvalueer in 'n dubbelblinde prospektiewe studie t.o.v. koliek in babas. Babas behandel met die kruietee is statisties betekenisvol genees van die koliek (Weizman, Alkrinawi *et al*, 1993).

Verbruikers neig, a.g.v. hoër omgewings- en gesondheidsbewustheid, na produkte wat geen kafeïen, suikers en vette bevat nie en wat sover moontlik van natuurlike oorsprong is (Moore, 1992; Ramaswami, 1992). Kruietee's voldoen hieraan sowel as om die eeue-oue opvatting te versterk dat dit nie net gesond is om kruietee te drink nie maar dat dit selfs genesend mag wees (Moore, 1992).

Onderskeid moet getref word of die kruietee bemark gaan word as alternatiewe drankie vir swart

tee en of dit vir medisinale doeleindes aangewend gaan word. Indien Ig. die geval is, raak bv. wetlike verpligtinge aangaande farmaseutiese middels ter sprake en moet die kruietee hanteer word soos 'n geneesmiddel (Moore, 1992). Die Amerikaanse voedsel- en geneesmiddel administrasie (FDA) se regulasies betreffende kruietees is in die literatuur beskikbaar (Richman, 1983). Daar moet voldoen word aan al die vereistes voordat sodanige tee's bemark mag word, bv. aktiewe komponent bepaling, ens. (Moore, 1992).

Gesondheidsaspekte van spesifieke kruietees word deeglik in die literatuur bespreek sowel as algemene riglyne daargestel betreffende die gesondheidswaarde van kruietee (Joner & Dommarsnes, 1983; Ridker, 1989; Manteiga, Park *et al*, 1997).

### **2.3.8.Aspekte van belang rondom *Lippia scaberrima* tee**

#### **2.3.8.1.Samestelling van *Lippia* tee**

Die chemiese samestelling van plantmateriaal bepaal die chemiese samestelling van die tee daaruit vervaardig. Samestellende chemiese komponente en biologiese eienskappe van *Lippia javanica* is in die literatuur beskikbaar (Hutchings, 1996), sowel as *Lippia rehmanni* H.H.W. Pearson (Watt & Breyer-Brandwijk, 1962). (Beide spesies kom in Suid-Afrika voor en mag samestellingsooreenkomste met *L. scaberrima* toon.)

*L. scaberrima* plantmateriaal het geen alkaloïed inhoud getoon nie maar 'n tannien inhoud van 5.5% (massabasis). Klein hoeveelhede metanoësuur en bottersuur is herwin vanuit die waterige deel van die distillaat tydens essensiële olieherwinning. Hierdie sure is aanwesig in die plantmateriaal. Deur 7640 g lugdroë plantmateriaal kontinu te perkoleer met warm alkohol; te was en te droog is 275 g residu as 'n hars verkry (3.6% op 'n massabasis). Esters van nie-vlugtige sure wat aangetoon is in die takson sluit metanoë-, botter-, valeriaan-, palmittien-, stearien- en linoleïensuur (of 'n suur isomeer daarvan) in. 'n Fitosterol met smeltpunt 134°C sowel as heptakosaan (C<sub>27</sub>H<sub>56</sub>) en hentriakontaan (C<sub>31</sub>H<sub>64</sub>) is verkry (Power & Tutin, 1907).

#### **2.3.8.2.Gesondheidsaspekte van *Lippia* tee**

### 2.3.8.2.1. Toksisiteit van tee afkomstig van *Lippia* spesies

Vanuit 2.5 kg boggrondse plantdele van *Lippia graveolens* (lugdroog) is 102 mg van 'n karsinogeniese verbinding, bekend as lapasjenool, geëkstraheer. Vanuit 1 kg wortels is terselfdertyd 210 mg van dieselfde verbinding verkry (Dominguez, Sánchez *et al*, 1989). Geen melding is gemaak van hoe kragtig die karsinogeniese werking is t.o.v. bv. 'n standaard karsinogeniese verbinding nie. Alvorens die mate van karsinogenisiteit nie bekend is nie, kan geen uitspraak gelewer word oor die toepassingsmoontlikhede van *Lippia graveolens* nie, omrede selfs bv. X-strale karsinogenies is (soos getoon in paragraaf 2.2.3.1.) maar dit algemeen in die Geneeskunde as diagnostiese hulpmiddel gebruik word.

Die toksiene gevind in *Lippia* spesies is gelys as kamfer, karboon, sineool, sitraal, citronellol, geraniol, isovaleriaansuur, laktose, limoneen, maltose, saponien, terpineol, tujoon en verbenoon (Duke, 1987). Geen redes is verskaf waarom hierdie verbindings as toksiene beskou behoort te word nie, en die volgende kan bv. genoem word as maltose en laktose as toksiene beskou wil word:

Maltose (moutsuiker) is 'n disakkaried opgebou uit twee eenhede glukose, word gevind in bv. ontkiemende graan en is die belangrikste disakkaried in stysel en glikogeen (Meyer, Meij *et al*, 1988: 3.4–3.5). Laktose (melksuiker) is 'n disakkaried bestaande uit glukose en galaktose eenhede; word deur melkklriere vervaardig en word slegs in melk aangetref. Dit is die hoofkoolhidraat in die dieet van babas (Meyer, Meij *et al*, 1988: 3.5).

Kamfer is 'n klas-4 gif en die dodelike dosis in die mens kan selfs so laag wees as 50 mg/kg (Gossel, 1983). Die kamfer inhoud van *L. scaberrima* word behandel in Bylaag B, en belangrike gevolgtrekkings gemaak is:

Mikrogolfgedistilleerde essensiële olie afkomstig van droë blare van *L. scaberrima* het die hoogste persentasie kamfer gelewer m.b.t. enige plantdeel en in vergelyking ook met waterdistillasie, nl. 5.7 % (molbasis) (Terblanché, 1995: 82). Om 50 mg kamfer te verkry



word 870 mg van hierdie essensiële olie benodig. D.w.s. die dodelike dosis vir 'n 70 kg man is ca. 61 g olie. In teenstelling hiermee bevat 16129 mg mikrogolfgedistilleerde droë blomhofie olie 50 mg kamfer. Die dodelike dosis hiervan vir 'n 70 kg man is ca. 1129 g olie. Aangesien droë blaartjies en droë blomhofies normaalweg saam geoes word, behoort die dodelike dosis van mikrogolfgedistilleerde lugdroë *L. scaberrima* essensiële olie tussen 870 en 16129 mg olie per kg liggaamsmassa te lê. Hierdie waardes is van belang by toepassings waar *L. scaberrima* essensiële olie 'n samestellende komponent vorm.

T.o.v. die plantmateriaal as sulks beskik droë blomhofies oor die grootste hoeveelheid kamfer (as die waterdistillasie waardes vir berekeninge gebruik word). Ca. 121 g plantmateriaal verskaf 50 mg kamfer wat 'n dodelike dosis van 8457 g plantmateriaal lewer vir 'n 70 kg man. Al bg. waardes is benaderings omrede die absolute kamfer inhoud (van die essensiële olie) van *L. scaberrima* nie bepaal is nie, asook omrede daar geen metode bestaan wat die absolute essensiële olie-inhoud van botaniese materiaal kan bepaal nie (Franklin & Keyzer, 1962; Whish, 1996).

Dit is voor die hand liggend dat *L. scaberrima* plantmateriaal as bron van tee nie toksies sal wees t.o.v. die kamfer inhoud daarvan nie. Indien die plantdeel met die hoogste kamfer inhoud (droë blomhofies) benut word moet minstens 8.5 kg plant per geleentheid ingeneem word deur 'n 70 kg man. Die werklike hoeveelheid sal egter aansienlik meer wees as 8.5 kg omdat al die kamfer wat in die plant voorkom nie in die tee sal verskyn nie. Verder word slegs die vloeistofaftreksel (tee) ingeneem en nie die plantmateriaal as sulks nie. T.o.v. die normale hoeveelhede tee genuttig is *L. scaberrima* dus veilig t.o.v. die kamfer inhoud daarvan.

Die ander toksiene vroëer genoem kan ondersoek word om die invloed daarvan op *L. scaberrima* se toepassingsmoontlikhede te bepaal<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> T.o.v. die toksisiteit van *L. scaberrima* essensiële olie kan gemeld word dat olie in die outeur se oë gespat het en herhaaldelik in kontak met sy vel gekom het. Op een geleentheid is hy ook geprik met die inspuitnaald gevul met olie. Op geen geleentheid kon enige patologiese kliniese simptome of teken egter waargeneem word nie.

#### **2.3.8.2.2. Gesondheidsvoordele van *L. scaberrima* tee**

Verskeie essensiële oliekomponente wat in die takson voorkom en reeds geïdentifiseer is, funksioneer as natuurlike antioksidante in die plant, soos vermeld in paragraaf 2.2.5.4.

Sommige essensiële oliekomponente (geraniol, nerol, sitronellol, timol en sinnamaldehyd) beskik oor anti-aflatoksigeniese eienskappe (Mahmoud, 1994). Hierdie aspek kan veral belangrik wees by die vervaardiging van die kruietee, omrede sodanige komponente, indien hulle aanwesig is in *L. scaberrima* olie, 'n natuurlike beskermende meganisme teen aflatoksien sal verskaf. Minder as 50% van die samestellende komponente van *L. scaberrima* olie is al bepaal (Terblanché, 1995).

Die mirseen inhoud (Terblanché, 1995: 81–82) kan 'n perifere analgetiese uitwerking aan die tee verleen, sg. aan maar minder uitgesproke as dié van sitroengras tee (*Cymbopogon citratus*) (Lorenzetti, Souza *et al*, 1991).

#### **2.4. Ander benuttingsmoontlikhede van *L. scaberrima***

##### **2.4.1. Medisinale gebruike van *Lippia* spesies**

Daar bestaan 'n magdom medisinale gebruike van *Lippia* spesies dwarsoor die wêreld en hierdie aspek moet met versigtigheid benader word. As riglyne kan die tradisionele medisinale gebruike van *L. scaberrima* (Terblanché, 1995) sowel as die tradisionele gebruike van ander *Lippia* spesies geneem word. Enkele kommersieel haalbare moontlikhede behoort gerealiseer te word alvorens ontwikkelingswerk plaasvind op gebruike waarvan die potensiële sukses twyfelagtig is.

Tans is daar 'n oplewing in die verkope en aanwending van medisyne van botaniese oorsprong (Rawls, 1996). Voorbeelde van plante waaruit kommersieel belangrike geneesmiddels verkry word, word getoon in Tabel C.1. in Bylaag C (Balandrin, Klocke *et al*, 1985).

Verskeie *Lippia* spesies hou kommersiële moontlikhede in a.g.v. die medisinale waarde daarvan (bo en behalwe voorbeelde genoem in paragraaf 2.2.5. of die onderafdelings daarvan), bv.:

- *Lippia alba* (Mill) N.E.Br is so 'n wyd gebruikte medisinale plant in Brasilië dat 'n studie al geloods is om die grootskaalse vegetatiewe voortplanting daarvan te ondersoek (Ming, 1996).
- *Lippia chevalieri* is 'n samestellende komponent van "Malarial 5", 'n medisyne geproduseer deur die INRSP (Nasionale Instituut vir Publieke Gesondheid) in Mali. *Lippia chevalieri* toon antimikrobiële aktiwiteit *in vitro* en *in vivo* teen *Plasmodium falciparum* (Gasquet, Delmas *et al*, 1993).
- *Lippia citriodora* word gebruik in die farmaseutiese bedryf vir dermatologiese, orale, spysverterings en neurologiese aktiewe medikasie. Voor versending word die plante met insekdoders behandel vir bewaring tydens vervoer (wat etlike weke kan duur.) So uitgebreid is benutting daarvan dat, op versoek van die Franse Agentskap vir Geneesmiddels en Medisyne, analise gedoen is om te bepaal wat die residue is van hierdie insek- onkruidodders in die plante voor dit benut word (Nunes, Camoes *et al*, 1997).
- *Lippia dulcis* Trev. bevat die kunsmatige versoeter hernandulsien (Sauerwein & Shimomura, 1991) wat 1000 keer soeter as sukrose is op 'n molbasis (Kaneda, Lee *et al*, 1992). Dit kan gebruik word as plaasvervanger vir sukrose om obesiteit te vermy. Hierdie plantspesie word al eeue lank medisinaal benut. In die 1651 Latynse uitgawe van 'n reisjoenaal word verwys na die medisinale gebruike van 'n plant wat bo alle redelike twyfel *Lippia dulcis* Trev. is (Compadre, Robbins *et al*, 1986).
- Etanol en asetoon ekstrakte van *Lippia dulcis* toon *in vitro* antimikrobiële aktiwiteit teen *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae* en *Streptococcus pyogenes* (Caceres, Figueroa *et al*, 1993).
- *Lippia multiflora* Moldenke toon antimalariale en antihipertensiewe uitwerkings (Noamesi, Adebayo *et al*, 1985b; Chanh, Koffi *et al*, 1988; Benoit, Valentin *et al*, 1996; Koumaglo, Akpagana *et al*, 1996) sowel as spierverslappende en sederende effekte (Noamesi, Adebayo *et al*, 1985a). Daar moet egter daarop gelet word dat *Lippia multiflora* polimorfismes toon (Menut, Lamaty *et al*, 1995).

- Selfs diere benut die plantgenus medisinaal. Daar is bv. voldoende bewyse verkry dat die Mahale en Gombe sjimpansees van Westelike Tanzanië spesifieke plante as medisyne aanwend, waaronder *Lippia plicata* Baker (Takasaki & Hunt, 1987).
- Medisinale spesialiteitslaboratoria vervaardig meer as 40 verskillende produkte waarvan *Lippia turbinata* Griseb. 'n samestellende komponent is. Dit is een van die mees gebruikte medisinale plante in Argintinië. Die gebruik daarvan deur een firma is ca. 60000 kg (droë massa) van die krui per week (Lagrotteria & Lozada, 1993).

#### 2.4.2. Ander gebruike van *L. scaberrima*

Al die benuttingsmoontlikhede kan vanselfsprekend nie in detail bestudeer word nie, maar daar is gepoog om haalbare projekte en/of produkte te identifiseer waar slegs 'n mate van ontwikkelingswerk nodig geag is voordat bemarking in aanvang kan neem.

Bo en behalwe tradisionele medisinale toepassings (Terblanché, 1995) en gebruike genoem hierbo, kan die takson as volg benut word:

- As sierlike tuinplant, in gebiede waar dit sal vestig. Die geurige aard van *L. scaberrima* en die feit dat dit 'n meerjarige kruid is maak dit uiters geskik hiervoor. (*Lippia canescens* is as grondbedekker die mees geskikte van die plante ondersoek by avokadopeerverbouing om die grond onder die bome mee te bedek (Mans & Hattingh, 1992).) *Lippia alba* (Mill) N.E.Br word algemeen gesien in agterplase en tuine in Brasilië (Ming, 1996).
- As lid van 'n kruie tuin. So is *Lippia graveolens* H.B.K. Meksikaanse oregano (Huxley, Griffiths *et al*, 1992) waarvan produksie as geur- en smaakmiddel alreeds ca. 7000 ton per jaar beloop het in die laaste dekade van die vorige eeu (Uribe-Hernandez, Hurtado-Ramos *et al*, 1992). Die essensiële olie afkomstig vanaf die plant speel 'n al belangriker rol as geur- en smaakmiddel in die voedselbedryf, tot so 'n mate dat die invloed van distillasietyd duur t.o.v. oliesamestelling ondersoek is (Pino, Hernandez *et al*, 1990).

*Lippia berlandieri* Shawer staan in Jalisco, Meksiko ook as origanum bekend. Statistiese modelle is ontwikkel om die opbrengs droë massa plantmateriaal wat verkry kan word tydens verbouing te beraam (Garnica Flores, 1994).

*Lippia palmeri* word ook verbou as Meksikaanse oreganum in die noorde van Meksiko. Produksie was alreeds ca. 1700 ton per jaar (1992) en 90% hiervan is uitgevoer na die V.S.A., Frankryk en Spanje (Paez & Valdez, 1993).

*Lippia micromera* Schauer. is Spaanse tiemie (Huxley, Griffiths *et al*, 1992) en word as

alternatief vir origanum in Kuba benut (Pino, Boroës *et al*, 1997).

- Uitgedistilleerde plantmateriaal kan as kompos verwerk word, veral omrede die essensiële olie verwyder is en afbraak daarvan vinniger sal plaasvind.
- Blare en/of blomhofies as toevoegings gemaak tot potpourri. Dit kan dien as geurmiddel vir linne, en word reeds in beperkte mate op die platteland uitgevoer (Palmer, 1985:49). Hierby word mottesakkies, kruiekussings, ens. ingesluit.
- Die moontlikhede as geur- en/of smaakmiddel m.b.t. voedsel is bykans onbeperk, bv. kruiebrood, kruiejellie, kruie-olie, slaai-olie, kruie-asyne, kruieslaai, in kaas, souse, pasteideeg, sop, ens.
- Gedroogde plante kan benut word in blommerangskikkings.
- 'n Kruie likeur kan daarvan berei word. *Lippia turbinata* Griseb. word in Argentinië gebruik as komponent van nie-alkoholiese drank. Die vervaardigers gebruik ca. 7000 kg plantmateriaal (droog) per jaar vir hierdie toepassing (Lagrotteria & Lozada, 1993).

Enkele van bogemelde gebruike kan geïdentifiseer en ekonomies gerealiseer word terwyl verdere moontlikhede voortdurend ondersoek word.

### **3.Karakterisering van die essensiële olies**

#### **3.1.Inleiding**

Water- en mikrogolfgedistilleerde essensiële olies van *L. scaberrima* is gekarakteriseer deur verskeie fisiese en chemiese eienskappe daarvan te bepaal.

In paragraaf 2.2.2. word 'n literatuuroorsig verskaf aangaande die chemiese en fisiese eienskappe ter sprake in hierdie hoofstuk en wat alreeds vir ander *Lippia* spesies bepaal is. Waardes in Tabel 2.2.2.2. dien o.a. as verwysingswaardes vir die ordegroottes en/of gebiede wat veranderlikes in hierdie genus kan aanneem.

GC/MS ondersoeke m.b.t. die samestelling van beide olies sowel as identifisering van verskeie oliekomponente is reeds uitgevoer (Terblanché, 1995; Terblanché, Kornelius *et al*, 1998). Inligting soos die plantmateriaaloorprong (paragrafe 4.1.1. en 4.3.1.) en metode van waterdistillasie gevolg (Terblanché, 1995) is elders beskikbaar.

Na herwinning is die olies geberg soos beskryf (Terblanché, 1995) in 'n huishoudelike yskas totdat eienskapsbepaling daarvan so spoedig moontlik in aanvang geneem het.

Vir bepaling van die eienskappe is die riglyne neergelê deur die Internasionale Standaard Organisasie (ISO) waar moontlik gevolg. Oliemonsters is geneem vanuit die bergingsflessie soos voorgeskryf (ISO 212, 1973) behalwe dat geen duplikaatmonsters beoordeel is nie aangesien geen aankope van olie ter sprake was nie. Omrede watermolekules alreeds verwyder is net na distillasie is voorbereiding van die toetsmonsters soos voorgeskryf (ISO 356, 1996) nie nodig geag nie.

#### **3.2.Fisiese eienskappe**

##### **3.2.1.Vriespunt**

'n Essensiële olie se vriespunt word gedefinieer as die konstante temperatuur of die maksimum temperatuur wat waargeneem word as die olie in onderverkoelde vloeistofoestand latente smeltingswarmte vrystel (ISO 1041, 1973). Die vriespunt is die temperatuur waar vastestofkerne begin vorm in die vloeistof by konstante temperatuur.

Vriespunte van die olies, bepaal soos voorgeskryf (ISO 1041, 1973), word getoon in Tabel 3.2.1.1. Die vriesmengsel wat gebruik is om die temperature wat nodig was te bereik was droë ys (CO<sub>2</sub> vastestof) opgelos in asetoon. Hierdie vriesmengsel het 'n temperatuur van -70°C (203 K) bereik. Die mikrogolfgedistilleerde olie se vriespunt is slegs effens hoër as dié van watergedistilleerde olie.

**Tabel 3.2.1.1. : Vriespunte**

<b>Eksperiment nommer</b>	<b>Watergedistilleerde olie</b>	<b>Mikrogolfgedistilleerde olie</b>
1	208.9 K (-64.3°C)	209.2 K (-64.0°C)
2	208.8 K (-64.4°C)	209.3 K (-63.9°C)

### **3.2.2.Kookpuntgebied**

Sover vasgestel kon word bestaan daar geen ISO spesifikasie vir die bepaling van die kookpuntgebiede van essensiële olies nie. Die ASTM standaard vir bepaling van die kookpuntgebiede van petroleumprodukte (ASTM D86 - 82<sup>E2</sup>, 1989) is daarom as riglyn gebruik gedurende eksperimentele ontwerp.

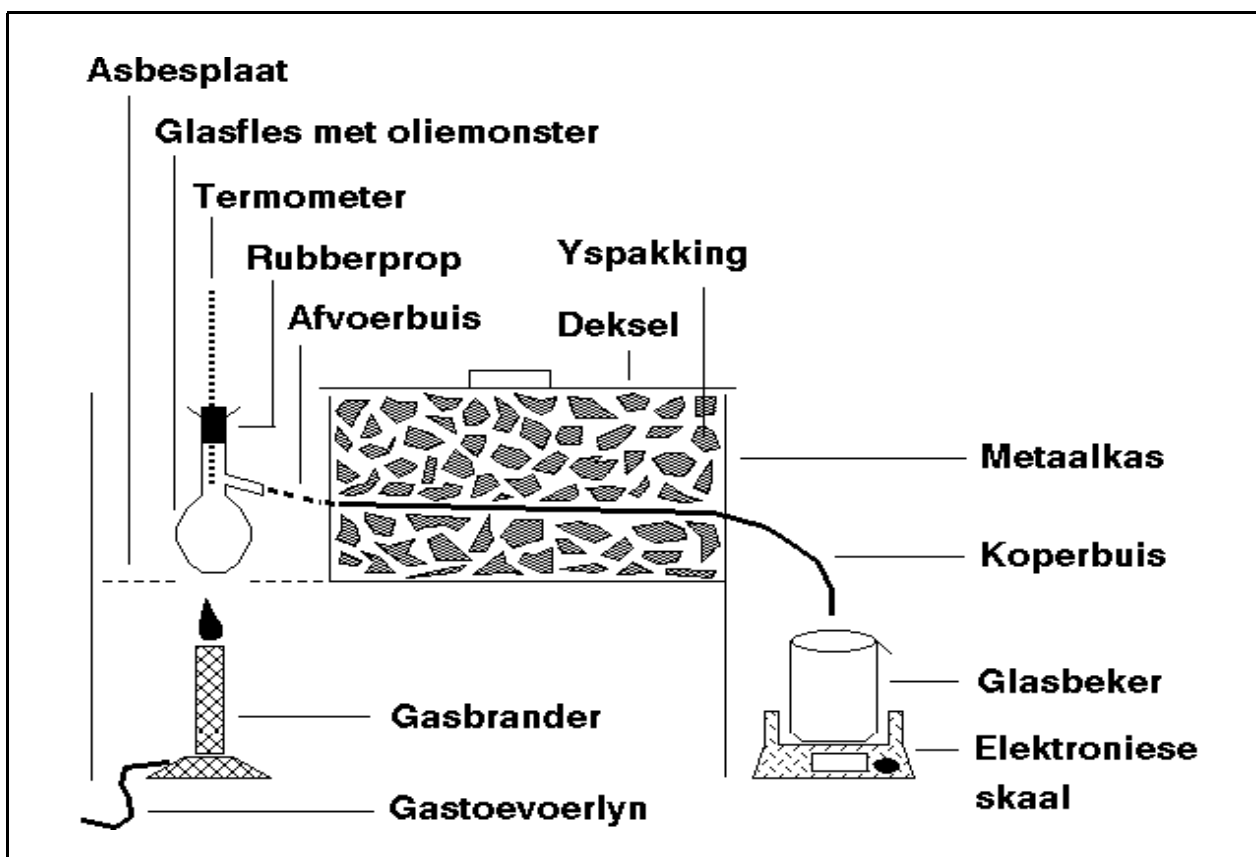
Kookpuntgebiede is bepaal soos aangetoon in Figuur 3.2.2.1, nl.: Ca. 10 g olie is in 'n glasfles geplaas bo-op 'n gasvlam waarmee temperatuur gereguleer is. In die glasfles is verder ook 'n termometer geplaas op die voorgeskrewe posisie. 'n Afvoerbuis het afwaarts daaruit gevloei en geheg bo-oor 'n koperbuis wat rondom toegepak is met ca. 5000 ml fyn gekapte ys. Dampmolekules wat die afvoerbuis betree het is gekondenseer in die koperbuis en die



resultierende vloeistofmolekules het direk uit die koperbuis gedrup op 'n elektroniese skaal waar die progressief toenemende gewig gereeld noteer is.

Hittetoevoeging het teen sodanige tempo geskied dat die eksperimente nagenoeg 120 minute geduur het en die temperatuur soos aangedui deur die termometer sowel as gewiglesing op die skaal is gereeld noteer en gebruik om kookpункtkrommes te genereer. Temperatuur- en gewiglesings is genoteer tussen 298 K en 508 K en die lesings is gestaak nadat ca. 10 g oliekomponentmolekules afgedistilleer het. Die resultierende kookpункtkrommes vir beide essensiële olies word getoon in Grafiek 3.2.2.1.

**Figuur 3.2.2.1. : Bepaling van kookpункtkrommes**



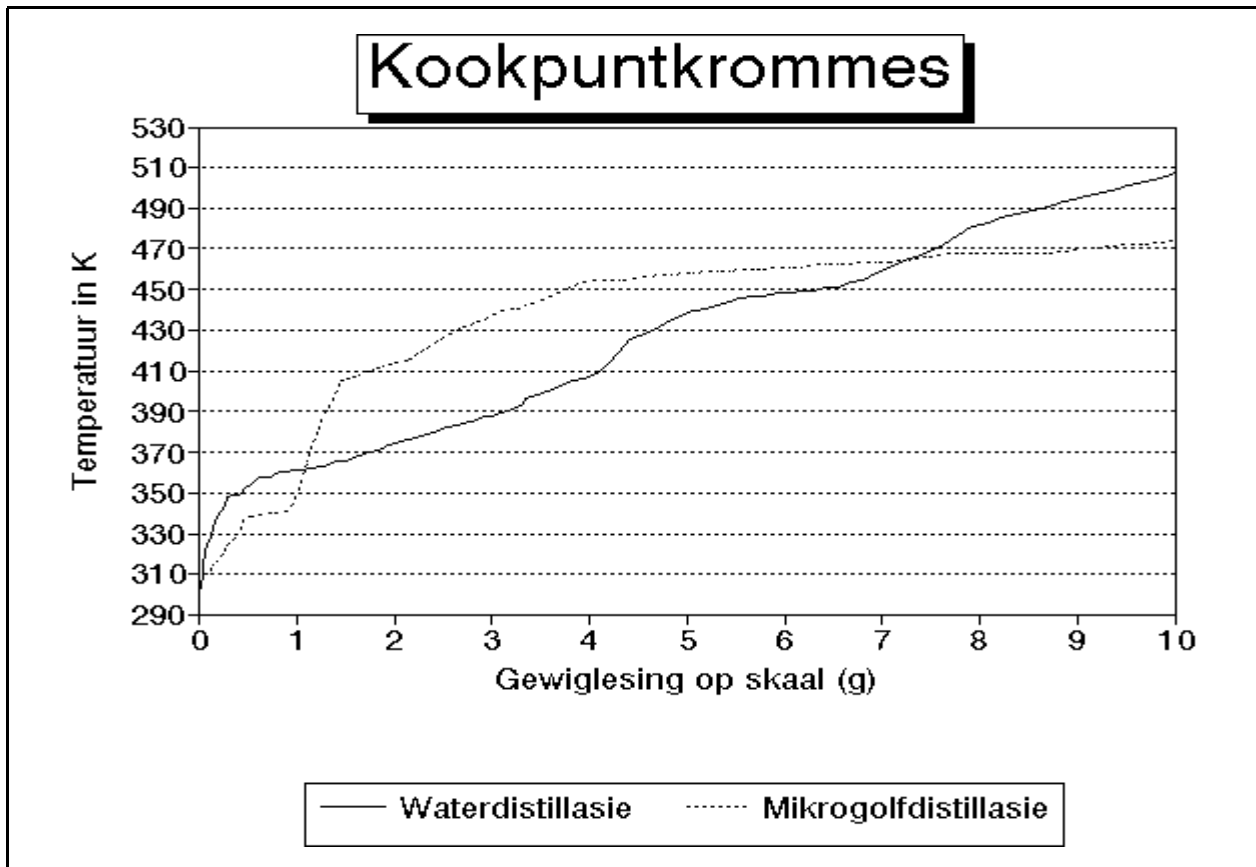
Die atmosferiese lugdruk ( $P_{\text{atm}}$ ) was 657 mm Hg (87.59 kPa). Die residu verkry by 508 K vir die watergedistilleerde olie (10.725 g is gebruik) was 0.177 g. Vir die mikrogolfgedistilleerde olie (10.900 g) was die residu by 474 K ca. 0.91 g. (Die residue is nie by dieselfde temperature bepaal

nie omrede die eksperimente gestaak is n.a.v. die gewiglesings.)

In die gebied tussen 474 K en 508 K kan verwag word dat verdere verdamping van die 0.91 g mikrogolfgedistilleerde olie sal plaasvind en die residu waardes kan daarom nie vergelyk word nie. Residu na verdamping is ondersoek in paragraaf 3.3.8.

Daar kan gesien word dat die resulterende kookpункt-krommes nie ooreenstem nie. Tussen 298 K en ongeveer 360 K is mikrogolfgedistilleerde olie meer vlugtig as watergedistilleerde olie. Vanaf 360 K tot ca. 467 K is watergedistilleerde olie weer meer vlugtig as mikrogolfgedistilleerde olie. By temperature hoër as 467 K is mikrogolfgedistilleerde olie weer die meer vlugtige olie.

**Grafiek 3.2.2.1. : Kookpункt-krommes**



Die verskille in gedrag geopenbaar deur die oliemolekules is die direkte gevolg van die verskillende produksiemetodes wat gebruik is. Een van die produksiemetodes sal dus voorkeur

geniet indien sekere oliekomponente selektief afgedistilleer wil word. Afhangend van die kookpunt(e) van die individuele oliekomponent(e) waarvan die konsentrasie(s) in die produk verhoog wil word, sal óf waterdistillasie óf mikrogolfdistillasie die voorkeur produksiemetode wees.

### 3.2.3. Soortlike gewig

Soortlike gewigte is bepaal vir beide olies (ISO 279, 1981) en word getoon in Tabel 3.2.3.1. Piknometers met volumes van 3 ml is gebruik vir die bepalings. Die waardes is vergelykbaar en die twee produksiemetodes vergelyk goed t.o.v. hierdie eienskap, al is die mikrogolfgedistilleerde olie ietwat swaarder. Beide metodes lewer olies wat ligter is as water en daarop dryf.

**Tabel 3.2.3.1. : Soortlike gewigte**

<b>Eksperiment nommer</b>	<b>Watergedistilleerde olie</b>	<b>Mikrogolfgedistilleerde olie</b>
1	0.903	0.917
2	0.903	0.919

### 3.2.4. Refraksie-indeks

Refraksie-indekse (ISO 280, 1976) word verskaf in Tabel 3.2.4.1. Gedistilleerde water is gebruik vir kalibrasie van die refraktometer en 'n refraksie-indeks ( $n_D$ ) van 1.3330 by 293 K is eksperimenteel daarvoor verkry vir twee afsonderlike metings.

Elke waarde genoem in Tabel 3.2.4.1. is die rekenkundige gemiddeld van twee eksperimentele waardes wat met nie meer as 0.0001 van mekaar verskil het nie. Die waardes vir die twee olies is bykans identies.

**Tabel 3.2.4.1. : Refraksie-indekse**

<b>Temperatuur (K)</b>	<b>Watergedistilleerde olie</b>	<b>Mikrogolfgedistilleerde olie</b>
293	1.4800	1.4799

298	1.4780	1.4780
-----	--------	--------

ISO 280 vereis rapportering van die refraksie-indeks slegs by 293 K maar die waardes is ook by 298 K bepaal. Die formule waarvolgens refraksie-indekse vir 'n essensiële olie by ander temperature bereken kan word indien die waarde by 'n spesifieke temperatuur bekend is, is (ISO 280, 1976):

$$n_{D T1} = n_{D T2} + 0.0004 (T2 - T1) \dots\dots\dots (3.2.4.1.)$$

waar  $n_{D T1}$  die refraksie-indeks by temperatuur T1 en  $n_{D T2}$  die refraksie-indeks by temperatuur T2 is. Toetsing met die waardes genoem in Tabel 3.2.4.1. bevestig die akkuraatheid van die formule oor die temperatuurgebied ondersoek.

### 3.2.5. Viskositeit

Sover vasgestel kon word bestaan daar nie 'n ISO standaard vir die bepaling van die viskositeit van essensiële olies nie, en die volgende metode is daarom uitgevoer:

'n Brookfield Engineering Laboratories Viscometer Set met aanpassingstel vir kleiner monstergroottes is gebruik. Die metode behels 'n kamer (nr. 13R) waarin 'n spoel (grootte SC4-18) geplaas word. Rondom die spoel is die kamer gevul met die toetsvloeistof, wat deur die metode gespesifiseer is as 8.0 ml te wees a.g.v. die spesifieke spoel en kamer konfigurasie.

Die spoel wentel in die vloeistofge vulde kamer teen 'n vasgestelde spoed. Deur die spoed waarteen die spoel wentel inkrementeel te verstel tussen 0.3 omwentelinge per minuut (o.p.m.) en 60 o.p.m. word 'n reeks van maksimum 8 lesings verkry, nadat die apparaat gekalibreer is deur gebruikmaking van lug voor elke snelheidsverandering. Elke lesing word vermenigvuldig met 'n vervaardiger gespesifiseerde faktor, bepaal op grond van die eksperimentele konfigurasie en die omwentelingsnelheid. Die resultate só verkry se gemiddelde waarde (vir elke toetsvloeistof viskositeit) is hierna bereken. Só is die sleurkragte deur die spoel ervaar teen verskillende omwentelingsnelhede omgeskakel na 'n enkele gemiddelde viskositeitswaarde in cP

(m Pa.s). Lesings is so na as moontlik aan 20°C (293 K) geneem.

Vir gedistilleerde water is die viskositeit as 1.083 cP verkry, terwyl die waardes vir watergedistilleerde olie 1.758 cP en mikrogolfgedistilleerde olie 1.538 cP was. Die waarde vir gedistilleerde water is in ooreenstemming met literatuurwaardes (Perry, Green *et al*, 1984).

### 3.2.6. Optiese rotasie

Optiese rotasie is 'n intrinsieke eienskap van opties aktiewe organiese molekules. Hierdie rotasie is o.a. afhanklik van die konsentrasie van die opties aktiewe molekules aanwesig ( $c$ ) en die golflengte van die elektromagnetiese straling wat die rotasie teweegbring. Soortgelyk speel die padlengte wat die straling volg tydens eksperimentele bepalings ( $l$ ) 'n rol. Om eenvormige resultate te verkry word lig met 'n golflengte van 589 nm gebruik. Dit is die lig uitgestraal deur Natrium D lampe (McMurray, 1988).

Alhoewel daar 'n ISO standaard vir die bepaling van optiese rotasie bestaan (ISO 592, 1981), kon die betrokke standaard of 'n kopie daarvan nie opgespoor word nie. Daar is gevolglik op die volgende metode besluit:

'n Gekose hoeveelheid van die essensiële olie ( $2.000 \text{ g} \pm 0.001 \text{ g}$ ) word opgelos in 'n 50 ml volumetriese fles deur gebruik te maak van 99 % etanol. Etanol is gebruik omdat dit bekend is dat die olie oplosbaar is in daardie volume etanol (soos getoon in Tabel 3.3.2.1.) Verder moet die oplosmiddel self net geen optiese rotasie veroorsaak nie (wat wel die geval is).

'n Konsentrasie ( $c$ ) van ca. 40 mg olie/ml oplosmiddel is so verkry wat ook uitgedruk kan word as ca. 4 g olie/dl oplosmiddel. Die instrument gebruik vir die bepalings was 'n gekalibreerde Optical Activity Ltd. Polarimeter Type AA-5 met padlengte van 2 dm en selgrootte van ca. 10 ml. Die formule benodig vir die bepaling is as volg (McMurray, 1988):

$$\alpha_D = \frac{\alpha_{\text{Eksperimenteel waargeneem}}}{c \cdot l} \dots\dots(3.2.6.1.)$$

Die resultate verkry by 20°C (293 K) word getoon in Tabel 3.2.6.1. Die mikrogolfgedistilleerde olie is ietwat meer dekstro-roterend alhoewel die verskil tussen die twee distillasiemetodes vir praktiese (produksie)doeleindes weglaatbaar is.

**Tabel 3.2.6.1. : Optiese rotasies**

<b>Eksperiment nommer</b>	<b>Watergedistilleerde olie (Grade)</b>	<b>Mikrogolfgedistilleerde olie (Grade)</b>
1	+ 2.85 (+ 0.356)	+ 3.05 (+ 0.381)
2	+ 2.50 (+ 0.313)	+ 3.05 (+ 0.381)

Nota: Die getoonde waardes is die eksperimenteel waargenome optiese rotasies terwyl die waardes in hakies verwys na die berekende ( $\alpha_D$ ) rotasies.

### 3.3. Chemiese eienskappe

#### 3.3.1. pH

'n Oplossing se pH word gedefinieer as die negatiewe logaritme van die waterstofioonkonsentrasie daarin, oftewel  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$  (Kotz & Purcell, 1987). Die pH-bepalings is uitgevoer met twee pH-meters gekalibreer deur gebruikmaking van standaardoplossings. Beide pH-meters is in beide olies geplaas en die rekenkundige gemiddeld van die twee lesings verkry met die twee meters vir 'n spesifieke olie is as die pH van die betrokke olie aanvaar. Water- sowel as mikrogolfgedistilleerde olie se pH-waardes is só as 5.0 verkry.

#### 3.3.2. Mengbaarheid met etanol

'n Essensiële olie is mengbaar met V volumes etanol van spesifieke persentasie sterkte by 293 K

indien die resulterende oplossing van een volume olie en V volumes etanol helder is en helder bly na inkrementele byvoeging van etanol tot en met 20 volumes etanol (ISO 875, 1981). Die woord "melkerig" verwys na die troebel aard van die mengsel etanol en olie indien menging tot en met 20 volumes etanol nie volledig plaasgevind het nie en die oplossing deurgaans melkerig vertoon het. Die mengbaarheid van die olies met etanol (ISO 875, 1981) word weergegee in Tabel 3.3.2.1.

**Tabel 3.3.2.1. : Mengbaarheid met etanol**

<b>Etanol (%)</b>	<b>Watergedistilleerde olie</b>	<b>Mikrogolfgedistilleerde olie</b>
55	Melkerig	Melkerig
60	Melkerig	Melkerig
65	Melkerig	Melkerig
70	Melkerig	Melkerig
75	Mengbaar vanaf 17.9 V	Mengbaar vanaf 17.0 V
80	Mengbaar vanaf 11.5 V	Mengbaar vanaf 7.0 V
85	Mengbaar vanaf 8.4 V	Mengbaar vanaf 3.1 V
90	Mengbaar vanaf 4.9 V	Mengbaar vanaf 2.2 V
95	Mengbaar vanaf 1.4 V	Mengbaar vanaf 1.9 V

Uitgesonderd die lesing by 95% etanol, was mikrogolfgedistilleerde olie deurgaans meer etanol mengbaar.

### **3.3.3.Fenol-inhoud**

Die fenol-inhoud van die olies is bepaal soos voorgeskryf (ISO 1272, 1973). 'n Emulsie het gevorm en was teenwoordig selfs na die voorgeskrewe xileen byvoeging. Die eksperiment is



herhaal met 'n 2 ml xileen byvoeging vóór die aanvanklike KOH byvoeging. Watergedistilleerde olie se volumeperentasie fenol-inhoud is as 9% verkry terwyl dié van mikrogolfgedistilleerde olie bykans dieselfde, nl. 8%, was.

### 3.3.4. Karbonielgetal

Die produk van die reaksie van 'n karbonielverbinding met hidroksielamien is 'n oksiem. Die karbonielwaarde van 'n essensiële olie is die aantal mg KOH benodig om die HCl vrygestel tydens die oksimeringsreaksie van 1 g olie met hidroksielammoniumchloried te neutraliseer (ISO 1271, 1983).

Tabel 3.3.4.1. bevat die olies se karbonielwaardes (ISO 1271, 1983). Daar is besluit op toetsmonstergroottes van deurgaans  $2 \pm 0.03$  g en die mengsel is vir 4 ure by die heersende omgewingstemperatuur gelaat voor titrasie, aangesien geen riglyne vir *L. scaberrima* olie bestaan nie. Die karbonielgetal van mikrogolfgedistilleerde olie is aansienlik hoër as dié van watergedistilleerde olie.

**Tabel 3.3.4.1. : Karbonielgetalle**

Eksperiment nommer	Watergedistilleerde olie	Mikrogolfgedistilleerde olie
1	36	55
2	38	61

### 3.3.5. Suurgetal

Die suurgetal van 'n essensiële olie is die aantal mg KOH benodig om die vry sure in 1 g olie te neutraliseer (ISO 1242, 1973). Suurgetalle word getoon in Tabel 3.3.5.1. (ISO 1242, 1973). Fenolrooi is as indikator tydens titrasies gebruik omdat beide olies wel oor fenoliese verbindings beskik. Die olies is vergelykbaar arm aan suur-verbindings.

**Tabel 3.3.5.1. : Suurgetalle**

<b>Eksperiment nommer</b>	<b>Watergedistilleerde olie</b>	<b>Mikrogolfgedistilleerde olie</b>
1	0.6	0.7
2	0.6	0.8

ISO 1242 vereis dat die volume KOH-oplossing benodig vir neutralisasie gedurende 'n titrasie meer as 3 ml moet wees. Alhoewel die volumes KOH-oplossing gebruik minder as 3 ml was (nl. 0.21–0.22 ml vir watergedistilleerde olie en 0.25–0.27 ml vir mikrogolfgedistilleerde olie), is twee suurgetalwaardes met genoegsame onderlinge ooreenstemming vir elke olie verkry. (ISO 1242 vereis 'n verskil van minder as 0.2 t.o.v. suurgetalwaardes bepaal vir dieselfde olie.) Selfs 7 g olie is deur minder as 1 ml KOH-oplossing geneutraliseer en om die toetshoeveelhede olie te beperk is daar deurgaans van  $2 \pm 0.006$  g olie per toets gebruik gemaak. Vir verhoogde akkuraatheid is alle titrasies met 'n 1 ml pipet uitgevoer en nie met 'n buret soos voorgestel in ISO 1242 nie.

### 3.3.6.Estergetal

Die aantal mg KOH benodig om die sure vrygestel tydens hidrolise van die esters teenwoordig in 1 g essensiële olie te neutraliseer word die estergetal genoem (ISO 709, 1980). Estergetalle word getoon in Tabel 3.3.6.1. (ISO 709, 1980).

Fenolrooi is as indikator tydens titrasies gebruik en omdat geen vervaardigerspesifikasie vir *L. scaberrima* olie bestaan nie is die mengsels vir 'n gekose 2.5 ure in die kokende waterbad geplaas. Daar is deurgaans  $2 \pm 0.006$  g olie per toets gebruik.

**Tabel 3.3.6.1. : Estergetalle voor asetilering**

<b>Eksperiment</b>	<b>Watergedistilleerde olie</b>	<b>Mikrogolfgedistilleerde olie</b>
--------------------	---------------------------------	-------------------------------------

<b>nommer</b>		
1	14	11
2	14	11

Estergetalle na asetilering is bepaal (ISO 1241, 1996) en word weergegee in Tabel 3.3.6.2. Dieselfde inligting t.o.v. die indikator gebruik tydens titrasies, toetsmonstergrottes en tydsduur van koking as hierbo genoem het gegeld vir die eksperimentele lopies.

Estergetalle na asetilering word benodig ten einde die persentasies vry en totale alkohole te bereken. Die estergetalle voor asetilering is vergelykbaar maar die estergetalle na asetilering toon dat mikrogolfgedistilleerde olie oor meer esterverbindings beskik.

Ester substituenten in 'n molekule verhoog die polariteit daarvan. Hoe meer polêr 'n molekule is hoe meer mikrogolfstralingsenergie sal dit absorbeer. Die persentasie polêre molekules sal gevolglik hoër wees in mikrogolfgedistilleerde olie as in watergedistilleerde olie verkry vanaf dieselfde bron.

**Tabel 3.3.6.2. : Estergetalle na asetilering**

<b>Eksperiment nommer</b>	<b>Watergedistilleerde olie</b>	<b>Mikrogolfgedistilleerde olie</b>
1	47	55
2	46	59

### **3.3.7. Inhoud van vry en totale alkohole**

Deur gebruikmaking van die formules genoem in die literatuur (ISO 1241, 1996) en die estergetalle hierbo verkry, is die massapersentasies getoon in Tabel 3.3.7.1. bereken. Alhoewel

die massapersentasies betreklik hoog is moet in gedagte gehou word dat o.a. al die fenoliese verbindings ingereken is by die genoemde waardes.

**Tabel 3.3.7.1. : Vry en totale alkohol inhoud**

<b>Eksperiment nommer</b>	<b>Watergedistilleerde olie (Massapersentasie)</b>	<b>Mikrogolfgedistilleerde olie (Massapersentasie)</b>
1	34 (48)	46 (57)
2	33 (47)	50 (61)

Nota: Die getalle in hakies verwys na die totale alkohol inhoud.

Mikrogolfgedistilleerde olie besit 'n aansienlike groter persentasie verbindings met hidroksielgroepe. Hidroksielgroepe maak 'n molekule meer polêr en daar kan verwag word dat 'n metode soos mikrogolfdestillasie meer polêre molekules sal herwin, in vergelyking met bv. waterdestillasie.

### **3.3.8.Residu na verdamping**

Die ISO standaard vir bepaling van die residu na verdamping kon nie verkry word nie en daar is besluit op die volgende metode (vir bykomende inligting oor verdampingsresidue kan paragraaf 3.2.2. ook geraadpleeg word):

Watergedistilleerde olie (5.028 g) is in 'n horlosieglass geplaas in 'n oond by 298 K. Geen wisselwerking tussen die atmosfeer en die gasfase binne die oond het plaasgevind nie (behalwe ten tyde van daaglikse massabepalings) en die residuele gewig is daaglik genoteer oor 'n tydperk van 30 dae. Hierdie metode is herhaal vir die mikrogolfgedistilleerde olie in dieselfde oond (behalwe dat 4.9282 g olie gebruik is) en die resultate van beide eksperimente word getoon in Grafiek 3.3.8.1. Waardes verkry na 50 dae in die oond was as volg:

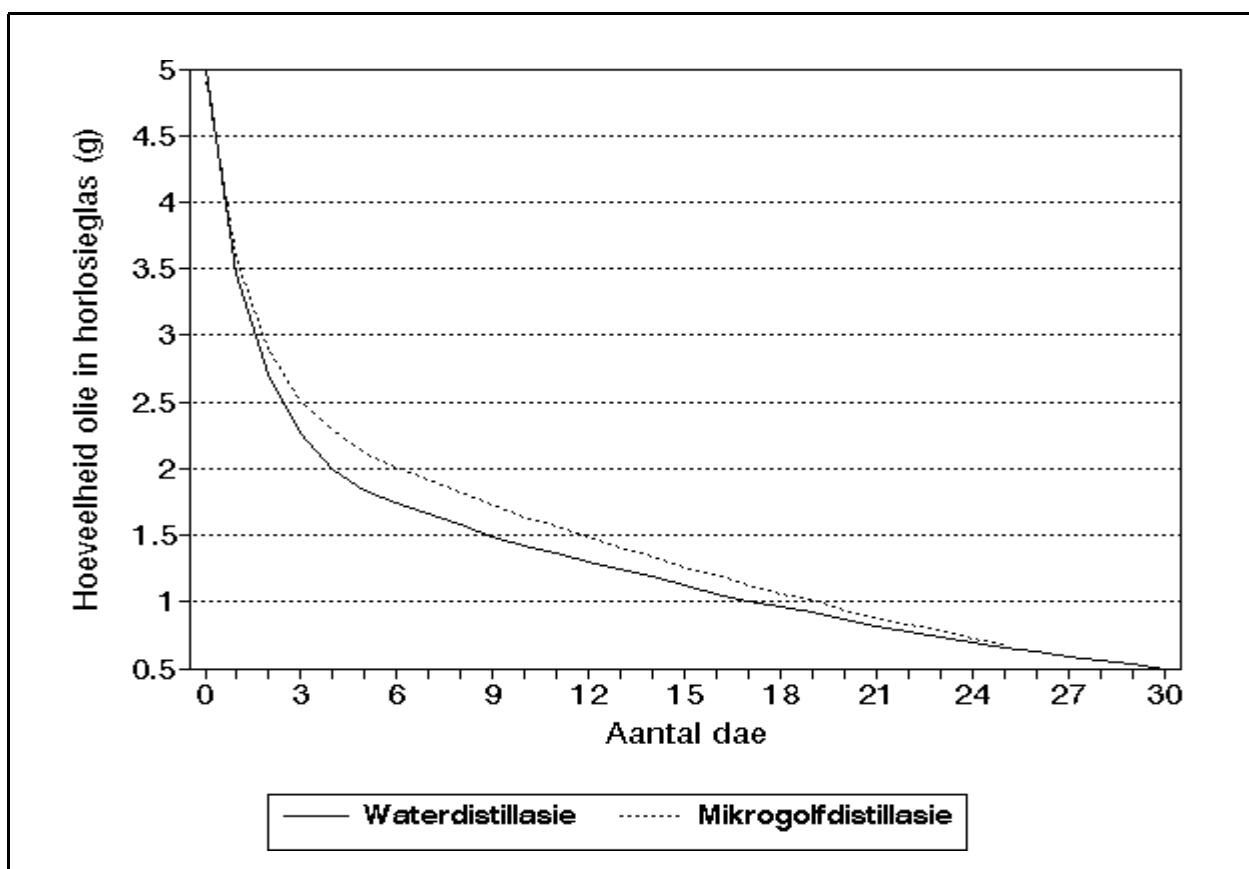
Watergedistilleerde olie: 0.1625 g

Mikrogolfgedistilleerde olie: 0.2371 g

Dit is duidelik dat die olies vergelykbare verdampingskurwes toon vir dae 1 en 2 van verdamping sowel as weer vanaf dag 21 (tot en met dag 30). Vanaf dag 3 tot en met dag 20 is die mikrogolfgedistilleerde olie egter ryker aan verbindings wat moeiliker verdamp.

A.g.v. die kompleksiteit van die samestelling van essensiële olies met spesifieke verwysing na die aantal samestellende verbindings waarvoor 'n olie kan beskik (Terblanché, 1995), word geen uitspraak gemaak betreffende die aard van die samestellende komponente wat verantwoordelik is vir die waargenome eksperimentele gedrag nie.

**Grafiek 3.3.8.1. : Residuele massas olie tydens verdamping**



### **3.4. Vergelyking van olies verkry met verskillende produksiemetodes**

Water- en mikrogolfgedistilleerde essensiële olie eienskappe wat identies is, is:

- Refraksie-indekse
- pH

Eienskappe met minimale verskille is:

- Vriespunte
- Soortlike gewigte
- Viskositeite
- Optiese rotasies
- Fenol-inhoud
- Suurgetalle
- Estergetalle voor asetilering

Aansienlike verskille is waargeneem t.o.v. die volgende fisiese en chemiese eienskappe:

- Kookpuntgebiede
- Mengbaarhede met etanol
- Karbonielgetalle
- Estergetalle na asetilering
- Vry alkohol-inhoud
- Totale alkohol-inhoud
- Residu na verdamping

Sommige van die eienskappe wat minimale verskille toon mag vir praktiese doeleindes vergelykbare produkte lewer (bv. t.o.v. vriespunte) en die belang van die verskille is dan weglaatbaar. Een produksiemetode mag ook bo 'n ander verkies word as bv. 'n essensiële olie met bepaalde eienskappe soos 'n hoë mengbaarheid met etanol verwag word. Die gekose

toepassing van die olie sal in sulke gevalle die deurslag gee.

In vergelyking met die waardes genoem in paragraaf 2.2.2. en Tabel 2.2.2.2 kan die volgende kortliks genoem word:

Die enigste bekende literatuurwaarde vir die SG van *L. scaberrima* olie, nl. 0.9500, (Power & Tutin, 1907) is gering hoër as die huidige waardes. Verskeie redes vir die verskille kan aangevoer word bv. plantmateriaal faktore soos oorsprong daarvan, produksiefaktore m.b.t. die proses gevolg om die olie te herwin, verskille in temperatuur tydens bepaling van die eienskap, ens.

Dieselfde redes as hierbo geld vir die enigste bekende literatuurwaarde van die optiese rotasie van *L. scaberrima* olie, nl.  $+7^{\circ}36' = +7,6^{\circ}$  (Power & Tutin, 1907).

Tabel 2.2.2.2. toon merkwaardige ooreenkomste tussen die waardes verkry vir sommige eienskappe met hierdie studie en die waardes verkry in ander studies vir dieselfde eienskappe maar in ander *Lippia* spesies, bv. SG's, refraksie-indekse, optiese rotasies en suurwaardes. Sommige van die waardes is selfs identies.

Met hierdie deel van die studie is 'n reeks fisiese en chemiese eienskappe vir 'n (onbekende) essensiële olie afkomstig van *Lippia scaberrima* vir die eerste keer daargestel. Verder is twee essensiële olie produksiemetodes se produkte ook fisies en chemies vergelyk en kan meer ingeligte keuses t.o.v. die meer geskikte produksieproses in die toekoms gemaak word.

## **4. Enkelladingsmikrogolfdestillasie**

### **4.1. Eksperimenteel**

#### **4.1.1. Insameling van plantmateriaal**

Plantmateriaal is versamel op dieselfde plek as wat alreeds beskryf is (Terblanché, 1995) en geen nuwe herbarium bewyseksemplaar is geliasseer nie omrede hierdie bepaalde plantkolonie reeds só verteenwoordig word. Insamelingsdatums verteenwoordig koel, bewolkte dae en was as volg:

Enkelladingsmikrogolfdestillasie: 12 April 1996, 7 Mei 1996 en 8 Januarie 1997

Karakterisering van olie (waterdestillasie): 18 Januarie 1996

Karakterisering van olie (mikrogolfdestillasie): 8 Januarie 1997

Lugdroë plantmateriaal is in al die eksperimente gebruik tensy anders vermeld, omdat dit meer hanteerbaar is en makliker gestoor is as vars plantmateriaal. Dit was nodig om van lugdroë plantmateriaal gebruik te maak omdat die eksperimente etlike maande geduur het en dit daarom nie moontlik was (a.g.v. seisoenale beskikbaarheid, afstand vanaf die plantmateriaalbron, stoormoeilikhede met die plantmateriaal, ens.) om vars materiaal op 'n deurlopende basis te gebruik nie.

#### **4.1.2. Samestelling van plantmateriaal**

Blare en blomhofies verteenwoordig die nuttige plantdele vir olieherwinning vanuit *L. scaberrima*. Versamelde plantmateriaal (18 Januarie 1996 en 8 Januarie 1997) is bestudeer oor 'n tydperk van 10 dae direk na insameling om vas te stel watter persentasie van die totale massa die blomhofies en blare gesamentlik verteenwoordig. Die massapersentasie plantmateriaal wat benut kan word op enige gegewe tydperk gedurende die progressiewe drogingsperiode is van kommersiële belang.

Plantmateriaal is gedroog tydens berging in 'n koel vertrek sonder direkte sonlig- of oormatige



lugvloei blootstelling ten einde versnelde uitdroging te verhoed. Omgewingstemperature tydens die drogingsfase is geneem om 14h00 daaglik en het gewissel tussen 293 en 301 K. Plantmateriaalsamestelling en -voginhoud gedurende progressiewe droging word getoon in Tabel 4.1.2.1.

**Tabel 4.1.2.1. : Samestelling en voginhoud van ingesamelde plantmateriaal gedurende progressiewe droging**

Dag	Massa takkies (g)	Massa blare en blomhofies (g)	Totale massa (g)	% Vog in takkies	% Vog in blare en blomhofies
0	1340 (21)	4930 (79)	6270	78	78
1	960 (25)	2900 (75)	3860	63	67
2	620 (26)	1740 (74)	2360	52	57
3	770 (27)	2060 (73)	2830	47	44
4	590 (28)	1490 (72)	2080	40	28
5	630 (31)	1410 (69)	2040	38	22
6	670 (31)	1460 (69)	2130	29	21
7	790 (35)	1450 (65)	2240	21	19
8	730 (34)	1440 (66)	2170	20	17
9	750 (35)	1370 (65)	2120	18	16
10	890 (34)	1700 (66)	2590	18	16

- Notas:
- (1) Dag 0 verwys na vars plantmateriaal.
  - (2) Die totale hoeveelheid plantmateriaal sorteer was 30690 g, oftewel 8740 g takkies en 21950 g blare en blomhofies.
  - (3) Waardes in hakies verwys na massapersentasies t.o.v. plantmateriaalsamestellings.

(4) Droging is uitgevoer by 383 K vir 24 uur en ca. 20 g plantmateriaal (voor droging) is gebruik vir elke bepaling.

Die totale massa biologiese materiaal wat elke dag per hand sorteer is neem af vanaf die eerste lesing omrede die plantmateriaal voginhoud voortdurend daal. Indien dieselfde *volumetriese* hoeveelheid plante op bv. dae 1 en 4 sorteer word is die massa van dag 4 se sortering heelwat minder a.g.v. 'n hoeveelheid vog wat aan die atmosfeer afgegee is. Die voginhoud bereik na 10 dae van droging onder atmosferiese toestande is vergelykbaar met dié verkry na 370 drogingsdae onder soortgelyke toestande; en wat as ewewigswaardes aanvaar word, nl.

% Vog in takkies na 370 drogingsdae:	13 %
% Vog in blare en blomhofies na 370 drogingsdae:	14 %

#### **4.1.3.Opskaling van waterdistillasieapparaat**

Die standaardmetode en -apparaat gebruik vir waterdistillasie (Terblanché, 1995) is aangewend in twee reekse eksperimente, as volg:

##### **Vars plantmateriaal (blare en blomhofies gemeng):**

Datums van eksperimentele lopies:	96/02/28 tot 96/03/19
Plant gebruik per lopies:	ca. 100 g
Water gebruik per lopies:	400 tot 500 ml
Totale hoeveelheid olie verkry:	11.0 g
Totale plantmateriaal gebruik:	1798 g
Massapersentasie opbrengs:	0.61 % (Vars materiaal basis)

##### **Lugdroë plantmateriaal (blare en blomhofies gemeng):**

Datums van eksperimentele lopies:	96/04/04 tot 96/04/15
Plant gebruik per lopies:	ca. 100 g
Water gebruik per lopies:	400 tot 500 ml
Totale hoeveelheid olie verkry:	11.5 g
Totale plantmateriaal gebruik:	1094 g

Massapersentasie opbrengs: 1.05 % (Droë materiaal basis)

Die vars plantmateriaal olie opbrengs, uitgedruk op 'n droë plantmateriaal basis, is 11.0/0.22(1798) 2.78 % omdat vars plantmateriaal 78% vog bevat soos vermeld in Tabel 4.1.2.1. Hierdie opbrengs is die hoogste olie opbrengs ooit verkry vanuit *L. scaberrima*. Die verklaring is dat vars plantmateriaal oor meer olie beskik as lugdroë plantmateriaal en dat die waterdistillasie lopie van etlike ure moontlik meer olie kan herwin as die mikrogolfmetode van enkele minute. Vars plantmateriaal kon egter nie deurlopend benut word in die studie nie soos genoem in paragraaf 4.1.1. Een van die doelstellings van hierdie studie was ook om mikrogolfdistillasie as produksiemetode van essensiële olies te evalueer en te ontwikkel en daarom, alhoewel die mikrogolfdistillasie olie opbrengs laer mag wees as die waarde hierbo verkry, is sodanige mikrogolfdistillasie ontwikkelingswerk nodig ten einde die twee metodes sinvol te kan vergelyk.

Met vars plantmateriaal is slegs sowat 0.6 ml olie per lopie verkry. Aangesien elke lopie o.a. voorbereiding en reiniging van die distillasieapparaat behels het en heelwat olie benodig is vir elke eksperimentele bepaling van 'n spesifieke fisiese of chemiese eienskap, is 'n metode benodig waarvolgens meer olie per lopie verkry kon word.

Om 'n groter hoeveelheid olie vir eksperimentele doeleindes te verkry is die standaardapparaat opgeskaal deur die 1000 ml rondebolfles te vervang met een met 'n kapasiteit van 5000 ml. Dieselfde bedryfsprosedures is gebruik vir die aangepaste apparaat en die volgende resultate is behaal:

**Vars plantmateriaal (blare en blomhofies gemeng):**

Datum van eksperimentele lopie:	96/04/02
Plant gebruik vir die lopie:	374.7 g
Water gebruik vir die lopie:	2000 ml
Totale hoeveelheid olie verkry:	2.1 g
Massapersentasie opbrengs:	0.56 % (Vars materiaal basis)

**Lugdroë plantmateriaal (blare en blomhofies gemeng):**

Datum van eksperimentele lopie:	96/04/23
Plant gebruik vir die lopie:	200.1 g
Water gebruik vir die lopie:	2000 ml
Totale hoeveelheid olie verkry:	2.0 g
Massapersentasie opbrengs:	1.00 % (Droë materiaal basis)

Bg. opbrengste is vergelykbaar met dié verkry met die standaardopstelling. Die aangepaste apparaat gevul met lugdroë plantmateriaal is gebruik om watergedistilleerde olie te verkry vir karakteriseringsdoeleindes. Lugdroë plantmateriaal word makliker geoes en is meer hanteerbaar.

**4.1.4. Invloed van verhouding water tot plantmateriaal gebruik by waterdistillasie**

Die invloed wat die verhouding water tot plantmateriaal gebruik uitoefen by waterdistillasie is weglaatbaar. Dit geld solank as wat daar genoeg water is om effektiewe olieherwinning te verseker, plantmateriaal nie verbrand nie, ens.

Om 'n werkbare verhoudingsgebied te bepaal is 'n reeks eksperimente uitgevoer waar die verhouding water tot plantmateriaal gebruik gewissel is. Die resultate word getoon in Tabel 4.1.4.1.

**Tabel 4.1.4.1. : Invloed van verhouding water tot plantmateriaal gebruik (Waterdistillasie)**

<b>Water gebruik per lopie (ml)</b>	<b>Totale plant gebruik (g)</b>	<b>Totale olie verkry (g)</b>	<b>% Olie opbrengs</b>
1750	1400.4	14.7	1.05
2000	1401.4	13.7	0.98
2250	1401.1	13.9	0.99
2500	1400.9	13.5	0.96

2750	1400.5	13.3	0.95
------	--------	------	------

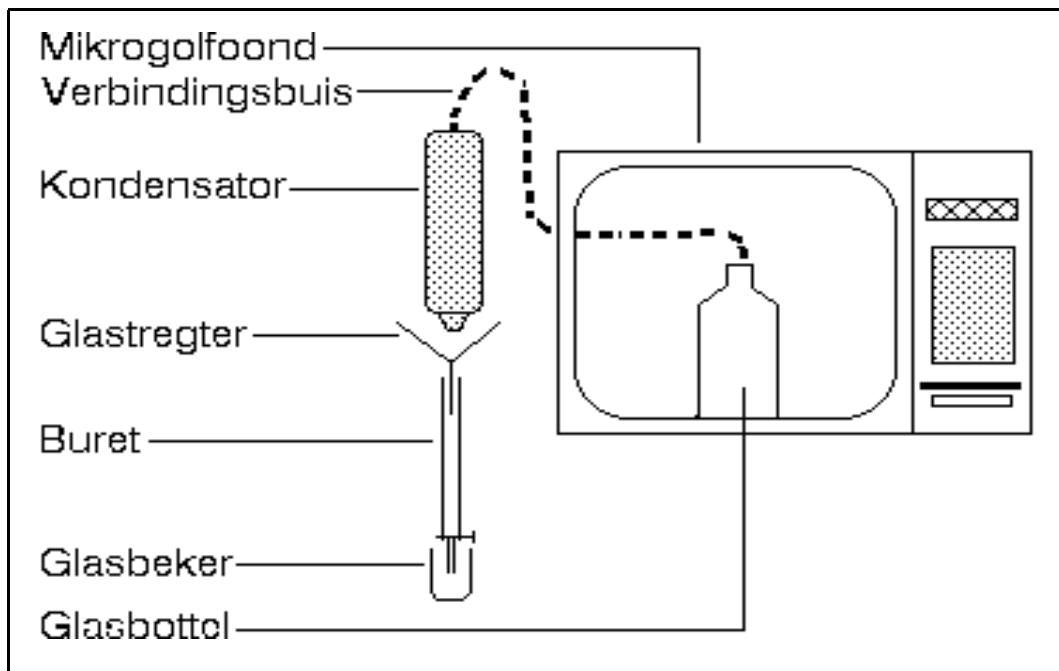
Nota: Sewe lopies is uitgevoer vir elke datapunt (96/05/28 tot 96/06/28) en  $200 \pm 0.2$  g lugdroë plantmateriaal is gebruik per lopies. Totale hoeveelhede plantmateriaal gebruik per eksperiment was  $7 \times 200 \pm 0.2$  g 1400 g.

Vir alle praktiese doeleindes het wisseling in die verhouding water tot plantmateriaal gebruik by waterdistillasie geen invloed op opbrengs nie. Opbrengsverskille kan die gevolg wees van plantsamestellingsverskille. Die verhouding blare tot blomhofies het gewissel per lopies en individuele plantdele (bv. 'n blomhofie) beskik nie oor 'n vaste, konstante olie-inhoud nie. In ca. 1400 g plantmateriaal behoort sodanige verskille 'n weglaatbare invloed te hê. Die afname in opbrengs getoon in die laaste kolom van Tabel 4.1.4.1. dui op massa-oordragsbeperkings wat 'n al groter rol begin speel.

#### **4.1.5. Standaard bedryfsprosedure**

Die enkelladingsmikrogolfdestillasieapparaat getoon in Figuur 4.1.5.1. is vir al die eksperimente gebruik. Geen beskrywing van die apparaat word hier verstrekk nie omrede die apparaat deeglik beskryf en toegelig is in die literatuur (Terblanché, 1995).

#### **Figuur 4.1.5.1. : Enkelladingsmikrogolfdestillasieapparaat**



Enkelladingsmikrogolfdestillasie het ten doel gehad sistematiese ondersoek van 'n aantal belangrike veranderlikes geïdentifiseer in hoofstuk twee. Elke eksperimentele datapunt se waarde is verkry deur die totale olie-opbrengs te neem van vyf eksperimentele lopies. Die standaard bedryfsprosedure waarvolgens 'n spesifieke loping uitgevoer is, was as volg:

1. Lugdroë plantmateriaal is afgeweg ( $40 \pm 0.1$  g) en die massa daarvan noteer. Die plantmateriaal het bestaan uit onverdeelde heel blare en blomhofies en was verteenwoordigend van die natuurlike verdeling wat daar in *L. scaberrima* bestaan tussen blare en blomhofies. Geen sortering om blare óf blomhofies te bevoordeel is uitgevoer nie.
2. Plantmateriaal is met 'n plastiectregter oorgedra na die binnekant van 'n 500 ml Schott reagensfles. Hierdie glasbottel het gedien as destillasiefles.
3. Gedistilleerde water (ca. 100 ml) is toegevoeg tot die fles m.b.v. 'n glasbeker en/of glastregter.
4. Die fles is in die mikrogolfoond geplaas en 'n rubberprop, geheg aan die silikonrubber verbindingsbuis wat die oond verlaat, is aan die bokant in die fles vasgedruk. Die seëlmetode het gedien as veiligheidsmeganisme (drukontlastingsklep) deurdat die rubberprop losgebreek het van die destillasiefles indien die druk binne-in die fles dit regverdig het. Sodanige gebeurtenis het gepaard gegaan met 'n skielike drukverlaging in

die distillasiefles en gelei tot verspreiding van plantmateriaal deur die hele oond. Resultate van só 'n lopie is nie gebruik nie.

5. Daar is bevestig dat die mikrogolfoond steeds op volle sterkte ingestel was en die oonddeur is toegemaak.
6. Daar is bevestig dat die tydmeganisme waarmee die tydsduur van irradiasie beheer is, op presies vyf minute ingestel was. Hierdie tydmeganisme is deurlopend gekontroleer ten einde betroubaarheid daarvan te bevestig.
7. Watertoevoer deur die kondensator het in aanvang geneem en daar is bevestig dat geen verstoppings, ens. teenwoordig was nie. Die watertoevoertempo was deurgaans genoegsaam om bykans volkome kondensasie van die dampmengsel in die kondensator te verseker ten einde olieverliese te minimeer.
8. Irradiasie het in aanvang geneem.
9. Kondensaat het deurlopend in die buret geskei in 'n essensiële olielaag wat bo-op 'n waterlaag gedryf het. Indien die vlak van die water- en olieskeiding te hoog gestyg het en die gevaar ontstaan het dat olie verlore kon gaan vanuit die buret, is water uitgelaat m.b.v. die buret se kraan.
10. Na vyf minute van irradiasietyd is ca. 100 ml gedistilleerde water op dieselfde wyse as voorheen tot die distillasiefles toegevoeg.
11. 'n Verdere vyf minute van irradiasie het plaasgevind.
12. Die oonddeur is oopgemaak en ca. 100 ml gedistilleerde water is weereens op dieselfde wyse as voorheen tot die distillasiefles toegevoeg.
13. Die finale vyf minute irradiasieperiode het in aanvang geneem nadat die rubberprop bo-in die distillasiefles geplaas en die oonddeur toegemaak is.
14. Na afloop van die laaste irradiasieperiode is die distillasiefles uit die mikrogolfoond gehaal en die plantmateriaal ontbloot van essensiële olie met 'n spatel daaruit verwyder; waarna die fles deeglik gewas, uitgespoel en onder atmosferiese toestande gedroog is.

Bg. metode verteenwoordig die standaardprosedure uitgevoer vir 'n enkele lopie. Die totale irradiasietyd was 15 minute (driekeer 5 minute irradiasieperiodes), totale water bygevoeg 300 ml (100 ml aanvanklik en twee latere byvoegings van 100 ml elk) en die totale hoeveelheid plantmateriaal gebruik ca. 40 g. Tydens só 'n lopie is verkoelingswatervloei deurgaans

gehandhaaf en nie gedurende watertoevoegings tot die fles onderbreek nie. Soortgelyk is oortollige water voortdurend uit die buret gelaat.

Wanneer water uit die buret gelaat word kleef 'n aantal oliemolekules aan die wande daarvan vas (adhesie) soos wat die skeidingsvlak tussen olie en water in die buret daal. Die uiteinde van hierdie vlugtige oliemolekules is die atmosfeer waar dit verlore is vir die resultate van die lopie. Om hierdie waargenome effek te minimeer is sorg gedra dat die skeidingsvlak so na as moontlik aan die buret se kraan as wat prakties haalbaar was gehou is. Bykomende tegniese inligting rakende die opstelling is in die literatuur (Terblanché, 1995) beskikbaar.

Om meer akkurate olie opbrengsbepalings te verseker het elke eksperiment bestaan uit vyf saamgevoegde eksperimentele lopies. Eksperimentele lopies is sover moontlik direk opeenvolgend uitgevoer sodat die totale hoeveelheid olie verkry vir vyf lopies alreeds saamgevoeg is in die buret. Die totale hoeveelheid plantmateriaal gebruik tydens 'n eksperiment was ca.  $5 \times 40 \text{ g} = 200 \text{ g}$ . Vir elke eksperimentele datapunt is 'n volledige eksperiment uitgevoer, m.a.w. elke datapunt verteenwoordig die olie-opbrengs verkry vanuit 200 g plantmateriaal.

Hierdie hoeveelheid plantmateriaal is doeltreffend geag ten einde wisseling tussen o.a. verskille in die verhouding blare tot blomhofies in afsonderlike lopies uit te skakel. Die olie-opbrengs vanuit 200 g plantmateriaal vir enige spesifieke stel eksperimentele toestande kan verder beskou word as 'n meer betroubare maatstaf van die werklike olie-inhoud van die plantmateriaal as wat die geval sou wees indien slegs 40 g plantmateriaal gebruik is. Bykomende motivering is die feit dat essensiële olies in relatiewe klein hoeveelhede in biologiese materiaal voorkom en t.o.v. die produk verkry onder bogemelde bedryfstoeestande kan 'n hoeveelheid van selfs so min as 100 milligram 'n invloed op die resultate uitoefen.

Die olie-opbrengs van die vyf saamgevoegde lopies is uit die buret getap en m.b.v. herhaalde gedistilleerde water uitspoeling van die buret is verseker dat die totale hoeveelheid olie aanwesig in die buret so volledig as moontlik herwin is. Die moontlikheid van atmosferiese verdamping van oliemolekules uit die buret uit bestaan. Die eksperimentele opstelling toon egter duidelik dat die glastregter bo-in die buret wisselwerking tussen vlugtige oliemolekules en die atmosfeer tot



'n groot mate verhoed.

Die resulterende olie- en watermengsel is na 'n glasflessie met skroefprop oorgeplaas d.m.v. die buret se kraan. Die water is verwyder vanuit hierdie olie- en watermengsel soos beskryf in die literatuur (Terblanché, 1995: 56).

Sorg is gedra dat ongewenste chemiese reaksies, ensiematiese- en mikroörganisme aktiwiteit op die plantmateriaal en essensiële olie geminimeer word, tydens sowel as na plantmateriaalinsameling en olieherwinning. Die oesmetode vir verskillende plante en op verskillende datums het so eenvormig as moontlik geskied ten einde uniformiteit van plantmateriaal wat gebruik is vir distillasie-eksperimente te probeer handhaaf het. Slegs ooglopend gesonde plantmateriaal is ingesamel. Tydens bedryf van die eksperimentele lopies onder atmosferiese druk is gekontroleer dat daar eweredige verspreiding van biologiese materiaal in die distillasiefles was sowel as volledige en effektiewe dampkondensasie in die kondensator.

Die binnekoms van onsuiverhede in die sisteem in, op welke wyse ookal, is sover moontlik verhoed. Geen voorafbehandeling soos weking of sifting is uitgevoer nie tensy voorafbehandeling spesifiek vermeld word.

#### **4.1.6. Veranderlikes ondersoek**

Optimum essensiële olie kwaliteit is nie noodwendig vergelykbaar met maksimum olie-opbrengs nie. Ondersoek en interpretasie van die invloed van verskillende veranderlikes op olie-opbrengs lei tot meer effektiewe herwinning van oliekomponente. Voordat oliekwaliteitsontwikkeling kan geskied moet die invloed van belangrike veranderlikes t.o.v. die opbrengs eers bepaal word.

Die standaard eksperimentele bedryfsprosedure is deels gewysig vir bepaling van die invloed van enige spesifieke veranderlike ten einde daardie veranderlike te akkomodeer. Bv., irradiasietydsduur het gewissel tydens ondersoek na die invloed van irradiasietyd op opbrengs. Al die ander aspekte betrokke by die standaard bedryfsprosedure is onveranderd gehandhaaf. Wysigings rakende die standaard bedryfsmetode word hierna afsonderlik aangetoon vir elkeen van die veranderlikes ondersoek.

#### **4.1.6.1.Irradiasietydsduur**

Die enigste aanpassing wat gemaak is t.o.v. die standaard bedryfsprosedure is dat nie van drie 5 minute irradiasieperiodes per lopie gebruik gemaak is nie. Irradiasietye het gewissel vanaf 2 minute per keer (6 minute totale irradiasietyd per lopie) tot 8 minute per keer (24 minute totale irradiasietyd per lopie) met intervalle van 1 minuut per keer (3 minute per lopie) tussen eksperimente. Elke eksperiment het bestaan uit vyf lopies uitgevoer by 'n totale irradiasietyd van 6 minute lopies, 9 minute lopies, ens.

#### **4.1.6.2.Verhouding water tot plantmateriaal gebruik**

Die verhouding water tot plantmateriaal gebruik vir die standaard prosedure was 100 ml/40 g = 2.5 ml water per gram plantmateriaal. Al wysiging wat nodig was was om die hoeveelheid water (wat driemaal bygevoeg is tydens 'n lopie) te wissel. 'n Water tot plantmateriaal gebruik verhouding van 1.25 ml/g dui daarop dat 50 ml water driemaal (in totaal 150 ml) bygevoeg is gedurende 'n enkele distillasielopie. Water tot plantmateriaal gebruik verhoudings is ondersoek in die gebied 1.25 tot 3.125 ml water/g plantmateriaal.

#### **4.1.6.3.Voginhoud van plantmateriaal**

Die standaard bedryfsprosedure maak gebruik van lugdroë plantmateriaal. Ten einde die invloed van die plantmateriaal se voginhoud net voor distillasie t.o.v. olie-opbrengs te ondersoek is plantmateriaal gebruik wat oor verskillende hoeveelhede vog beskik het. Vars plantmateriaal is toegelaat om wisselende voginhoudswaardes te bereik deur die mate van lugdroging wat dit ondergaan te beheer. By elke eksperimentele punt is 'n reeks lopies uitgevoer en die voginhoud bepaal volgens die metode genoem in Nota (4) onderaan Tabel 4.1.2.1. Die totale voginhoudsgebied tussen vars en lugdroë plantmateriaal is ondersoek.

#### **4.1.6.4.Hersirkulering van water**

Gedurende distillasie word die waterfraksie van die distillaat wat in die buret versamel voortdurend verwyder. Die samestelling van die distillaat waterfraksie is gewysig vanaf gedistilleerde water wat tot die oond toegevoeg is aan die begin van 'n lopie tot water wat wateroplosbare oliekomponente en ander ekstraheerbare hidrofiliese verbindings bevat. By hersirkulasie is hierdie distillaatwater tot die plantmateriaal in die mikrogolfoond toegevoeg, en wel as volg: Vir bv. 20 % hersirkulasie is 20 ml distillaatwater tesame met 80 ml gedistilleerde water tweekeer toegevoeg tydens elkeen van die vyf lopies wat by 20 % hersirkulasie uitgevoer is. Die eerste irradiasieperiode van vyf minute is vir al die lopies uitgevoer deur slegs gedistilleerde water te gebruik, waarna 'n mengsel van gedistilleerde- en distillaatwater tweekeer bygevoeg is.

Minder as 70 ml water het afgedistilleer in die eerste vyf minute van irradiasie en vir hoër hersirkulasie persentasies kon gevolglik nie genoeg water herwin word vanuit die buret gedurende die eerste irradiasieperiode nie. Die distillaatwater van vorige eksperimente is benut om die hoeveelheid distillaatwater wat toegevoeg moes word tot op die vereiste waarde aan te vul.

Hierdie maatreël het verseker dat die gebied tussen 0 en 100 % hersirkulasie ondersoek kon word.

#### **4.1.6.5. Verdelingsgraad van plantmateriaal**

Verdelingsgraad verwys na die fisiese grootte van die plantmateriaal brokstukke waaruit olie herwin word. Heel plantmateriaal is vir die standaard lopie gebruik. Fisiese verkleining van plantmateriaal is uitgevoer deur dit met 'n meganies aangedrewe lem te kerf. Hierna is dit gesif in verskillende groottefraksies waarna distillasie van die onderskeie fraksies so spoedig as moontlik in aanvang geneem het. Distillasie het direk gevolg na groottereduksie om olieverliese aan die omgewing te minimeer.

#### **4.1.6.6. Byvoeging van oppervlakspanningsmodifiseerder**

Om hierdie veranderlike te ondersoek is gebruik gemaak van fyn verdeelde plantmateriaal (1 mm < plantdeel 2.36 mm), omdat elke plant brokstukkie dien as 'n kokingskern. Te fyn verdeelde materiaal (< 1 mm) het te heftig opgekook en is meegesleur saam met die damp om die buret te verstop. Heel (onverdeelde) plantmateriaal benodig weer nie 'n oppervlakspanningsmodifiseerder vir suksesvolle distillasielopies nie. Plantmateriaal is voorberei soos genoem in paragraaf 5.2.5., en is soortgelyk aan die materiaal wat 370 dae tevore gekerf was. (Die plantmateriaal voorbereidingsmetode en ander inligting rakende hierdie veranderlike verskyn in hoofstuk 5 omrede oppervlakspanningsmodifisering veral van toepassing is in kontinue sisteme, alhoewel die effek daarvan met die enkelladingsapparaat ondersoek is.)

Verskillende hoeveelhede van die gekose oppervlakspanningsmodifiseerder (bespreek in paragraaf 5.2.6.) is eenmalig bygevoeg aan die begin van die gewysigde standaard bedryfsprosedure; die gebied 125 tot 2000 dpm is só gedek.

#### **4.1.6.7. Voorafbehandeling nl. weking**

Elke lopie se lading plantmateriaal (40 g) is by 300 ml gedistilleerde water (die totale

hoeveelheid wat gebruik is vir die lopie) gevoeg. Hierdie mengsel is vir die toegelate tydperk gewee, in 'n houer wat wisselwerking met die atmosfeer verhoed het. Net voor distillasie in aanvang geneem het, is 200 ml van die wekingswater afgegooi in 'n nuwe glasbeker en in twee gelyke dele verdeel. Die distillasielopie is verder soos die standaardlopie hanteer met byvoegings van 100 ml wekingswater na elke 5 minute irradiasieperiode. Wekingstyd tussen 0 minute en 1440 minute (24 uur) is eksperimenteel ondersoek.

#### **4.1.6.8.Ladingsgrootte**

'n Gekose massa plantmateriaal (bv. 50 g) is met 'n hoeveelheid water gemeng wat in ooreenstemming is met die standaard bedryfsprosedure se plantmateriaal tot water verhouding. Vir 50 g plantmateriaal is m.a.w.  $50 (2.5) = 125$  ml water driekeer tydens 'n lopie bygevoeg. Die plantmateriaal ladingsgrootte is ondersoek in die gebied 20 g tot en met 50 g ladings.

#### **4.1.6.9.Distillasiekinetika**

Distillasiekinetika is ondersoek vir die eerste 20 minute van irradiasie tydsduur. Die hoeveelheid olie sowel as distillaatwater verkry is met inkremente van een minuut noteer, vanaf 0 minute tot by 20 minute. Sodoende kon die inkrementele kumulatiewe essensiële olie opbrengs en distillaatwater bereken word.

Gedistilleerde water (100 ml) is aanvanklik by die plantmateriaal van die lopie (40 g) gevoeg sowel as na elke 5 minute irradiasieperiode. Dit beteken 'n totale hoeveelheid gedistilleerde water van 400 ml is vir 'n lopie gebruik. Die bykomende 100 ml water (t.o.v. die standaardlopie) is nodig geag a.g.v. die bykomende 5 minute irradiasieperiode. Soos vir al die veranderlikes ondersoek is elke eksperimentele datapunt verkry verteenwoordigend van 200 g plantmateriaal, oftewel 5 saamgevoegde lopies.

#### **4.1.6.10.Alternatiewe oplosmiddel**

Die alternatiewe oplosmiddel wat gebruik is, was 99% etanol. Motivering vir dié keuse kan

gevind word in paragraaf 4.3.11. Omdat die oplosmiddel gebruik 'n wesenlike invloed uitoefen op die oliemolekules wat herwin word, is die invloed van etanol as ekstraksiemiddel waar moontlik ondersoek by die verskillende gedefinieerde optimum eksperimentele toestande soos bepaal deur die reekse eksperimente hierbo beskryf. Sodoende kon 'n goeie vergelyking getref word tussen water en etanol as oplosmiddels. Daar is besluit op die volgende metode om etanol se effek te evalueer:

Die standaardlopie is uitgevoer met die enigste verskil dat 100 ml etanol driemaal bygevoeg is i.p.v. die gedistilleerde water. Hierna is die verskillende optimumtoestande (soos geïdentifiseer in die paragrawe wat direk volg) vir die volgende veranderlikes ondersoek, met die enigste verskil dat etanol i.p.v. water gebruik is:

- Irradiasietydskuur
- Verhouding etanol tot plantmateriaal gebruik
- Plantmateriaal voginhoud
- Hersirkulering van afgedistilleerde etanol
- Plantmateriaal verdelingsgraad
- Voorafbehandeling nl. weking

Die volgende veranderlikes is nie ondersoek met etanol nie a.g.v. die genoemde redes:

- Geen byvoeging van oppervlakspanningsmodifiseermiddels is uitgevoer nie omdat die twee oplosmiddels se optimumwaardes so drasties sal verskil dat die hele eksperiment herhaal sou moes word met etanol om enigsins uitspraak te kan lewer oor waargenome gedrag. Hierdie stelling is deels waar vir al die veranderlikes vergelyk tussen etanol en water, maar die oorspronklike rede waarom 'n skuimweermiddel nodig geag is was omdat probleme met water se unieke chemiese eienskappe ondervind is deurdat dit die afsnygolfgeleiergrootte nadeling beïnvloed het, soos genoem in Hoofstuk 5. Verder is bepaal, soos bespreek in paragraaf 4.3.7., dat 'n oppervlakspanningsmodifiseerder sover moontlik vermy behoort te word vir mikrogolfherwinning van essensiële oliës.
- Beide ladingsgrootte en distillasiekinetika kan nie op 'n eenvoudige wyse vergelyk word

met resultate waar die oplosmiddel skielik verander het nie. Die hele reekse eksperimente sou vir beide veranderlikes herhaal moes word met etanol voordat die resultate enigsins vergelyk kon word. Beide veranderlikes se belang is t.o.v. opskaling van die mikrogolfdestillasieapparaat en/of ontwerp van kontinue apparaat. Water is egter verkieslik as oplosmiddel b6 etanol a.g.v. koste, beskikbaarheid, wegdoenbaarheid, produk bemarkbaarheid, ens. en sover moontlik behoort daar dus eerder gepoog te word om water in kommersiële prosesse te benut.

Die 5 minute irradiasieperiodes van die standaardlopie is vervang deur 3 minute irradiasieperiodes, wat driekeer herhaal is om 'n totale distillasietyd van 9 minute daar te stel. Hierdie maatreël het nodig geblyk nadat die eksperimente in aanvang geneem het. (Die latente verdampingswarmte van etanol is ca. 963 kJ/kg by 298 K (Perry, Green *et al*, 1984: 3.127) terwyl dié van water 2440 kJ/kg is by 298 K soos vermeld in paragraaf 5.2.1. Daarom verdamp etanol makliker as water en sal die magnetron skade gelyk het onder die eksperimentele toestande as die irradiasietydsduur nie verkort is nie.)

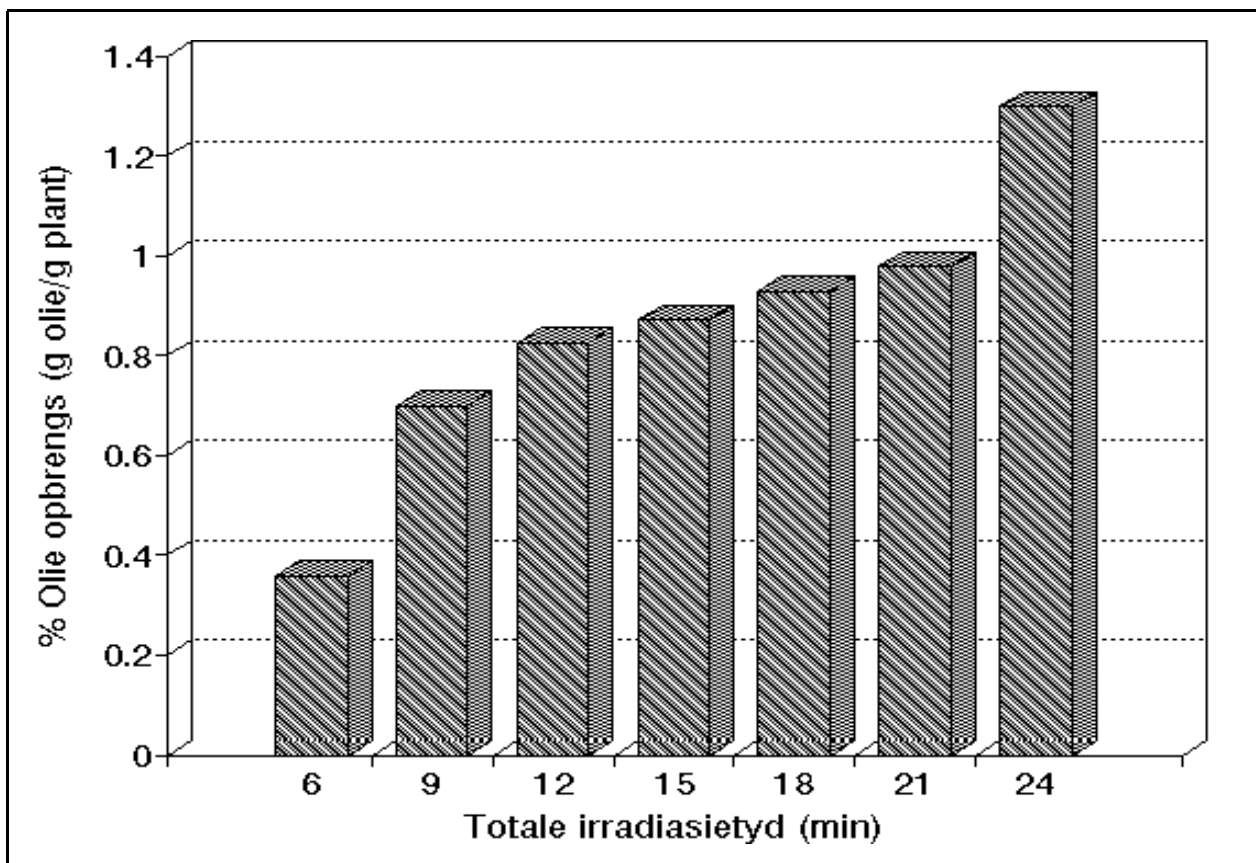
Etanol is verwyder vanuit die kondensaat d.m.v. distillasie uitgevoer oor 'n tydperk van 2 tot 3 ure waar die totale volume van die kondensaat verminder het vanaf meer as 1000 ml tot enkele ml. Die distillasielopie is gestaak as die temperatuur hoër as 368 K gestyg het en die produk daarna geweeg. Hierdie temperatuur is gekies om te verseker dat die water wat as deel van die etanolmengsel toegevoer is, ook verdamp het vanaf die produk.

## 4.2.Resultate

### 4.2.1.Irradiasietydsduur

Die invloed wat totale irradiasietyd per lopie het op essensiële olie-opbrengs word getoon in Grafiek 4.2.1.1. Die opbrengs neem toe met toename in irradiasietyd. Motivering vir die bepaalde gebied wat eksperimenteel ondersoek is sowel as verklarings vir waargenome gedrag kan vir hierdie sowel as die ander veranderlikes in paragraaf 4.3. en die onderafdelings daarvan gevind word.

**Grafiek 4.2.1.1. : Invloed van irradiasietydsduur op opbrengs**



### 4.2.2.Verhouding water tot plantmateriaal gebruik

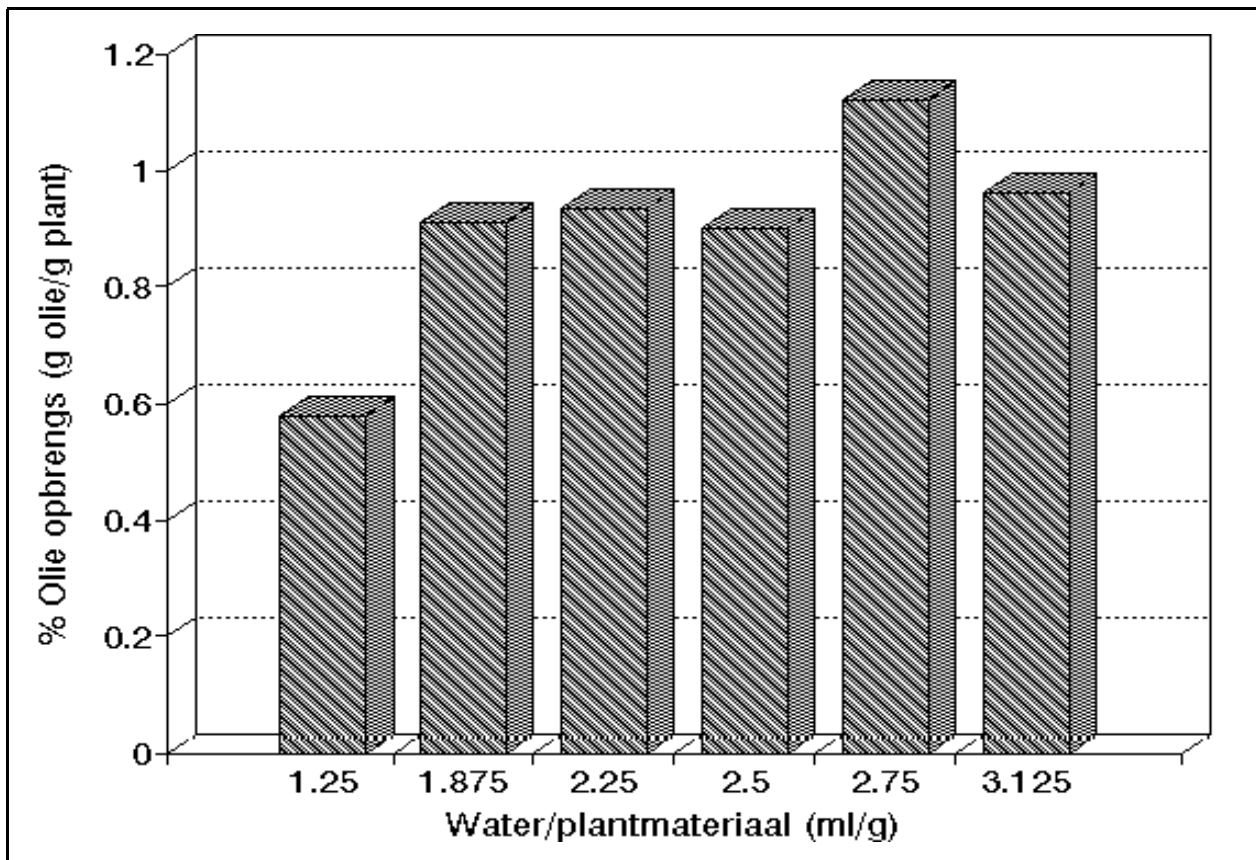
Die verhouding water tot plantmateriaal gebruik se invloed op olie-opbrengs word getoon in



Grafiek 4.2.2.1. Gedistilleerde water is gebruik in al die eksperimente en die absis-waardes kan dus ook geles word in eenhede van gram water gebruik/gram plantmateriaal gedistilleer.

'n Optimumwaarde vir die water tot plantmateriaal gebruik verhouding kan waargeneem word in die omgewing waar ca. 2.8 keer soveel (g/g of ml/g) water as plantmateriaal in die fles geplaas is. Hierdie optimumverhouding geld slegs by spesifieke eksperimentele toestande aangesien bv. 'n te kort irradiasietydperk daartoe lei dat al die water nie oordistilleer in die gegewe tyd nie en voortdurend vermeerder in die distillasiefles. In só 'n geval sal die optimumwaarde na 'n ander water tot plantmateriaal verhouding neig. 'n Genoegsame irradiasietydperk verseker dat die water en plantmateriaal sodanig verhit word dat effektiewe distillasie wel plaasvind. Die optimumverhouding is derhalwe o.a. afhanklik van die totale irradiasietyd waarby die ondersoek uitgevoer word.

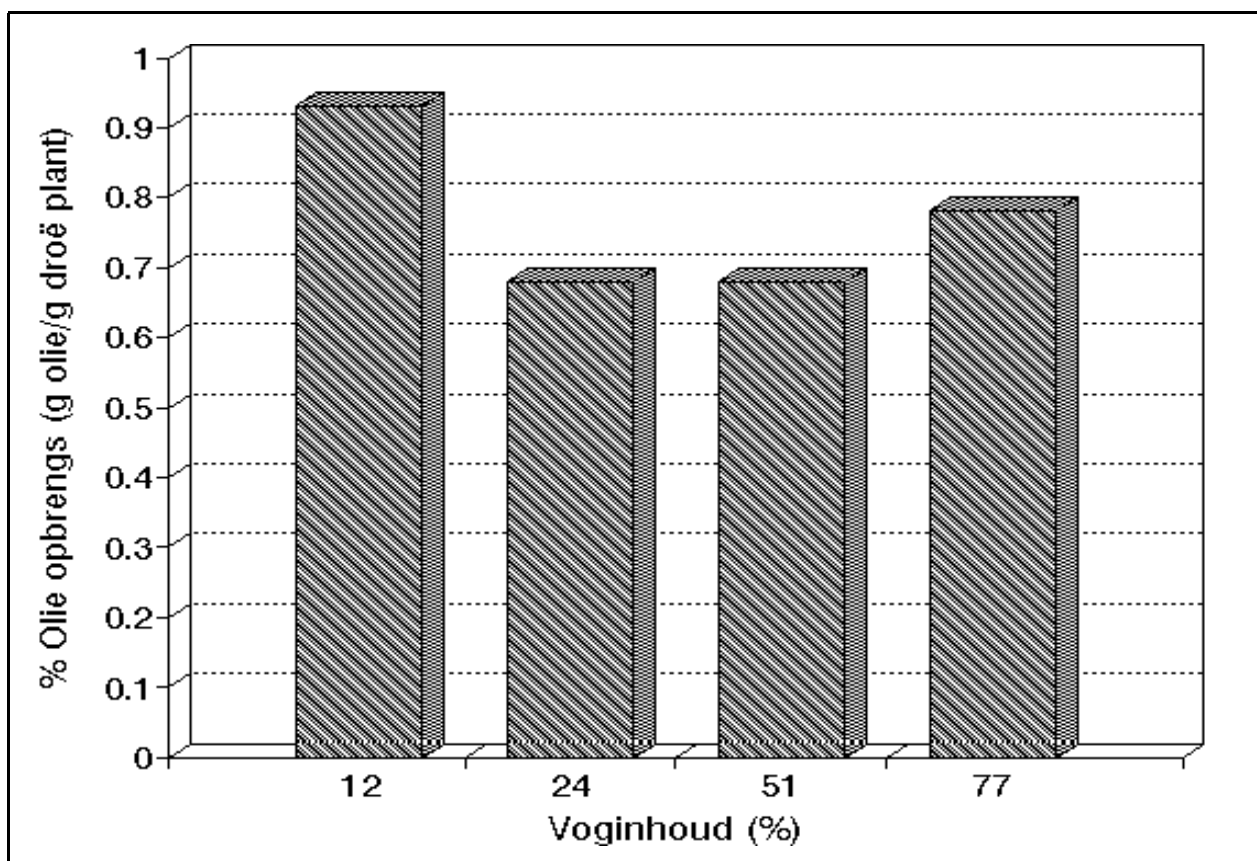
**Grafiek 4.2.2.1. : Invloed van verhouding water tot plantmateriaal gebruik op opbrengs**



#### 4.2.3. Voginhoud van plantmateriaal

Die invloed van die voginhoud waaroor die plantmateriaal beskik net voor distillasie teenoor olie-opbrengs word getoon in Grafiek 4.2.3.1. Die olie-opbrengs vanuit lugdroë plantmateriaal (12% vog) is die hoogste. Opbrengste getoon op die grafiek is bereken op 'n totaal droë plantmateriaal (0% vog) basis

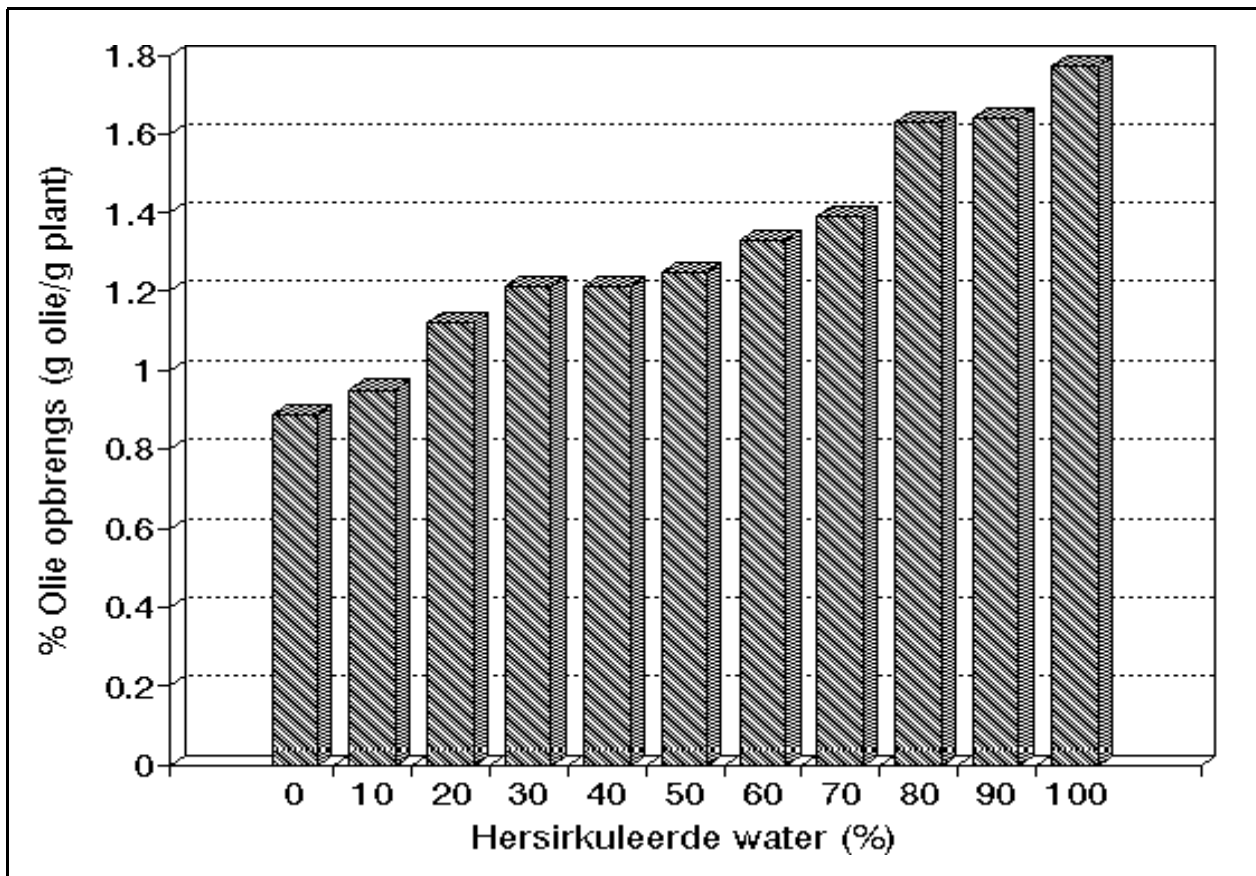
Grafiek 4.2.3.1. : Invloed van voginhoud op opbrengs



#### 4.2.4.Hersirkulering van water

Hersirkulering van die afgedistilleerde waterfase het 'n aansienlike invloed op essensiële olie-opbrengs, soos getoon in Grafiek 4.2.4.1. Olie-opbrengs verhoog progressief soos wat die persentasie gehersirkuleerde water vermeerder. Enige mate van hersirkulering van afgedistilleerde water bevoordeel verkryging van olie. By 100% hersirkulering is die hoogste olie-opbrengs wat verkry is gedurende enige enkelladingsmikrogolfdestillasie eksperiment, nl. 1.77%, behaal.

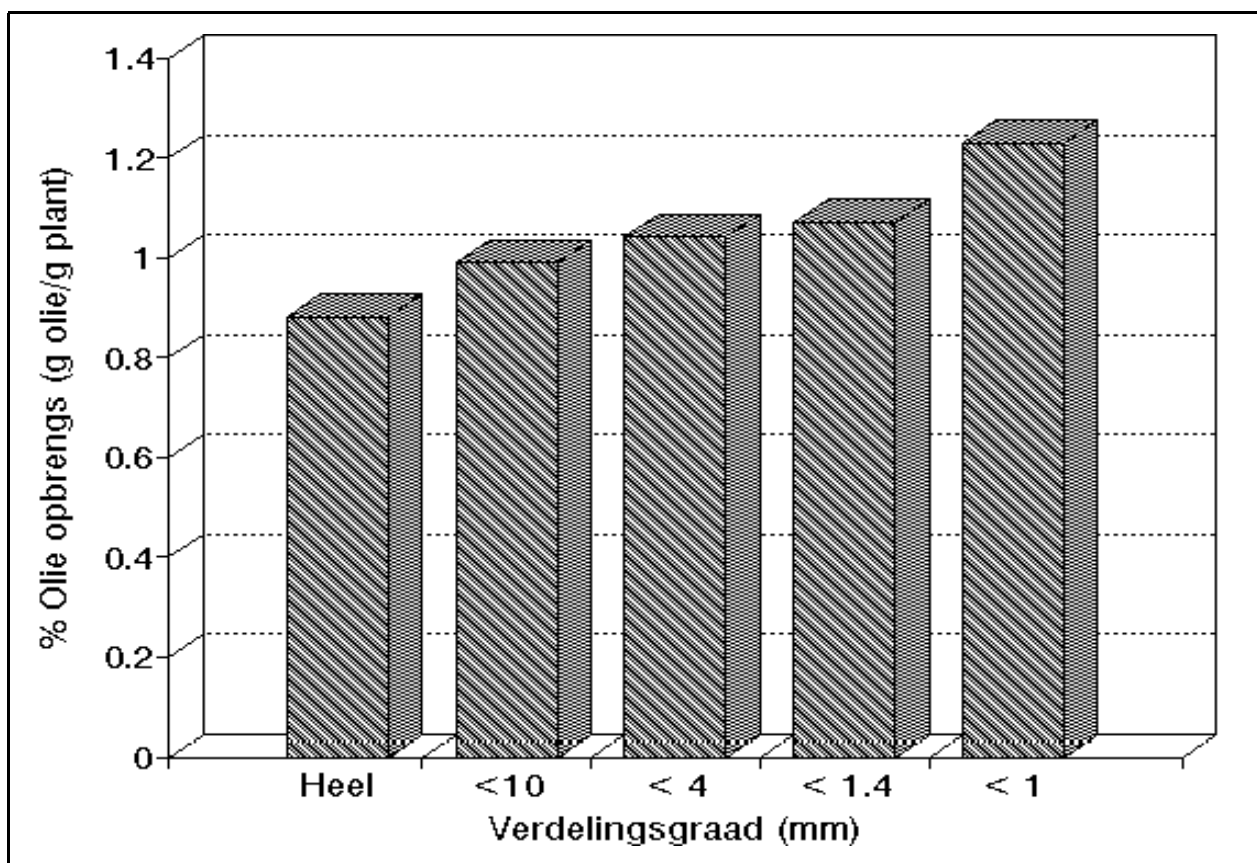
Grafiek 4.2.4.1. : Invloed van hersirkulasiewater op opbrengs



#### 4.2.5. Verdelingsgraad van plantmateriaal

Grafiek 4.2.5.1. toon olie opbrengste verkry deur plantmateriaal met verskillende fisiese groottes te gebruik. Hoe fyner die biologiese materiaal fisies verdeel was hoe hoër was die olie-opbrengs. Vir die kolom geïdentifiseer deur die frase "kleiner as een" bestaan die plantmateriaal uit deeltjies wat kleiner as 1 mm in deursnee was. Netso, vir die kolom beskryf deur "kleiner as 1.4" kan die plantmateriaaldeeltjies se groottes geneem word as om tussen 1 mm en 1.4 mm te lê.

Grafiek 4.2.5.1. : Invloed van verdelingsgraad op opbrengs



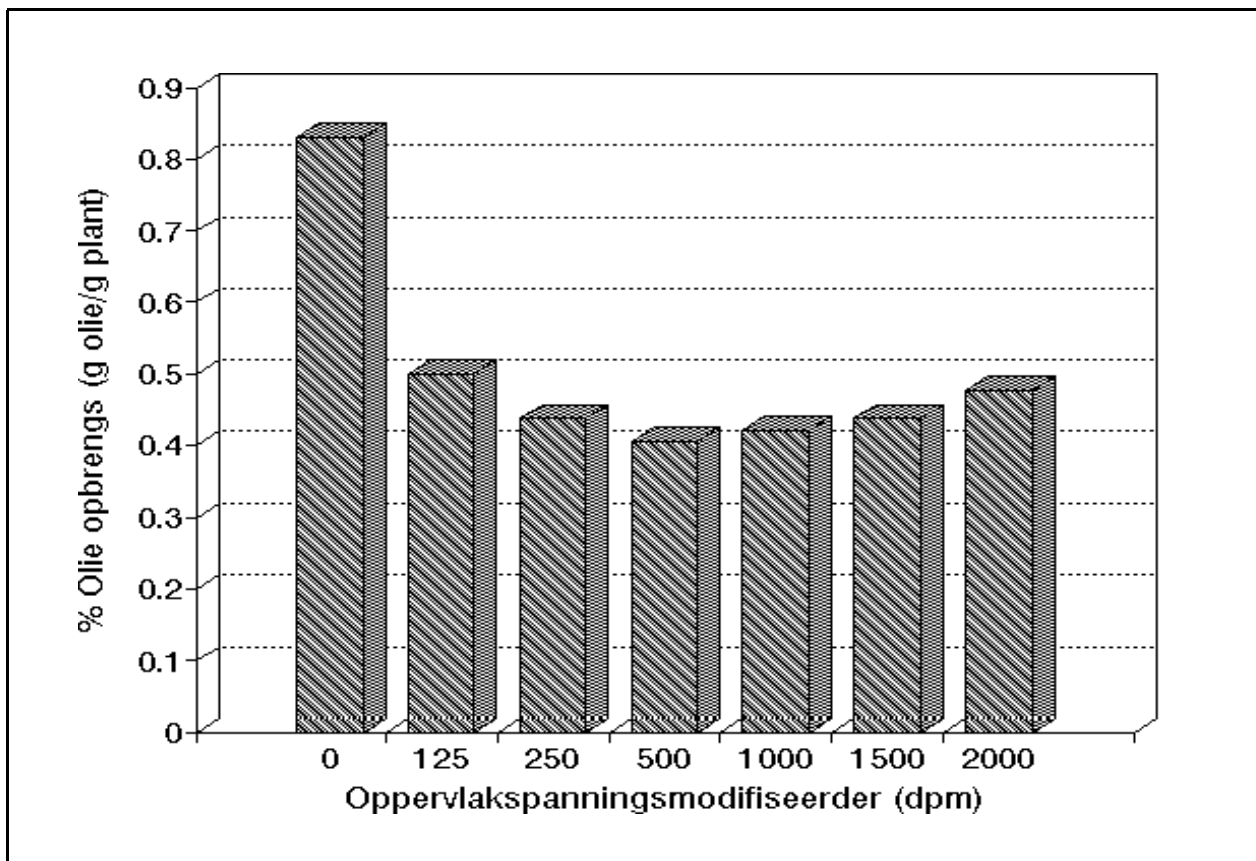


#### **4.2.6.Byvoeging van oppervlakspanningsmodifiseerder**

Grafiek 4.2.6.1. toon die invloed van oppervlakspanningsmodifisering op olie-opbrengs aan. Soos genoem in Tabel 5.2.5.1. is die maksimum olie opbrengs verkry vanuit soortgelyke plantmateriaal (sonder enige oppervlakspanningsmodifisering) en deur gebruikmaking van waterdistillasie ca. 0.83 %. Die hoogste opbrengs verkry met die mikrogolfsisteem, in vergelyking hiermee, is  $0.50/0.83 (100) = 60.2 \%$ .

Die waarde getoon op Grafiek 4.2.6.1. by 0 dpm is dus verkry met waterdistillasie en nie mikrogolfdistillasie nie. Die rede is dat plantmateriaal van die genoemde grootte alreeds saam met 125 dpm oppervlakspanningsmodifiseerder só heftig opgekook het dat dit gedreig het om deur die sisteem te kook en dit sodoende te verstop. Geen eksperimentele lopies sou dus uitgevoer kon word met hierdie grootte plantmateriaal as geen oppervlakspanningsmodifiseerder molekules aanwesig was nie.

#### **Grafiek 4.2.6.1. : Invloed van oppervlakspanningsmodifiseerder op opbrengs**

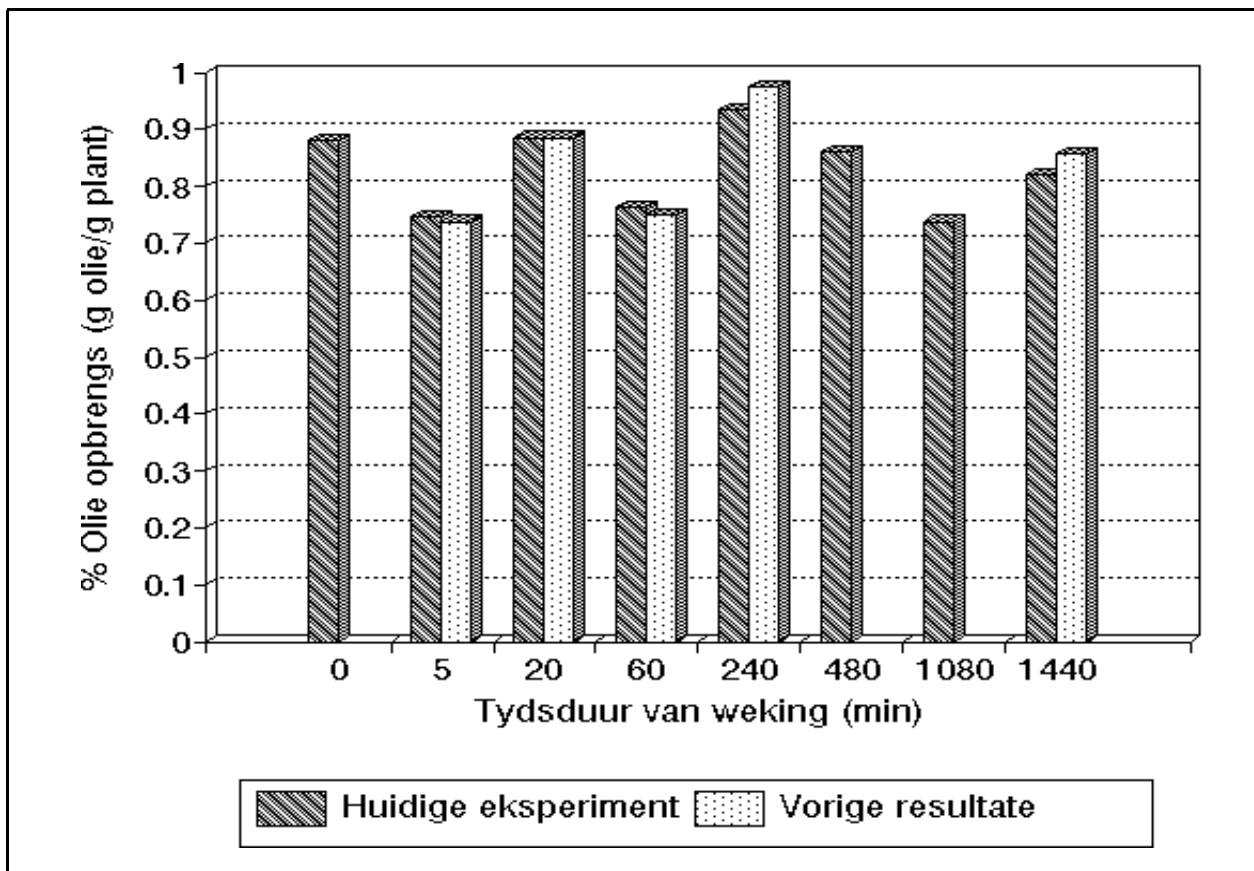


#### 4.2.7. Voorafbehandeling nl. weking

Die invloed van voorafweking in gedistilleerde water op die mikrogolf gedistilleerde plantmateriaal word getoon in Grafiek 4.2.7.1. Daar kan gesien word dat opvallende verskille in olie opbrengste verkry is met wisseling van die wekingstyd. 'n Optimum wekingstyd van 240 minute het 'n olie opbrengs van 0.93 % (g/g) gelewer.

Ook getoon op Grafiek 4.2.7.1. is die resultate van eksperimentele lopies wat etlike jare vantevore uitgevoer is (in die identiese oond wat huidiglik gebruik is en met dieselfde eksperimentele ontwerp). Die eksperimentele veranderlikes stem ooreen en die oorsprong van die plantmateriaal is identies aan dié ligging wat gebruik is as bron vir die enkelladingseksperimente van hierdie studie, behalwe dat die plantmateriaal etlike jare vantevore daar geoes is. Die resultate is dus onderling vergelykbaar.

#### Grafiek 4.2.7.1. : Invloed van voorafbehandeling nl. weking op opbrengs

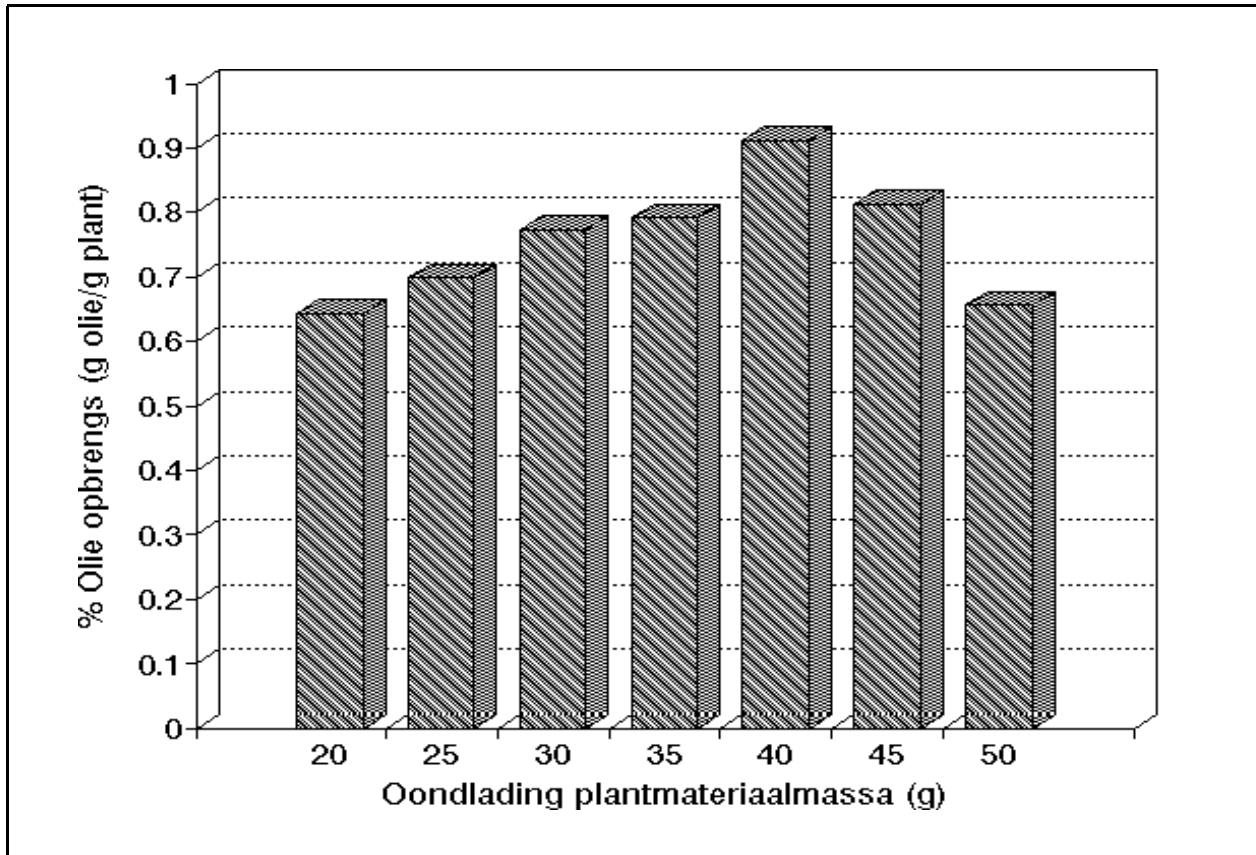


Die vorige eksperimentele resultate verteenwoordig ongepubliseerde data en is nie in die verlede gebruik nie a.g.v. die ooglopend eenaardige opbrengsverdeling daarvan. Die onlangse reeks eksperimente toon merkwaardige olie-opbrengs ooreenkomste met dié vroëer verkry.

#### 4.2.8.Ladingsgrootte

Die invloed van die plantmateriaal ladingsgrootte op olie opbrengs word getoon in Grafiek 4.2.8.1. Daar kan gesien word dat die optimum ladingsgrootte vir die spesifieke oond onder die gekose bedryfstoeestand in die omgewing van 40 g plantmateriaal gevind word. Verskillende verhoudings plantmateriaal tot water sal verskillende optimumwaardes tot gevolg hê. Grafiek 4.2.8.1. se resultate is bepaal by 'n plantmateriaal tot water verhouding van 1:2.5. Vir die datapunt by 20 g is bv. 50 ml water driekeer tydens die lopie bygevoeg.

Grafiek 4.2.8.1. : Invloed van plantmateriaal ladingsgrootte op opbrengs



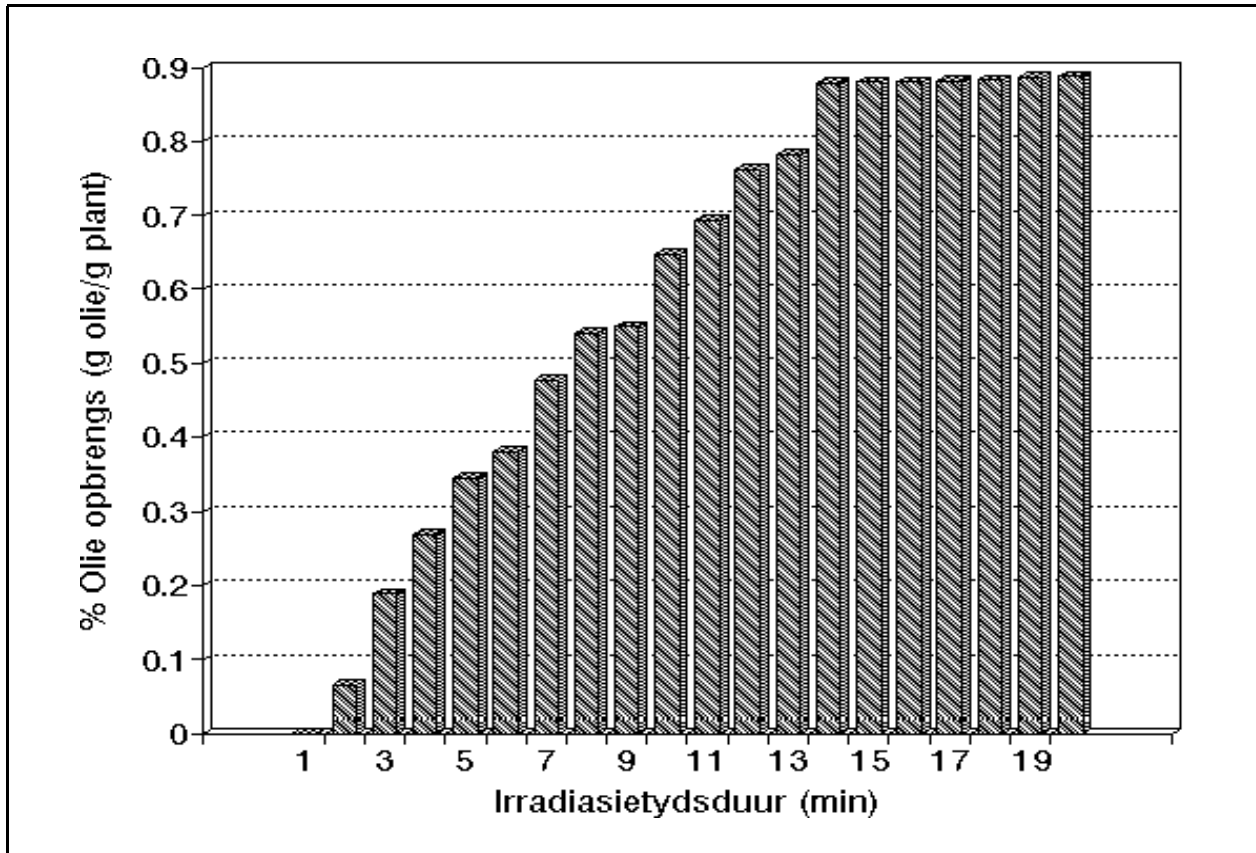
#### 4.2.9. Distillasiekinetika

Resultate van die ondersoek na die distillasiekinetika van die olie opbrengs word getoon in Grafiek 4.2.9.1. en die distillasiekinetika van die distillaatwater in Grafiek 4.2.9.2. Daar is gebruik gemaak van die kumulatiewe inkrementele waardes vir die ordinate van beide grafieke. Daar kan gesien word dat die olie opbrengs progressief toeneem met toenemende irradiasietydsduur. Olie opbrengs bereik egter 'n plato by ca. 15 minute van irradiasietydsduur, waarna die opbrengs minimaal toeneem.

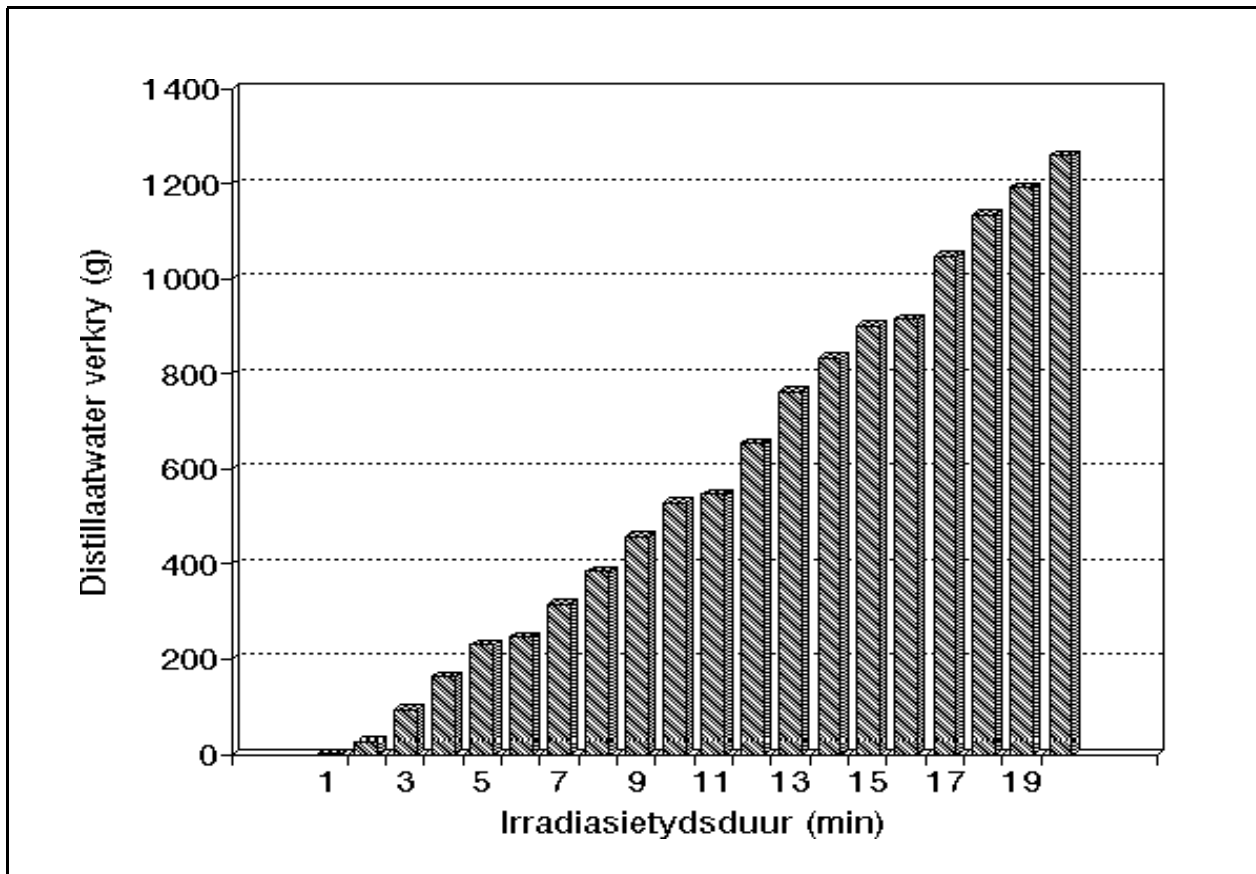
Distillaatwater opbrengs toon 'n bykans reglynige verband met tydsduur. Die enigste datapunte op Grafiek 4.2.9.2. wat nie hierdie reglynige verband ondersteun nie is dié wat direk volg na watertoevoegings, t.w. by minute 1, 6, 11 en 16.



Grafiek 4.2.9.1. : Distillasiekinetika van die olie opbrengs



Grafiek 4.2.9.2. : Distillasiekinetika van die distillaatwater herwin



#### 4.2.10. Alternatiewe oplosmiddel

Die resultate verkry word getoon in Tabel 4.2.10.1. Daar kan gesien word dat die opbrengste laer is as dié verkry met water as oplosmiddel.

**Tabel 4.2.10.1. : Resultate van etanol distillasielopies**

<b>Veranderlike ondersoek</b>	<b>Olie opbrengs (%)</b>
Irradiasietydsduur <sup>1</sup>	0.71
Voginhoud <sup>2</sup>	0.41
Plantmateriaal tot etanol verhouding <sup>3</sup>	0.73
Hersirkulasie <sup>4</sup>	0.79
Plantmateriaal verdelingsgraad <sup>5</sup>	0.87
Voorafbehandeling nl. weking <sup>6</sup>	0.88

- Notas:
- (1) Drie herhalings van 4 minute irradiasieperiodes is uitgevoer vir 'n totale irradiasietyd van 12 minute.
  - (2) Lugdroë plantmateriaal (12% vog) is gebruik, soos in al die ekperimente met die alternatiewe oplosmiddel.
  - (3) 110 ml Etanol is aanvanklik en met elkeen van die twee oplosmiddel byvoegings bygevoeg. Dit lewer 'n oplosmiddel tot plantmateriaal verhouding van 2.75 ml/g.
  - (4) Afgedistilleerde etanol van vorige lopies is as hersirkulasievloeistof gebruik.
  - (5) Plantmateriaal < 1 mm is uitgesif en gebruik soos vroëer beskryf.
  - (6) Plantmateriaal is vir 240 minute geweek in etanol voor distillasie. Die etanol waarin dit geweek is het heldergroen vertoon.

### **4.3.Bespreking**

In enige multidissiplinêre navorsingsveld vind komplekse wisselwerkings tussen 'n groot aantal veranderlikes plaas. Sommige veranderlikes is van groter belang as ander tydens 'n gegewe

eksperiment. Bv. tydens waterdistillasie kan 'n verandering in atmosferiese lugdruk tussen lopies die kookpunt van water wysig. Die tydsduur van distillasie kan ook wissel tussen opeenvolgende distillasies. Die distillasietydsduur het 'n veel groter invloed op essensiële olie-opbrengs as daaglikse (of uurlikse) wisseling van atmosferiese lugdruk in Pretoria. Die invloedseer van veranderlikes verskil en sekere veranderlikes is van veel groter eksperimentele belang as ander. Daar is deurgaans gepoog om die belangrikste veranderlikes t.o.v. maksimering van olie-opbrengs te identifiseer en ondersoek op 'n wyse wat tot sinvolle interpretasie van resultate kon lei.

#### **4.3.1.Plantmateriaal**

Die resultate geld slegs vir dié besondere plantpopulasie naby Potchefstroom onderworpe aan spesifieke en unieke geografiese en klimatologiese beïnvloeding. Slegs plantmateriaal van hierdie spesifieke gebied is gebruik ten einde die invloed van geografiese en klimatologiese veranderlikes te minimeer. Seisoenale variasie is grootliks uitgeskakel deurdat o.a. biologiese materiaal wat gebruik is vir oliekarakterisering op dieselfde tyd van die jaar versamel is. Geen uitspraak word gemaak t.o.v. massapersentasiesamestellings van *L. scaberrima* populasies in ander gebiede nie, alhoewel die samestellings en voginhoudswaardes as riglyne dien vir ander *L. scaberrima* populasies.

#### **4.3.2.Irradiasietydsduur**

Irradiasietyd kan nie onder twee minute per keer val nie omrede die nuut bygevoegde hoeveelheid water (100 ml) nie ten volle oordistilleer binne twee minute nie. Mikrogolfenergie word benodig vir verhitting en vervlugtiging van bygevoegde water, en daar is vasgestel dat vervlugtiging van die mengsel in die distillasiefles nie voldoende geskied met 'n irradiasieperiode van twee minute per keer nie. Dit verklaar die lae opbrengs by 'n irradiasietyd van twee minute per keer (6 minute per lopies). Die hoeveelheid water in die fles vermeerder voortdurend en versteur die water tot plantmateriaal verhouding. Indien te veel water in die fles akkumuleer begin die mengsel heftig kook a.g.v. 'n verhoging in opkookingstempo. Die dampdruk styg op 'n sekere stadium so vinnig dat die veiligheidsklep genoodsaak word om die druk binne die fles te

verlaag. Hierdie gedrag dui op 'n te klein deursnee van die silikonrubberbuis wat by sodanige verhoogde opkokingstempo nie in staat is om die damp genoegsaam te verwyder nie.

'n Irradiasieperiode van een minuut per keer (3 minute per lopie) wysig die water gebruik tot plantmateriaal gebruik verhouding sodanig ( a.g.v. akkumulering van water in die fles ) dat dit nie ondersoek is nie. Verder het die eerste waarneembare produkondensaat in die buret begin vorm na ca. 50 s van irradiasie. Geen sinvolle resultate is verkry met 'n totale irradiasietydperk van 3 minute per lopie nie.

Na 8 minute van irradiasie per keer neem uitloging van ongewenste verbindings vanuit die plantmateriaal in aanvang en dus styg die "opbrengs" dan skielik. Die opbrengs verteenwoordig nie meer 'n essensiële olie nie; eerder 'n plantekstrak. Die produk verkry na 24 minute van irradiasie per lopie het 'n heelwat donkerder kleur as die olie gehad en die geur het verander na 'n oorheersende karamelgeur met 'n brandreuk. Die ekstrak was opvallend minder vloeibaar as die suiwer olie. 'n Totale irradiasieperiode van 24 minute per lopie verteenwoordig die maksimum irradiasietyd wat ondersoek is.

Olie-opbrengs se vermeerdering met toename in irradiasietyd word teoreties gestaaf. 'n Langer blootstellingstydperk verskaf meer mikrogolfenergie en meer molekules kan uit die biologiese materiaal matriks verwyder word. Nadat oorwegend essensiële oliemolekules verwyder is begin minder vlugtige molekules insetenergie absorbeer en word hierdie molekules verwyder, soos waargeneem by 'n totale irradiasietydperk van 24 minute per lopie.

Die optimum totale irradiasieperiode (in dié geval) is minder as 21 minute aangesien koste van o.a. verkoelingswater en bykomende irradiasietyd opgeweeg moet word teen die hoeveelheid olie wat verkry kan word gedurende verlengde irradiasietyd. Geen koste-optimering is uitgevoer nie en 'n totale irradiasietydperk van 15 minute per lopie (driemaal 5 minute) is gebruik vir opvolgende eksperimente.

#### **4.3.3. Verhouding water tot plantmateriaal gebruik**

'n Water tot plantmateriaal gebruik verhouding van 0.625 ml/g het 'n gebrande produk gelewer

en rook afkomstig vanuit die plantmateriaal is waargeneem. Te min watermolekules was teenwoordig om die inset mikrogolfenergie te absorbeer. Die minimum water tot plantmateriaal verhouding waar aanvaarbare olie verkry is was waar net meer water as plantmateriaal (op 'n massabasis) in die distillasiefles geplaas is.

Die maksimum verhouding water tot plantmateriaal wat ondersoek kon word met die enkelladingstoerusting was ca. 3.5 ml/g. Onder hierdie toestande akkumuleer 'n hoeveelheid water in die distillasiefles en word die veiligheidsklep genoodsaak om die druk te verlaag a.g.v. die dampdrukverhoging.

Die minimum- en maksimum water tot plantmateriaal verhoudings ondersoek was o.a. afhanklik van die totale irradiasietyd en die fisiese uitleg van die apparaatopstelling binne-in die oond. Distillasieflesvorm sowel as die dwarsdeursnitarea van die silikonrubberbuis beïnvloed die optimum water tot plantmateriaal verhouding aansienlik. Die horisontale deursnitarea van die distillasiefles bepaal die deursnit kontakarea van die stoom met die plantmateriaal tydens distillasie. Indien die deursnitarea voldoende is vir stoomvloei word plantmateriaal effektief benut en vind effektiewe herwinning van olie plaas. 'n Te klein deursnitarea lei tot massa-oordragsbeperkings. Distillasieflesse met verskillende fisiese afmetings is nie ondersoek nie.

Die water tot plantmateriaal gebruik verhouding het 'n maksimum olie-opbrengs gelewer by ca. 2.8 keer soveel (ml/g) water as biologiese materiaal. In die gebied rondom hierdie verhoudingswaarde was die olie-opbrengs konstant op ca. 0.92 %. Hierdie opbrengswaarde vergelyk goed met dié verkry tydens ondersoek na die invloed van irradiasietydsduur (driemaal 5 minute irradiasie met 'n water tot plantmateriaal gebruik verhouding van 100 ml/40 g = 2.5 ml/g), nl. 0.87 %

Die optimum water tot plantmateriaal verhouding is slegs van toepassing op *L. scaberrima* plantmateriaal onder die bepaalde eksperimentele toestande wat gehandhaaf is. Optimumwaardes in die literatuur genoem (Terblanché, 1995: 37) vir verskillende biologiese materiale wissel tussen 1 en 20 keer soveel oplosmiddel as plantmateriaal (ml/g). Die verskillende optimumverhoudings van die verskillende studies kan verklaar word deurdat verskillende

oplosmiddels (water, metanol, heksaan, ens.) gebruik is sowel as die feit dat waardes bepaal is vir 'n wye verskeidenheid biologiese materiale waarvan elkeen se samestelling uniek is.

By essensiële olieherwinning vanuit roosmaryn (*Rosmarinus officinalis*) en peperment (*Mentha piperita*) is bevestig dat mikrogolfverhitting al minder uniform raak soos die verhouding blare tot oplosmiddel toeneem (paragraaf 2.2.3.8.). Die distillasieflesvorm, spesifieke verhoudingsgebied ondersoek, irradiasietydsduur, oplosmiddel, ens. se rol is egter sodanig dat daardie resultaat nie sonder meer aanvaar kan word as dieselfde vir dié studie nie.

#### **4.3.4. Voginhoud van plantmateriaal**

By aanvang van distillasie beskik die plantmateriaal oor 'n spesifieke voginhoud wat 'n invloed uitoefen op die olie-opbrengs. Indien distillasietydsduur onvoldoende is kan massa-oordragsbeperkings 'n rol speel sodat effektiewe herwinning van olie nie geskied nie. Die massa-oordragsbeperkings se oorsprong word gevind in o.a. bykomende weerstand wat oortollige watermolekules teenwoordig in die plantmateriaal bied teen herwinning van oliemolekules. Hierdie verskynsel beïnvloed waterdistillasie wesenlik by onvoldoende distillasietye maar is weglaatbaar vir mikrogolf- of waterdistillasie van genoegsame tydsduur (Terblanché, 1995: 35–39).

Mikrogolfsisteme beskik oor 'n unieke hitte-oordragsmeganisme waar insetenergie direk deur polêre molekules geabsorbeer word en nie deur geleiding oorgedra hoef te word nie. Mikrogolfdistillasietye is daarom aansienlik korter as ooreenstemmende waterdistillasietye waar geleiding wel 'n rol speel. Die aantal watermolekules in die plantmateriaal (voginhoud) beïnvloed die hoeveelheid energie wat die plantmateriaal en oplosmiddel watermolekules kan absorbeer. (Dus beïnvloed die voginhoud die materiaal diëlektriese konstantes, soos genoem in paragraaf 2.2.9.) Watermolekules in die oplosmiddel én plantmateriaal absorbeer insetmikrogolfenergie (Terblanché, 1995: 35–39).

Wisselende plantmateriaal voginhoudswaardes versteur die water tot plantmateriaal verhouding en hierdie veranderlike kan beskou word as 'n verdere ondersoek t.o.v. wisseling in die

verhouding water tot plantmateriaal gebruik. Omdat konstante hoeveelhede water (driekeer 100 ml per lopie) bygevoeg is gedurende eksperimente uitgevoer met plantmateriaal van verskillende voginhoudswaardes, het die verhouding water tot droë plantmateriaal gedurende verskillende eksperimente gewissel. Plantmateriaal met 'n hoër voginhoud as dié van lugdroë plantmateriaal verskaf bykomende watermolekules as vog wat daarin aanwesig is. Meer watermolekules is in só 'n geval aanwesig as tydens die standaard eksperimentele lopie wat met lugdroë plantmateriaal uitgevoer is. Dit lei tot kleiner hoeveelhede totaal droë plantmateriaal waaruit olie herwin word. Minder olie word verkry uit 'n kleiner hoeveelheid totaal droë plantmateriaal en kleiner opbrengste word verwag. Watermolekules word by hoër voginhoudswaardes tot 'n ál groter mate ook binne-in plantmateriaal gevind.

Die rapportering van olie opbrengste verkry vanuit plantmateriaal met wisselende voginhoudswaardes moet op 'n vergelykbare basis geskied. Bv., twee 40 g plantmateriaalladings wat oor onderskeidelik 'n voginhoud van 77% en 12% beskik se olie opbrengste is nie sonder meer vergelykbaar nie. In die eerste geval is die hoeveelheid totaal droë plantmateriaal in die lading 9.2 g terwyl dit in die tweede geval 35.2 g is. Op 'n vergelykbare basis van geen voginhoud in beide plantmateriaalladings nie, moet die eerste lading se olie-opbrengs bereken word deur 9.2 g volkome droë plantmateriaal te beskou terwyl die waarde in die tweede geval 35.2 g sal wees. Hierdie beginsel word verder toegelig in Tabel 4.3.4.1. Opbrengste van verskillende ladings lugdroë plantmateriaal kan wel vergelyk word omdat voginhoudswaardes van verskillende ladings lugdroë plantmateriaal nie onderling betekenisvol verskil nie.

**Tabel 4.3.4.1. : Invloed van plantmateriaalvoginhoud op opbrengs**

Plantvoginhoud (%)	Droë materiaal <sup>1</sup> (g)	Olie verkry (g)	% Olie opbrengs <sup>2</sup> (g olie/g plant)
12	176	1.63	0.93 (0.82)
24	152	1.04	0.68 (0.52)
51	98	0.67	0.68 (0.34)
77	46	0.36	0.78 (0.18)



- Notas:
- (1) Vir elke eksperimentele datapunt is 200 g plantmateriaal met 'n bepaalde voginhoud gebruik. Die hoeveelhede droë plantmateriaal gelys in kolom twee stem ooreen met hierdie 200 g plantmateriaal en is verkry deur die voginhoudspersentasies van kolom een in berekening te bring.
  - (2) Die persentasies olie opbrengste tussen hakies in kolom vier verteenwoordig die opbrengs uitgedruk as 200 g plantmateriaal beskou word. Die persentasies olie opbrengste in kolom vier sonder hakies is die olie-opbrengs uitgedruk i.t.v. die droë plantmateriaalmassas gelys in kolom twee.

Literatuurwaardes (Terblanché, 1995: 54,72–73) vir essensiële olie opbrengste vanuit *L. scaberrima* met water- en mikrogolfenkelladingsdistillasie vir plantmateriaal met verskillende voginhoudswaardes, kan verwerk word tot 'n vergelykbare basis soos getoon in Bylaag D. Die resultate na verwerking (getoon in Tabel D.4.) dui op die volgende:

- (1) Droë en vars blomhofies lewer vir alle praktiese doeleindes dieselfde olie-opbrengs. Dit geld vir beide distillasiemetodes. Lugdroë en vars plantmateriaal verteenwoordig twee uiterste toestande as voginhoud ondersoek word. Die voginhoudswaarde van blomhofies speel dus geen rol t.o.v. die hoeveelheid olie wat herwin kan word nie. By enige water tot plantmateriaal gebruik verhouding lewer 'n sekere massa blomhofies 'n konstante hoeveelheid olie, mits irradiasietyd duur voldoende is. Oliemolekules verdamp bykans nie uit blomhofies uit soos wat plantmateriaal verouder nie en so te sê uitsluitlik watermolekules verlaat die blomhofies. Dit is veral belangrik omdat blomhofies meer olie per droë massa lewer as blare soos aangetoon met beide produksiemetodes (Terblanché, 1995). Fisiese prosessering van blomhofies kan uitgevoer word wanneer die voginhoud daarvan mees geskik is. Voginhoud is nie 'n veranderlike t.o.v. die hoeveelheid olie wat herwin kan word vanuit 'n bepaalde hoeveelheid blomhofies nie; dit speel slegs 'n rol onder bedryfstoeestande waar bv. massaoordragsbeperkings ter sprake kom.
- (2) Tabel D.4. toon dat olie-opbrengste verskil vir lugdroë en vars blare van *L. scaberrima*,

soos bevestig deur beide produksiemetodes. In beide gevalle het vars blare 'n groter hoeveelheid olie gelever as lugdroë blare. Olie- sowel as watermolekules verdamp dus vanuit blaarmateriaal soos wat progressiewe droging daarvan geskied. Die rede waarom oliemolekules uit blare verdamp maar nie uit blomhofies nie het te make met o.a. plantmateriaal morfologie. T.o.v. olieproduksie kan die voginhoud van blare 'n wesentlike invloed uitoefen op die totale hoeveelheid olie wat herwin sal kan word.

- (3) Olie-opbrengs verskil by verskillende plantmateriaal (blomhofies en blare) voginhoudswaardes word verklaar deur verskillende olie-opbrengste vanuit blare met wisselende voginhoudswaardes. Die voginhoud van blomhofies speel geen rol nie, solank as wat massa-oordragsbeperkings nie ter sprake kom nie.

Grafiek 4.2.3.1. dui aan dat massa-oordragsbeperkings wel 'n rol speel en dat 'n hoër voginhoud tot 'n laer opbrengs lei, selfs as resultate op 'n totaal droë plantmateriaal basis uitgedruk word. Die opbrengs sou ietwat hoër gewees het vir vars vs. lugdroë plantmateriaal as massa-oordragsbeperkings weglaatbaar was omrede olie uit blare verdamp soos wat dit progressief droog.

Die waarde van die ondersoek na voginhoud as veranderlike word gevind in ontwikkeling van fisiese prosesseringspraktyke vir plantmateriaal voordat olie herwin word. Daar is vasgestel dat, a.g.v. massa-oordragsbeperkings t.o.v. vog aanwesig in vars plantmateriaal, dit beter is om lugdroë plantmateriaal te gebruik indien die enkelladingsstelsel se massa-oordragsbeperkings faktore nie geëlimineer kan word nie.

#### **4.3.5.Hersirkulering van water**

Hoe groter die persentasie gehersirkuleerde waterfase is hoe groter is die essensiële olie-opbrengs. Indien slegs gehersirkuleerde waterfase gebruik word is die olie-opbrengs 1.77 %; die hoogste waarde behaal gedurende enige lopie vir enige van die enkelladingsveranderlikes ondersoek. Hersirkulering van water in 'n mikrogolfoestel is gevolglik een van die belangrikste veranderlikes wat oorweeg moet word tydens ontwerp van só 'n stelsel vir essensiële olieproduksie.

Daar bestaan verskeie moontlikhede waarom hersirkulasie van afgedistilleerde water olie-opbrengs drasties kan verhoog.

Dit is moontlik dat, omrede kondensasie van olie- en waterdamp betreklik vinnig geskied in die kondensator, 'n oliemolekule vasgevang word tussen 'n aantal watermolekules wat pas gekondenseer het. Die gesolveerde oliemolekule (in die buret) kan nie noodwendig van die watermolekules skei nie, omdat energie nodig is vir die oliemolekule om van die watermolekules te skei. Energie deur die oliemolekule benodig kan nie effektief daaraan verskaf word deur bv. 'n meganiese roerder nie, omrede meganiese insetenergie nie deur die oliemolekule ten koste van die watermolekules geabsorbeer sal word nie.

Die polariteit van 'n essensiële oliemolekule wat in die waterfase van die buret vasgevang is speel 'n belangrike rol. Hoe meer hidrofobies dit is hoe makliker word dit vanuit die waterfase verwyder. A.g.v. die komplekse molekulêre strukture wat die talle samestellende komponente van 'n essensiële olie aanneem (Terblanché, 1995: 16–20), is bykans enige polariteit van sodanige oliemolekule moontlik.

Indien distillaatwater gehersirkuleer word, word 'n aantal gesolveerde hidrofobiese en minder hidrofobiese molekules tot die oond toegevoer saam met water. Gesolveerde hidrofobiese molekules word geskei van watermolekules wat mikrogolfinsetenergie by voorkeur absorbeer. Nadat die hidrofobiese molekules meegesleur is tot by die kondensator deur die stroom hidrofiliese molekules wat die insetenergie geabsorbeer het, is dit moontlik dat solving daarvan nie weer sal plaasvind nie. Indien aanvaar word dat bykomende hidrofobiese molekules vir die eerste keer uit die plantmateriaalmatriks verwyder is, sal die aantal hidrofobiese molekules in die dampstroom meer wees as wanneer suiwer gedistilleerde water tot die oond toegevoer was. Dit sal daartoe lei dat meer oliemolekules in die hidrofobiese laag bo-op die water verskyn, en die olie-opbrengs sal styg.

Oliemolekules kan ook chemiese reaksies ondergaan nadat dit uit die biologiese materiaal verwyder is en voordat dit die buret bereik, bv. hidrolisasie, herrangskikking, ens. Hierdie

gemodifiseerde oliekomponente kan, indien dit teruggevoer word tot die oond, chemiese reaksies laat plaasvind wat die plantmateriaal en/of oorblywende oliemolekules self meer ontvanklik maak vir olieherwinning.

Hidrofiliese molekules wat die plantmateriaal verlaat versamel in die waterige deel van die kondensaat. Indien hierdie molekules weer teruggevoer word tot die oond, kan dit verskeie gebeurtenisse tot gevolg hê. Bv., struktuurverswakking van die plantmateriaal kan plaasvind wat dit meer ontvanklik maak vir mikrogolfstraling en/of olie vrystelling. Die molekules wat 'n rol speel nadat dit teruggevoer is tot die oond, kan derhalwe hidrofobiese oliekomponente of geëkstraheerde plantmateriaalmolekules van welke polariteit ookal wees.

Die water tot plantmateriaal verhouding word versteur indien die gehersirkuleerde waterfase gebruik word. Die verhouding (water plus ander molekules) tot plantmateriaal lei noodwendig tot 'n kleiner water tot plantmateriaal verhouding as wanneer geen vreemde molekules in die waterfase teenwoordig is nie (m.a.w. slegs gedistilleerde water). Die effek hiervan is weglaatbaar omrede die aantal geëkstraheerde molekules in die waterfase gering is in vergelyking met die totale aantal watermolekules.

#### **4.3.6. Verdelingsgraad van plantmateriaal**

Die resultate van Grafiek 4.2.5.1. kan as volg verklaar word: Hoe fyner biologiese materiaal fisies verdeel is, hoe groter is die essensiële olie-opbrengs omdat die blootstellingsarea van moontlike oliekliere verhoog. Hierdie verskynsel behoort nie by mikrogolfdestillasie 'n rol te speel óf waargeneem te word nie omrede mikrogolfstraling regdeur materiale kan dring. Die feit dat die resultate wel 'n waargenome verskil in opbrengste aantoon vir verskillende groottes plantmateriaal dui daarop dat die totale irradiasietyd (15 minute) nie voldoende was om ál die olie te herwin vanuit heel plantmateriaal nie. Dit is wel so aangesien die totale irradiasietydsduur van 15 minute vir die standaard eksperimentele lopie gekies is.

Dit is verder moontlik dat, indien heel plantmateriaal gebruik word, diepliggende oliekliere aanwesig is wat onbereikbaar bly vir mikrogolfstraling. Sodanige kliere kan grotendeels oor hidrofobiese oliemolekules beskik waar mikrogolfstraling ongehinderd deurbeweeg. Die kliere

skeur nie en die oliemolekules kan nie uit die oond vergesel word nie.

Plantmateriaal brokstukgrootte beïnvloed die aantal watermolekules wat beskikbaar is om oliemolekules uit die oond uit te vergesel. Die aantal beskikbare watermolekules word verminder deur rehidrasie van die lugdroë biologiese materiaal. Rehidrasie is o.a. afhanklik van die grootte van die plantmateriaal brokstukke. Kleiner brokstukke vergroot die plantmateriaal blootstellingsarea en absorbeer meer vog.

Die opbrengs verkry vir plantmateriaaldeeltjies kleiner as 1 mm was 1.23 %. Vanaf Tabel 5.2.5.1. kan gesien word dat gekerfde en onmiddellik watergedistilleerde plantmateriaal van soortgelyke grootte 1.73 % olie gelever het; vergelykbare materiaal 370 dae voor waterdistillasie gekerf het sowat 0.76 % olie gelever. Die 1.23 % waarde van hierdie eksperiment lê tussen bg. twee waardes omrede die 200 g plantmateriaal < 1 mm benodig vir die datapunt versamel is terwyl die ander groottes plantmateriaal benodig vir die eksperiment óók versamel is. Distillasie het m.a.w. nie direk na kerwing gevolg nie omdat genoeg materiaal eers versamel moes word. Die verskillende distillasiemetodes toegepas speel ook 'n rol, aangesien waterdistillasie etlike ure lank uitgevoer is om soveel as moontlik olie te herwin terwyl mikrogolfdistillasie by gekose bedryfswaardes gedoen is.

#### **4.3.7.Byvoeging van oppervlakspanningsmodifiseerder**

As daar gebruik gemaak wil word van fyn verdeelde plantmateriaal vir olieherwinning is 'n oppervlakspanningsmodifiseerder nodig.

By 125 dpm oppervlakspanningsmodifiseerder per eksperimentele lopie is heftiger opkoking waargeneem as by die hoër byvoegings. Die fynste plantmateriaal brokstukkies het opgespat en aan die kante van die distillasiefles gekleef. Sommiges is saamgedra tot in die buret en is daar uitgespoel. Geen konsentrasie laer as hierdie is ondersoek nie omdat deurskaking van en verstopping met plantmateriaal deur die hele sisteem sal plaasvind. Hoe fyner die plantmateriaal verdeel is hoe hoër sal hierdie afsnykonsentrasie vir die oppervlakspanningsmodifiseerder wees.

Die waargenome opkoking was veral opmerklik in die laaste 5 min irradiasieperiode van 'n lopie a.g.v. die plantmateriaal rehidrasie staat op daardie tydstip. (Soos wat 'n lopie vorder word plantmateriaal progressief benat deur die bygevoegde water.) Die aanvanklike 100 ml water byvoeging per lopie se hoofrol was plantmateriaal rehidrasie alhoewel olie opbrengs alreeds daar noteer is. Wysiging van die verhouding plantmateriaal tot water vind deur die lopie plaas en hierdie veranderlike speel dus 'n sleutelrol in bepaling van die heftigheid van opkoking.

Die 60.2 % opbrengswaarde (paragraaf 4.2.6.) dui daarop dat die oppervlakspanningsmodifiseerder 'n besliste negatiewe invloed op die hoeveelheid olie verkry uitoefen. Die wenslikheid van oppervlakspanningsmodifisering word gevolglik bevestig en sisteme behoort eerder ontwerp te word om van heel plantmateriaal gebruik te maak as opkoking 'n wesenlike probleem is met fyn materiaal. Nog 'n moontlikheid is om 'n ander oppervlakspanningsmodifiseerder te gebruik. Om 'n nie-toksiese, goedkoop, maklik hersirkuleerbare, omgewingsvriendelike oppervlakspanningsmodifiseerder te vind wat nie deur mikrogolfstraling modifiseer word nie, mag egter 'n probleem wees.

Hoe hoër die konsentrasie oppervlakspanningsmodifiseerder styg in die oplossing hoe laer behoort die olie opbrengs te wees a.g.v. die beperkende uitwerking van verhoogde oppervlakspanning t.o.v. die generering van damp. Die doel is juis om opkoking (die generering van damp) te beperk. Die resultate van Grafiek 4.2.6. toon egter 'n minimum olie opbrengs by ca. 500 dpm oppervlakspanningsmodifiseerder, waarna die olie opbrengs styg met toenemende hoeveelhede oppervlakspanningsmodifiseerder. Die rede hiervoor is soortgelyk aan dié genoem in paragraaf 4.3.2. Die totale volume van die "olie" het afgeneem terwyl die massa "olie-opbrengs" toeneem. Dit is te wyte aan afdistillering van polêre molekules vanuit die biologiese materiaal matriks; molekules wat normaalweg nie gesien word as behorende aan die essensiële olie nie. Hierdie feit is bevestig deur die produk verkry by 2000 dpm oppervlakspanningsmodifiseerder se voorkoms.

Dit is selfs moontlik dat van die komponente wat in die oppervlakspanningsmodifiseerder formulering voorkom (bv. koolwaterstofkettings met polêre substituenten), afgedistilleer het en as deel van die produk waargeneem is.

#### 4.3.8. Voorafbehandeling nl. weking

Grafiek 4.2.7.1. toon geen duidelike of maklik verklaarbare patroon tussen plantmateriaal wekingstyd en die olie-opbrengs daaruit verkry nie. 'n Optimum olie-opbrengswaarde (0.93 %) is egter wel verkry met 'n wekingsduur van 240 minute. Moontlike verklarings vir die waargenome gedrag sluit die volgende in:

- Chemiese modifisering en hidrolisasie van sekere klasse essensiële oliekomponente kon plaasgevind het tydens weking. Hierdie beïnvloeding is tydsafhanklik wat verskillende opbrengste by verskillende wekingstye kan verklaar.
- Water- sowel as uitgeloopte molekules kan strukturele verswakking en/of skade aan die plant se fisiese struktuur veroorsaak wat die gemak waartoe oliemolekules daaruit herwin word kan beïnvloed.
- Die aanvangs water tot plantmateriaalverhouding het wel nie verskil vir die verskillende eksperimentele datapunte nie maar die verhouding m.b.t. wáár die water te vinde is het wel verskil, nl. binne die plantmateriaal brokstuk of daarbuite. Die ligging van die watermolekules (rehidrasie staat) sal 'n invloed uitoefen op olieherwinning bv. die mate waartoe oliemolekules meegesleur sal word, ens. (So het 40 g plantmateriaal ca. 100 ml gedistilleerde water benodig vir rehidrasie na 24 uur van weking.) Water sal in en/of uit die plantmateriaal brokstuk beweeg op enige gegewe tydstip, afhangend van verskeie faktore soos die plantmateriaal hidrasie staat en osmotiese kragte.
- Die effek van gedistilleerde water kan nie buite rekening gelaat word nie. Opgeloste- én wateroplosbare verbindings in die botaniese materiaal sal na die vloeistoffase beweeg in 'n poging om konsentrasie ewewig daar te stel. Ook kan (organiese) afbraakprodukte, wateroplosbare/solveerbare produkte van alle chemiese reaksies wat mag plaasvind, ens. uit die plantmateriaal geloog word. Ter ondersteuning vir die feit dat sodanige prosesse wel plaasvind, die volgende:
  1. Die wekingswater het progressief al donkerder geraak soos wat die wekingsduur toegeneem het. Na 20 minute van weking was dit steeds

deursigtig, na 60 minute goudgeel en na 1440 minute van weking was die kleur daarvan donkerbruin tot swart.

2. Sommige lopies (bv. 20 minute weking) het, op 'n wyse wat nie maklik met wekingstyd korreleerbaar was nie, selfs die distillaat sodanig beïnvloed dat dit donkerbruin vertoon het. Ander lopies se distillate was weer deurskynend soos wat normaalweg die geval was.

Die effek wat hierdie molekules op die plantmateriaal uitoefen sal verskil met tyd omdat bv. chemiese reaksies produkvorming tydafhanklik is. Dus sal verskille in olie-opbrengste waargeneem word by verskillende wekingstye.

- Die eksperimentele gedrag van die plantmateriaal en water mengsels by verskillende wekingstye was uiteenlopend. Bv., sekere lopies (bv. 5 minute wekingstyd) het erg opgekook en selfs deur die sisteem gekook, terwyl ander (bv. 20 minute van weking) net-net wou opkook en nog ander (bv. 1440 minute van weking) geen opkokinggedrag vertoon het nie. Elke wekingstyd plantmateriaallading kan derhalwe in sekere opsigte beskou word as uniek.

Dit kan dus gestel word dat voorafweking met gedistilleerde water 'n komplekse uitwerking het op botaniese materiaal. Hierdie komplekse wisselwerkinge kan nie maklik verklaar word nie en verkry gestalte in wisselende olie-opbrengswaardes.

Die merkwaardige ooreenstemming van die onlangse en vorige eksperimentele resultate bevestig eksperimentele akkuraatheid en herhaalbaarheid. Verskille wat wel bestaan tussen hierdie twee stelle resultate is waarskynlik a.g.v. die volgende: Intrinsieke plantmateriaal veranderlikes (bv. verskillende ouderdomme (m.b.t. die oes daarvan) plantmateriaal is gebruik) of eksperimentele varieerbaarheid (al die lopies van die vorige resultate is nie deur die outeur self uitgevoer nie in teenstelling met die onlangse reeks lopies.)

Indien weking as produksieveranderlike kommersieel benut wil word, moet die ander bedryfsveranderlikes betrokke eers bepaal word. Hierna kan verskillende wekingstye eksperimenteel ondersoek word om te bepaal wat die optimum wekingstyd sal wees. Dit mag



egter meer koste-effektief wees om plantmateriaal vir 'n korter periode te week of selfs glad nie, omrede verskeie houers nodig sal wees om die plantmateriaal in verskillende wekingsstadiums op die perseel te hou in afwagting vir hulle distillasielopies.

#### 4.3.9.Ladingsgrootte

By die lopies waar 50 g plantmateriaal en 125 ml water gebruik is, het deurkoking 'n wesenlike probleem geword. Hierdie bedryflimiet is veral waargeneem in die derde irradiasieperiode van 'n lopies. (Op daardie stadium het daar reeds 'n sekere massa water in die distillasiefles geakkumuleer omdat minder as 125 ml afgedistilleer het in die vorige 5 minute irradiasieperiode.) Skielike opkoking het gelei tot verstopping van die silikonrubberbuis en/of drukontlasting deur die veiligheidsklep genoodsaak.

'n Optimum olie opbrengs kan by die 40 g plantmateriaal datapunt op grafiek 4.2.8.1. waargeneem word. 'n Laer opbrengs word by hoër (as die optimum) ladingsmassas verwag omdat die magnetron se energie uitset nie in staat is om die plantmateriaal en water genoegsaam te verhit nie. Dus word al die olie in só 'n lading plantmateriaal nie vinnig genoeg vervlugtig nie. (Die beperkende faktor is irradiasietydskuur en as dit lank genoeg is sal groter hoeveelhede olie herwin word.)

Die optimum oondladingsmassa (40 g) kan in verband gebring word met die oonddrywing (1400 W). Die waarde is veral nuttig tydens ekstrapolering na groter oonde se plantmateriaal ladingslimiete of berekening van die minimum oondrywing benodig om 'n gegewe hoeveelheid olie te produseer. Vir *L. scaberrima* plantmateriaal (met 2.5 maal soveel water bygevoeg) word  $1400/40 = 35$  W derhalwe benodig vir elke gram plantmateriaal wat gedistilleer gaan word as die totale enkelladingsdistillasietyd 15 minute is.

By kleiner ladingsmassas as die optimumwaarde is ook laer olie opbrengste verkry. Dit kan wees a.g.v. terugweerkantsing van elektromagnetiese straling na die magnetron omdat die lading binne die oondruimte klein is. (Klein oondladings word in verband gebring met magnetronfaling.) Hierdie verminderde hoeveelheid mikrogolfstralingsenergie in die oondruimte sal lei tot 'n laer

olie leweringstempo. Verder is die absolute hoeveelheid watermolekules in die oond minder alhoewel die verhouding plantmateriaal tot water konstant gebly het t.o.v. die ander datapunte. Hierdie verminderde aantal watermolekules moet die oliemolekules saamdra na die buret en die meesleuringskrag daarvan is minder. By die 20 g datapunt het die plantmateriaal opvallend gebrand geruik.

By die laer oondladingsmassas, a.g.v. die absolute verminderde hoeveelheid watermolekules, begin polêre molekules in die plantmateriaal self ook inset mikrogolfenergie absorbeer. Dit mag lei tot herrangskikking, modifisering en degradering van komponente van die materiaalatriks. Moeiliker herwinning van oliemolekules mag geskied vanuit 'n veranderde biologiese matriks.

Die optimum ladingsgrootte is net van toepassing by die eksperimentele plantmateriaal tot water verhouding. By die gekose verhouding maak die plantmateriaal 40/140 28.6 % van die aanvanklike oondlading uit. Hoër aanvangs plantmateriaalpersentasies mag hoër olie opbrengste lewer.

#### **4.3.10. Distillasiekinetika**

Die olie opbrengs neem progressief toe met toenemende irradiasietydskuur. Dit bereik 'n plato by ca. 15 minute van irradiasietydskuur waarna 'n minimale hoeveelheid olie verkry is in die volgende 5 minute irradiasieperiode. Hierdie resultate is in ooreenstemming met wat verwag is, omrede dit deels gesien kan word as 'n ondersoek na irradiasietydskuur, en wat reeds bespreek is in paragraaf 4.3.2. Dit is egter nie 'n blote herhaling van daardie eksperiment nie en die resultate kan nie onderling vergelyk word nie, en wel om die volgende redes:

- By die ondersoek na irradiasietydskuur is vir elke lopie gebruik gemaak van 'n bepaalde tydskuur (bv. 3 minute) waarna die 100 ml watertoevoeging gemaak is. Vir die doel van hierdie eksperiment is die standaard bedryfsprosedure as grondslag geneem, en dit kan gesien word as 'n ondersoek na die distillasiekinetika van die standaard bedryfsprosedure. Die enigste eksperimentele punt hier verkry wat gevolglik vgl. kan word met die ondersoek na irradiasietydskuur is die olie opbrengs by 15 minute. Die eksperiment is

spesifiek só ontwerp omrede die opbrengs na 15 minute o.a. nuttig is vir Tabel 4.3.12.2. en as kontrole vir eksperimentele akkuraatheid dien.

- Irradiasietydsduur soos vroëer ondersoek is in ooreenstemming met ander water tot plantmateriaal verhoudings as wat tydens hierdie eksperiment ter sprake was.
- Die invloed van irradiasietydsduur op olie opbrengs moes bepaal word alvorens die distillasiekinetika ondersoek kon word. As daar geen inligting bestaan aangaande die invloed van 'n spesifieke veranderlike op 'n sisteem nie kan optimering van die veranderlike as eerste keuse uie uitgevoer word nie.
- Die inkrementele waarde vir irradiasietydsduur by hierdie eksperiment was 1 minuut, terwyl dit 3 minute was by die ondersoek na irradiasietydsduur. Hierdie verfyning maak optimering van irradiasietydsduur t.o.v. bv. die koste daarvoor benodig moontlik.

Die opbrengs plato na 15 minute van irradiasie kan verklaar word deur 'n mate van water oorlading in die distillasiefles. Op daardie stadium het 'n hoeveelheid water afkomstig van vorige water byvoegings alreeds in die fles begin akkumuleer. Die water tot plantmateriaal verhouding in die fles is versteur en die mikrogolfstraling moes die groter hoeveelheid water verhit en vervlugtig. Die totale residuele hoeveelheid olie in die plant op hierdie stadium was egter betreklik min sodat die opbrengs aan olie (soos getoon op Grafiek 4.2.9.1.) laag was.

Daar kan gesien word op Grafiek 4.2.9.1. dat die optimum distillasietyd duur m.b.t. olie opbrengs in die omgewing van 14 minute lê. Deur die koste van irradiasie te neem en dit te vergelyk met olie opbrengs (en olieprys) kan besluit word wat die optimum irradiasietydsduur moet wees vir 'n gegewe toepassing. Hierdie resultaat is vanselfsprekend net van toepassing by die eksperimentele water tot plantmateriaal verhouding.

Soos genoem in paragraaf 4.2.9. neem die distillaatwater opbrengs bykans reglynig toe met tyd. Deur linêre regressie op die waardes van Grafiek 4.2.9.2. uit te voer resulteer die volgende:

$$\text{Distillaat verkry (g)} = 67.932 \times \text{Irradiasietydsduur (min)} - 128.82$$

Die regressiekoëffisiënt vir bg. vergelyking is 0.9965. Deur die waardes van minute 1, 6, 11 en

16 (die minute wat direk volg op water toevoegings) uit te laat en weereens 'n reguitlyn regressie-analise uit te voer, resulteer:

$$\text{Distillaat verkry (g)} = 69.236 \times \text{Irradiasietydsduur (min)} - 137.72$$

Die regressiekoëffisiënt vir bg. vergelyking is 0.9983. Die water byvoegings verstuur die sisteem omdat dit eers verhit moet word vanaf omgewingstemperatuur tot by die kookpunt van water voordat dit vervlugtig kan word. (By die ander minuut-metings was die water reeds verhit.) Die versturing is egter nie só groot nie omdat die grootste weerstand teen energie-oordrag gesetel is in die latente verdampingswarmte van water vs. die warmtekapasiteit van water.

'n Reglynige verband t.o.v. die distillaat verkry word verwag, omdat die magnetron, as dit eers 'n gestadige temperatuur bereik het, 'n konstante energieuitset lewer. Hierdie konstante energieuitset per tydseenheid (1 minuut) word getransleer in 'n konstante hoeveelheid water wat gedurende die tydseenheid verdamp (en dan kondenseer).

Bg. wiskundige analise bevestig die eksperimentele akkuraatheid (regressiekoëffisiënt verhoog as datapunte wat versturings verteenwoordig weggelaat word) sowel as verklaar die waargenome gedrag en vergemaklik die interpretasie van die distillaat distillasiekinetika.

#### **4.3.11. Alternatiewe oplosmiddel**

Heelwat uiteenlopende oplosmiddels kan in mikrogolfsisteme benut word. Só kan botaniese materiaal in nie-polêre oplosmiddels soos heptaan geplaas word en die oplossing dan geïrradieer word. Dit veroorsaak selektiewe verhitting van polêre verbindings in die plant wat kan lei tot ekstraksietye so kort as 30 s (Terblanché, 1995: 35–39).

Die opstelling gebruik in hierdie studie noodsaak die benutting van 'n oplosmiddel wat ten minste deels polêr moet wees, a.g.v. die volgende:

- (Polêre) oplosmiddelmolekules dra die nie-polêre oliemolekules deur die silikonrubber

verbindingbuis tot by die kondensator. As 'n nie-polêre oplosmiddel gebruik word sal daar te min draermolekules aanwesig wees.

- Die opbrengs (olie) vanuit die botaniese materiaal is hidrofobiese en dus nie-polêre molekules. As polêre molekules herwin uit die plant (en wat in die standaardopstelling in die waterfraksie verlore gaan) bygereken gaan word as deel van die opbrengs is die resultate nie vergelykbaar met dié verkry met water as oplosmiddel nie. Dit is deels die rede waarom selfs 'n polêre oplosmiddel soos etanol se produk as ekstrak gesien word.
- Die oplosmiddelmolekules en oliemolekules moet van mekaar geskei word na distillasie. Hoe meer nie-polêr die oplosmiddelmolekules is hoe meer mengbaar sal dit met die oliemolekules wees. Skeiding van die oplosmiddel en oliemolekules mag so bemoelijk word.

Verskeie alternatiewe polêre oplosmiddels is oorweeg nl. asetoon, etielasetaat, ens. A.g.v. beskikbaarheid, koste, ens. is besluit op 99 % etanol. As etanol gebruik word is 'n bykomende distillasiestap nodig na die aanvanklike distillasie om die oplosmiddelmolekules te skei van die produk. Water, met 'n dipoolmoment van 1.85 D, is ietwat meer polêr as etanol, met 'n dipoolmoment van 1.69 D (Atkins, 1990: 959–960). Die soortlike gewig van etanol is 0.789 en die kookpunt daarvan by 1 atm is 78.4°C (351.55 K) (Perry, Green *et al*, 1984: 3.34).

Die produk van hierdie distillasielopies is nie meer 'n suiwer essensiële olie nie maar word eerder beskou as 'n ekstrak. Etanol openbaar bv. verskille in polariteit, oliemolekule oplosbaarheid en kookpunt t.o.v. water en daarom kan die resultate nie sonder meer vergelyk word nie. Verder, omdat etanol en water chemies verskil sal dit verskillende gedrag onder gepolariseerde toestande openbaar.

Die "olie" wat na afdistillering van die etanol verkry is, het nie veel aan die essensiële olie verkry met waterdistillasie herinner nie. Dit was donkergeel tot bruin en het stroperig voorgekom. Dit het nie gelyk of geruik soos die watergedistilleerde olies nie. Die opbrengste was laer as met water as oplosmiddel omdat die kontaktyd met die plantmateriaal verkort is sowel as die unieke oplosmiddeleienskappe van etanol. Die produk het in al die gevalle eerder aan 'n ekstrak herinner as aan 'n olie. Bv., die produk verkry met die verlengde distillasietydskuur het herinner aan die

24 minute totale distillasietydswaarde op Grafiek 4.2.1.1.

Water is verkieslik as oplosmiddel bo etanol a.g.v. die volgende: Die produk verkry met die etanol het nie herinner aan die watergedistilleerde olies nie. Die gebruik van etanol as oplosmiddel noodsaak 'n bykomende distillasiestap. Hierdie stap vereis energie en tyd, verhoog die koste en verleng die herwinningstyd sowel as die blootstellingstyd van oliemolekules aan hoë temperature, wat kan lei tot nuwe-reaksies en degradering van die produk. Water as oplosmiddel is meer gereedelik beskikbaar, goedkoper en hou nie die ontploffingsrisiko van etanol in nie.

Daar is egter aangetoon dat die apparaat geskik is om ook met ander oplosmiddels botaniese molekules te kan herwin. Ander oplosmiddels sou in die toekoms ondersoek kon word indien dit wenslik is.

#### 4.3.12. Relatiewe invloed van veranderlikes ondersoek

Die doel van die enkelladingseksperimente was o.a. om relatiewe gewigte toe te ken aan die belangrikheid van die verskillende produksieveranderlikes wat ondersoek is. Tabel 4.3.12.1. verskaf die maksimum olie-opbrengste behaal gedurende ondersoek na die invloed van die verskillende veranderlikes.

**Tabel 4.3.12.1. : Maksimum olie opbrengste (Enkelladingsdistillasie)**

Veranderlike	% Olie-opbrengs (g olie/g plant)
Irradiasietyd	1.30
Water tot plantmateriaal gebruik	1.12
Voginhoud	0.82
Hersirkulasie	1.77
Verdelingsgraad	1.23

Byvoeging van Oppervlakspanningsmodifiseerder	0.50 <sup>1</sup>
Voorafbehandeling nl. Weking	0.93
Ladingsgrootte	0.91
Distillasiekinetika	0.89
Alternatiewe oplosmiddel	Nie van toepassing nie <sup>2</sup>

- Notas:
- (1) Heel plantmateriaal is nie gebruik nie en hierdie waarde verteenwoordig daarom fyn verdeelde plantmateriaal.
  - (2) Die maksimum opbrengs hier verkry is nie van toepassing vir die doel van die bespreking nie aangesien die produk 'n etanol-ekstrak is en nie 'n afgedistilleerde olie nie. Die opbrengste is daarom nie vergelykbaar nie.

Hersirkulasie oefen verreweg die grootste invloed uit t.o.v. olie opbrengste verkry vir die veranderlikes ondersoek. Irradiasietydsduur, plantmateriaal verdelingsgraad en verhouding water tot plantmateriaal gebruik se invloed op opbrengs is ook heelwat groter as die invloed uitgeoefen deur die ander veranderlikes. Hierdie veranderlikes verteenwoordig die belangrikstes waaraan aandag geskenk moet word tydens ontwerp van mikrogolfsisteme toegespits op die herwinning van die maksimum aantal oliemolekules.

Die maksimum opbrengste verkry met die ondersoek na weking, ladingsgrootte en distillasiekinetika se invloed op olie opbrengs is van vergelykbare ordegrootte. Hierdie veranderlikes kan steeds 'n belangrike rol speel gedurende olieherwinning en behoort verstelbaar te wees onder bedryfstoestande sodat optimering daarvan kan geskied.

Tabel 4.3.12.1. toon aan dat die botaniese materiaal veginhoud (wat ook deels neerkom op wisseling in die verhouding water tot plantmateriaal gebruik) slegs van nut is om

bedryfsprosedures te vergemaklik as *L. scaberrima* olie herwin wil word. Die invloed daarvan op olie opbrengs is weglaatbaar in vergelyking met die ander veranderlikes.

Daar behoort weggebly te word van oppervlakspanningsmodifisering. Die maksimum olie opbrengs verkry met dié veranderlike dui daarop dat mikrogolfdistillasiesisteme só ontwerp behoort te word as om die byvoeging daarvan te vermy. Indien dit nodig blyk te wees a.g.v. fynverdeelde plantmateriaal brokstukkies wat elkeen dien as 'n kokingskern, behoort die sisteem eerder aangepas te word om heel plantmateriaal te kan benut.

Die veranderlikes ondersoek behoort nie in isolasie beskou te word nie. Die meganisme waarvolgens een daarvan 'n verhoging in olie-opbrengs teweegbring, mag die meganisme waarvolgens 'n ander veranderlike olie-opbrengs verlaag betrek. Sodanige teenstrydige effekte mag die olie-opbrengs daarom selfs verlaag indien beide se optimum eksperimentele toestande gelyktydig gekombineer word in 'n enkele lopie. Heelwat waarde kan egter geput word uit die relatiewe belang van elke veranderlike t.o.v. olie-opbrengs sodat daardie veranderlikes wat 'n groter rol speel voorrang sal geniet tydens eksperimentele ontwerp.

Geen uitsprake kan dus gemaak word oor komplementêre, antagonistiese of sinergistiese wisselwerkings tussen hierdie en/of ander veranderlikes nie. Die veranderlikes ondersoek verteenwoordig verder slegs 'n onderafdeling van essensiële olie produksie, omrede bv. die geografiese gebied waar plantmateriaal verbou word se invloed op olie-opbrengs van groter belang mag wees.

As 'n kontrole op eksperimentele prosedure is die olie-opbrengs wat onder standaardtoestande in elke eksperimentele reeks verkry is met mekaar vergelyk. Die standaardtoestande is: 15 minute irradiasie, 2.5 ml water/g plantmateriaal, 12 % vog (lugdroë plantmateriaal), 0 % hersirkulasie en heel plantmateriaal. Tabel 4.3.12.2. toon aan dat die verskille weglaatbaar is en dat die eksperimentele prosedure dus herhaalbare resultate lewer.

**Tabel 4.3.12.2. : Standaard opbrengste (Enkelladingsdistillasie)**



Veranderlike ondersoek	% Olie-opbrengs (g olie/g plant)
Irradiasietydsduur	0.87
Water tot plantmateriaal gebruik	0.90
Voginhoud	0.82
Hersirkulasie	0.89
Verdelingsgraad	0.88
Byvoeging van Oppervlakspanningsmodifiseerder	Nie van toepassing nie <sup>1</sup>
Voorafbehandeling nl. weking	0.88
Ladingsgrootte	0.91
Distillasiekinetika	0.88
Alternatiewe oplosmiddel	Nie van toepassing nie <sup>2</sup>

Notas: (1) Heel plantmateriaal is nie gebruik nie en hierdie waarde verteenwoordig daarom fyn verdeelde plantmateriaal.

(2) Die maksimum opbrengs hier verkry is nie van toepassing vir die doel van die bespreking nie aangesien die produk 'n etanol-ekstrak is en nie 'n afgedistilleerde olie nie. Die opbrengste is daarom nie vergelykbaar nie.

Die waarde verkry gedurende die ondersoek na voginhoud, nl. 0.82 %, is waarskynlik 'n uitskieter. Twee stelde statistiese analyses is daarom uitgevoer, nl. een stel waar die waarde wel in berekening gebring is en 'n ander stel waar dit nie in berekening gebring is nie. Die statistiese analyses word getoon in Tabel 4.3.12.3.

**Tabel 4.3.12.3. : Statistiese analyses van die standaardopbrengste**

	<b>Al die opbrengs waardes gebruik</b>	<b>Voginhoud opbrengs weggelaat</b>
Reikwydte	0.09 %	0.04 %
Gemiddeld	0.879 %	0.887 %
Mediaan	0.88 %	0.88 %
Modus	0.88 %	0.88 %
Standaardafwyking	0.0270 %	0.0138 %

Die standaardopbrengswaarde bepaal tydens die ondersoek na voginhoud, 0.82 %, se invloed op die reikwydte en standaardafwyking is duidelik. Hierdie waarde lê verder as 3 standaardafwykings onder die gemiddeld as dit weggelaat word uit die datastel, nl.  $0.887 - 3(0.0138) = 0.846$  %. (Vir data wat normaalverdeel is, word meer as 99 % van al die datapunte gevind binne 6 standaardafwykings rondom die gemiddeld versprei.) As dit deel vorm van die datastel lê dit verder as 2 standaardafwykings onder die gemiddeld, nl.  $0.879 - 2(0.0270) = 0.825$  %. Gevolglik word die waarde as uitskieter beskou.

Bg. groothede kan in verband gebring word met eksperimentele akkuraatheid, herhaalbaarheid en betroubaarheid. Ooreenstemming van die waardes in Tabel 4.3.12.2. word verwag want dit is dieselfde operateur, plantbron, identiese bedryfsprosedures geld, dieselfde oond is gebruik, ens. Verskille word weer verwag a.g.v. biologiese variasie (statistiese verdeling in plant self t.o.v. hoeveelhede olie daarin), plantmateriaal verskillende ouderdomme ten tyde van distillasielopies (al is die verskil klein), die natuurlike verdeling van blare tot blomhofies per eksperiment verskil, ens.

## **5.Kontinue mikrogolfdestillasie**

### **5.1.Inleiding**

Die resultate van die enkelladingsdestillasie-eksperimente beskryf in die voorafgaande hoofstuk het daartoe gelei dat prototipes kontinue mikrogolfdestillasieapparaat ontwerp kon word.

Die gegewens verstrekk in paragraaf 2.2.4. en die onderafdelings daarvan word in die direkvolgende paragrawe toegelig en uitgebrei. Die iteratiewe ontwerpproses sal eenmalig deurgevolg word om as eerste iterasie te dien. Die mikrogolfoond gebruik vir die enkelladingseksperimente en water as oplosmiddel sal gebruik word om die ontwerp mee te illustreer. Geen kontinue mikrogolfdestillasieapparaat is eksperimenteel geëvalueer nie.

Van die inligting verstrekk in hierdie hoofstuk, bv. paragraaf 5.2.1., is ook van toepassing op die enkelladingsmikrogolfdestillasieapparaat, maar word eers in hierdie hoofstuk vermeld omrede dit eers van toepassing geraak het tydens ontwerp van die kontinue apparaat.

### **5.2.Kontinue mikrogolfdestillasietoerusting ontwerp algoritme**

#### **5.2.1.Termiese effektiwiteit van die mikrogolfoond**

Die effektiwiteit waarmee die spesifieke mikrogolfoond gebruik elektriese energie in termiese energie kon omskakel is as volg bereken:

Water (1400 ml) is in 'n 2000 ml glasbeker geplaas wat aan die bokant ontbloot aan die atmosfeer gelaat is. Sodanige ladingsmassa water is genoegsaam om al die insetenergie in hierdie tipe huishoudelike mikrogolfoond te absorbeer (soos vermeld in paragraaf 2.2.3.5.). Die glasbeker is aan verskillende oondposisies onderwerp om die wisselende elektromagnetiese veldverspreidingspatroon deur die oond in ag te neem, veral aangesien die ontwerpde distillasieapparaat nodale sowel as antinodale gebiede in die oondruimte deurkruis.

Irradiasietydsduur is beperk tot 120 s soos gemeet met 'n akkurate tydskakelaar wat onafhanklik van die mikrogolfoond tydmeganisme was. 'n Voldoende temperatuurstyging is oor hierdie tydperk waargeneem en verdamping uit die glasbeker is grootliks verhoed<sup>1</sup>.

Die eksperimentele resultate van Tabel 5.2.1.1. is bereken met vgl. (5.2.1.1.); waar die toegevoegde energie ( $\delta E$ ) gelyk is aan die produk van die temperatuurverandering ( $\delta T$ ), massa water ( $m = 1.4 \text{ kg}$ ) en spesifieke warmtekapasiteit van water ( $C_p = 4.18 \text{ kJ/kg K}$  oor die gemete temperatuurgebied).

$$\delta E = m C_p \delta T \dots\dots (5.2.1.1.)$$

Omdat glas deurlaatbaar vir mikrogolfstraling is, is die glasbeker self se temperatuurstyging gedurende die eksperimente weglaatbaar klein. Die glasbeker se massa is daarom nie in berekening gebring tydens die termiese effektiwiteit bepaling nie.

**Tabel 5.2.1.1. : Mikrogolfoond termiese effektiwiteit bepaling**

Lopie nr.	T <sub>Begin</sub> (K)	T <sub>Einde</sub> (K)	Energie toegevoeg (kJ)
1	294.2	306.7	73.2
2	294.4	305.8	66.7
3	294.4	306.4	70.2
4	294.3	306.4	70.8

Die gemiddelde hoeveelheid energie toegevoeg tot die lading water is 70.2 kJ gedurende 120 s, oftewel nagenoeg 0.59 kJ/s. Die oonddrywing word deur die vervaardigers aangedui as 1400 W (Terblanché, 1995: 58), maar hierdie waarde kan, soos vermeld in paragraaf 2.2.3.5., met tot 20% wissel. Die oonddrywing is elektries gemeet as 1440 W, oftewel 1.44 kJ/s. Hierdie waardes

---

<sup>1</sup> Water se latente verdampingswarmte (2440 kJ/kg by 298 K) verskil ordegrottes van die termiese warmtekapasiteit (4.18 kJ/kg K by 298 K) daarvan en enkele molekules wat verdamp beïnvloed die resultate drasties.

toon dat termiese energie vanaf elektriese energie omgeskakel word teen 'n effektiwiteit van 0.59/1.44 = 0.41%.

Die energie inset na die magnetron alleen is elektries gemeet as ca. 917 W oftewel 0.917 kJ/s. Dit beteken die magnetron gebruik 0.917/1.44 = 63.7% van die insetenergie en die draaitafel, gloeilampie, waaier, ens. die res, nl. 36.3%. Die effektiwiteit waarmee die magnetron alleen beskou elektriese energie na termiese energie omskakel is 0.59/0.917 = 64.3%.

Energieverliese sluit terugweerkaatsing na die magnetron en afsnygolfgeleiding deur die metaalroosters wat die gloeilampie en oonddeur bedek in. Die berekende magnetron effektiwiteit is in ooreenstemming met literatuurwaardes vermeld in paragraaf 2.2.3.1., nl. 60–65% (Zlotozynski, 1995).

### 5.2.2. Ontwerp van 'n geskikte afsnygolfgeleier

Afsnygolfgeleiers gemeld by die mikrogolfapparate wat ondersoek is (sien paragraaf 2.2.4.3.), is geskik as lug daardeur beweeg, maar stralingslekkasies sal voorkom as hoogs polêre oplosmiddels soos water deurgepomp word. Formules gebruik vir ontwerp van sulke afsnygolfgeleiers is vereenvoudigings vir gebruik by 'n vloeier met relatiewe permittiwiteit van 1, bv. lug. Die toepassing van mikrogolfstraling vir gebruik by 'n kontinue mikrogolfdestillasie sisteem wat gebruik maak van 'n polêre oplosmiddel sal die volgende bykomende inligting t.o.v. afsnygolfgeleiding benodig:

Dit is moontlik om verskeie voortplantingsmodusse van elektromagnetiese straling deur 'n golfgeleier te stuur. Hierdie modusse stem ooreen met verskillende oplossings van Maxwell se vergelykings opgelos vir 'n spesifieke golfgeleier (Liao, 1990: 102). In 'n sirkelvormige silindriese (buisvormige) golfgeleier sal 'n elektromagnetiese vlakgolf wat daardeur beweeg resulteer in transvers elektriese (TE) sowel as transvers magnetiese (TM) modusse (Bhartia & Bahl, 1984; Seeger, 1986: 59; Liao, 1990: 119). In sodanige golfgeleier word die elektriese- en magneetvelde beperk tot die binnewande van die golfgeleier (Liao, 1990: 102).

'n Gegewe golfgeleier beskik oor 'n definitiewe afsnyfrekwensie ( $f_c$ ) vir elke modus. As die

frekwensie ( $f$ ) van die sein hoër is as die afsnyfrekwensie vir 'n gegewe modus, word elektromagnetiese energie deur die golfgeleier gestuur sonder dat verswakking daarvan plaasvind. Indien elektromagnetiese straling met 'n frekwensie laer as die afsnyfrekwensie (vir die spesifieke modus) deur die golfgeleier beweeg, verminder die elektromagnetiese golfenergie tot 'n weglaatbare lae waarde binne 'n relatiewe kort afstand (Liao, 1990: 102).

Die dominante modus in enige golfgeleier is dié modus wat oor die laagste afsnyfrekwensie beskik. Daar word aanbeveel dat die afmetings van 'n (afsn)y golfgeleier sodanig gekies word as om te verseker dat, vir 'n gegewe sein, slegs die energiewaardes van die dominante modus deur die (afsn)y golfgeleier gestuur in berekening gebring word (Liao, 1990: 102).

Die dominante modus (oftewel modus van laagste afsnyfrekwensie) in 'n buisvormige golfgeleier is die modus  $TE_{11}$  m.a.w. daardie modus waarvoor die produk  $k_c a$  die laagste waarde het, nl.  $k_c a = 1.841$  (Bhartia & Bahl, 1984; Seeger, 1986: 64; Liao, 1990: 129; Helszajn, 1992). Hier is  $k_c$  die afsnygolfgetal,  $a$  die radius van die buisvormige golfgeleier en  $TE_{11}$  'n spesifieke transvers elektriese modus.

Die afsnyfrekwensie vir modus  $TE_{11}$  word gegee deur (Seeger, 1986: 61; Liao, 1990: 125)

$$f_{c_{TE_{11}}} = \frac{k_{c_{TE_{11}}} a}{2 \pi a \sqrt{\mu_x \epsilon_x}} \dots\dots(5.2.2.1.)$$

waar  $\mu_x$  en  $\epsilon_x$  onderskeidelik die permeabiliteit en permittiwiteit is van die materiaal wat die golfgeleier vul. Vir die meeste materiale (insluitend hout (Liao, 1990: 524)) is  $\mu_x = \mu_o = 4 \pi \times 10^{-7}$  H/m (Seeger, 1986: 13). Verder geld (Seeger, 1986: 12)

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon_x}{\epsilon_o} \dots\dots(5.2.2.2.)$$

sodat substitusie hiervan in vgl. (5.2.2.1.) lei tot

$$f_{c_{TE_{11}}} = \frac{k_{c_{TE_{11}}} a}{2 \pi a \sqrt{\mu_o \epsilon_o \epsilon_r}} \dots\dots(5.2.2.3.)$$

Die relatiewe permittiwiteit van lug is 1 (Seeger, 1986: 11). Water se relatiewe permittiwiteit is 80 en dié van droë hout 1.5–4 (Liao, 1990: 524). Nat hout (en dus plantmateriaal) se  $\epsilon_r$  waarde sal derhalwe tussen 1 en 80 lê. Deur die konstantes ( $\epsilon_o$  en  $\mu_o$ ),  $k_{c_{TE_{11}}} a$  {Modus  $TE_{11}$ } = 1.841 en  $f_c$  {Modus  $TE_{11}$  vir huishoudelike mikrogolfoond} = 2450 MHz in bg. vergelyking in te vervang resulteer die volgende:

$$(a_{maks})^2 \epsilon_r \approx 0.001285 \dots\dots(5.2.2.4.)$$

Vir lug (met  $\epsilon_r = 1$ ) is  $a_{maks}$  = 35.9 mm d.w.s. 'n buis met 'n diameter van 71.7 mm. Vir 'n water (en konserwatief plantmateriaal sowel as water) gevulde buis (met  $\epsilon_r = 80$ ) is  $a_{maks}$  = 4.01 mm oftewel 'n buis met diameter 8.02 mm. Geen buis afsnygolfeleier met 'n deursnit groter as of gelyk aan 8.02 mm kan gebruik word as water as oplosmiddel aangewend wil word in 'n huishoudelike mikrogolfoond nie. By sodanige maksimum buisdeursnit is  $f = f_c$  en golfvoortplanting vind plaas.

Vir modus  $TE_{11}$  by  $a_{maks}$  (t.o.v. die materiaal wat die buis vul) in 'n huishoudelike mikrogolfoond (2450 MHz) is  $f_c$  vir die buis golfeleier 2450 MHz. Indien verswakking van die elektromagnetiese energie moet plaasvind moet die buisdiameter verklein word. Dit kan aangetoon word deur eenvoudig die toepaslike waardes in vgl. (5.2.2.3.) en (5.2.2.4.) te vervang.

Die modus voortplantingskonstante (m.a.w. vir  $f > f_c$ ) is (Seeger, 1986: 63–64; Liao, 1990: 105–106, 125; Helszajn, 1992)

$$\beta = \sqrt{(2\pi f)^2 \mu_o \epsilon_o \epsilon_r - k_c^2} \quad \dots\dots(5.2.2.5.)$$

wat 'n imaginêre getal is en daarop dui dat die golf voortplant deur die golfgeleier. Die modus verswakingskonstante (m.a.w. vir  $f < f_c$ ) is (Liao, 1990: 106, 125)

$$\alpha = \sqrt{k_c^2 - (2\pi f)^2 \mu_o \epsilon_o \epsilon_r} \quad \dots\dots(5.2.2.6.)$$

wat beteken dat as die bedryfsfrekwensie laer is as  $f_c$  verminder die golfenergie eksponensieel totdat géén golfvoortplanting geskied nie omrede die voortplantingskonstante 'n reële getal is (Liao, 1990: 106).

Die modus verswakingskonstante ( $\alpha$ ) gee verswakking van elektromagnetiese stralingsenergie per buislengte-eenheid van die golfgeleier. By  $f < f_c$  vind golfverswakking só vinnig plaas dat die golf effektief nie voortplant nie sodat geen drywingsenergie oorgedra word nie (Seeger, 1986: 57).

Die desibel (dB) is 'n dimensielose getal wat die verhouding van twee drywings uitdruk (Seeger, 1986: 16; Liao, 1990: 529), nl.

$$dB = 10 \log_{10} \frac{P_2}{P_1} = 10 \log_{10} \frac{P_{Uitset}}{P_{Inset}} \quad \dots\dots(5.2.2.7.)$$

Daar is twee tipes drywingsverlies in 'n golfgeleier nl. verliese in die diëlektrikum wat die geleier vul en verliese in die wande van die geleier (Liao, 1990: 113). Vir 'n lae verlies golfgeleier verminder die tyd-gemiddelde drywingsvloei eweredig aan  $e^{-2\alpha L}$  waar L 'n sekere lengte golfgeleier voorstel sodat (Liao, 1990: 113–114, 133)

$$P_{tr} = (P_{ir} + P_L) e^{-2\alpha L} \quad \dots\dots(5.2.2.8.)$$



waarin  $P_{tr}$  die versende drywing deur die golfgeleier en  $P_L$  die drywingsverlies deur die golfgeleier is. Daaruit volg

$$P_{tr} = P_{Uitset} = P_2 \quad \dots\dots(5.2.2.9.)$$

asook

$$P_L = P_{Inset} - P_{Uitset} = P_1 - P_2 \quad \dots\dots(5.2.2.10.)$$

Indien vgl. (5.2.2.9.) en (5.2.2.10.) in vgl. (5.2.2.8.) vervang word volg

$$P_2 = (P_2 + P_1 - P_2) e^{-2\alpha L} = P_1 e^{-2\alpha L} \quad \dots\dots(5.2.2.11.)$$

Indien vgl. (5.2.2.11.) vervang word in vgl. (5.2.2.7.) resulteer

$$dB = 20 \log_{10} e^{-\alpha L} \quad \dots\dots(5.2.2.12.)$$

Vir 'n verswakking van 40 dB in vgl. (5.2.2.7.) geld

$$-40 = 10 \log_{10} \frac{P_2}{P_1} \text{ oftewel } P_2 = 0.0001 P_1 \quad \dots\dots(5.2.2.13.)$$

Vanuit vgl. (5.2.2.13.) is dit duidelik dat  $P_2$  ( $P_{Uitset}$ )  $\ll$   $P_1$  ( $P_{Inset}$ ). Met sodanige drywingsverswakking in vgl. (5.2.2.12.) volg

$$-40 = 20 \log_{10} e^{-\alpha L} \text{ oftewel } 4.605 = \alpha L \quad \dots\dots(5.2.2.14.)$$

waaruit die golfgeleierlengte bereken kan word indien die modulus verswakkingskonstante bekend is. Indien hierdie stel berekeninge ter illustrasie toegepas word op twee afsnygolfgeleiers; een met lug gevul en een watergepul, resulteer die waardes van Tabel 5.2.2.1.

**Tabel 5.2.2.1. : Afsnygolfgeleier ontwerp voorbeelde**

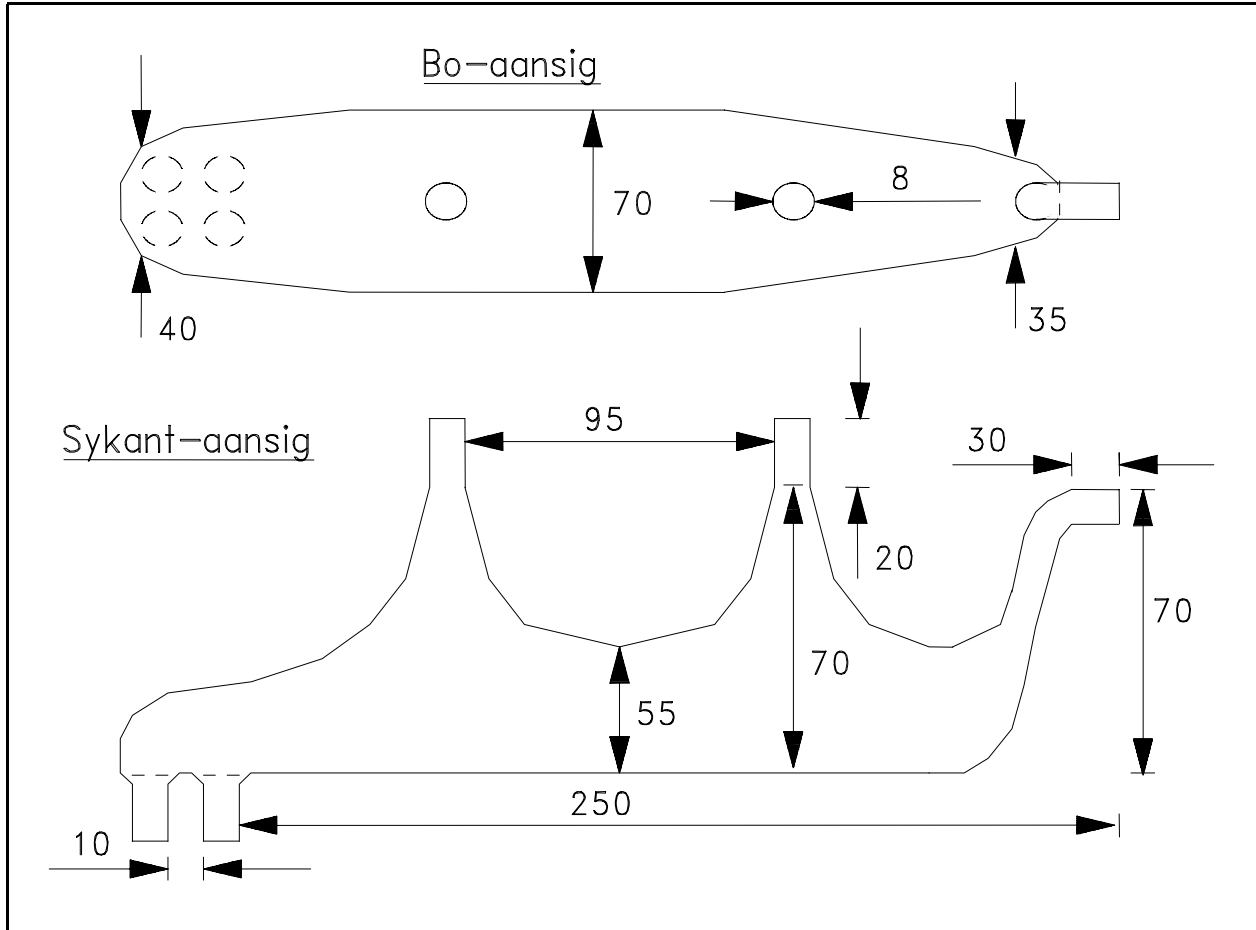
<b>Lug afsnygolfgeleier (Diameter = 30 mm)</b>	<b>Water afsnygolfgeleier (Diameter = 6.5 mm)</b>
$r = 0.015 \text{ mm}$	$r = 0.00325 \text{ mm}$
$k_c \quad 122.7 \text{ neper/m}$	$k_c \quad 566.5 \text{ neper/m}$
$\epsilon_r = 1$	$\epsilon_r = 80$
$\alpha \quad 111.5 \text{ neper/m}$	$\alpha \quad 331.6 \text{ neper/m}$
$L_{40 \text{ dB}} \quad 4.13 \text{ cm}$	$L_{40 \text{ dB}} \quad 1.39 \text{ cm}$

Koperbuis met binnediameter 6.5 mm en 'n lengte van 2.5 cm sou gevolglik geskik wees as afsnygolfgeleiers. Alle afsnygolfgeleiers moet op 'n doeltreffende wyse geaard wees, en nie bloot d.m.v. eenvoudige elektriese draadkoppeling (wat oneffektief is by hoë frekwensie elektromagnetiese stralingstoepassings) nie. Daar moet gebruik gemaak word van hoë frekwensie elektries geleidende lint en -hegtingsmateriaal wat spesiaal vir mikrogolfstralingstoepassings vervaardig is (Joubert, 1998).

### **5.2.3. Distillasiemateriaal ontwerp**

Indien 'n huishoudelike mikrogolfoond gebruik wil word, moet gebruik gemaak word van 'n distillasiemateriaal. Verskillende aansigte van 'n voorbeeld van só 'n distillasiemateriaal word getoon in Figure 5.2.3.1. en 5.2.3.2. Alle afmetings getoon is in mm.

**Figuur 5.2.3.1. : Bo- en sykant-aansig van die kontinue distillasieapparaat**



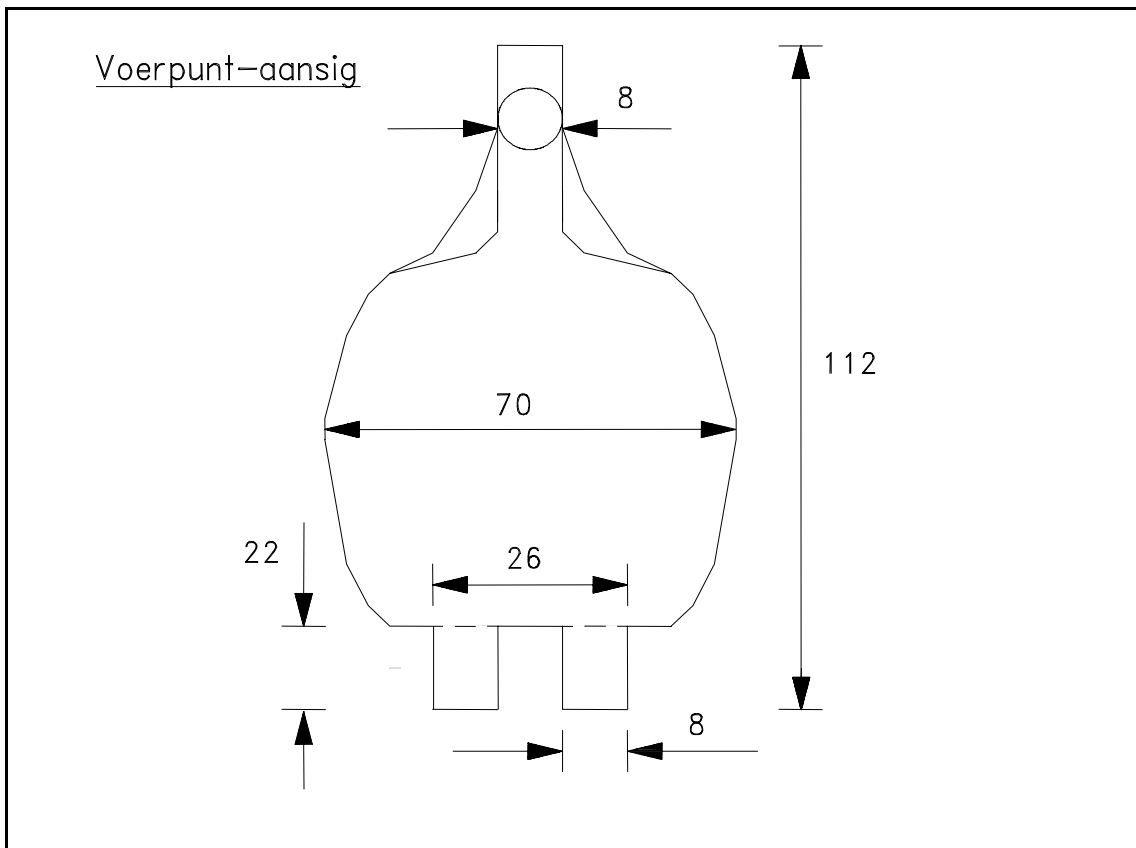
Daar bestaan komplekse wisselwerkinge tussen al die veranderlikes betrokke maar die belangrikste aspekte waaraan oorweging geskenk is gedurende die ontwerp was:

### 5.2.3.1.Ladingsgrootte

Daar is gepoog om 'n geskikte gebied te vind t.o.v. die grootte wat die bedryfslading kan aanneem: Groter voorwerpe absorbeer meer stralingsenergie maar neem langer om te verhit. Die oonddrywing is 'n konstante en gevolglik word 'n stadium bereik tydens inkrementele ladingsvergroting waar die oond nie meer in staat is om die voer genoegsaam te verhit vir verdampingsdoeleindes nie. Daar bestaan ook 'n versadigingspunt vir die hoeveelheid mikrogolfenergie wat deur 'n gegewe massa plantmateriaal geabsorbeer kan word (paragraaf

2.2.3.7.1.). Te klein ladings lei weer tot magnetronfaling.

**Figuur 5.2.3.2. : Voerpunt-aansig van die kontinue distillasieapparaat**



Deur die vlak van die mengsel in die distillasieapparaat te wissel kan die ladingsgrootte gewissel en die optimumgrootte vir gevraagde bedryfstoestande bepaal word.

### 5.2.3.2. Mengseldigtheid

Die mengselsamestelling verander heeltyd tydens verhitting en dus verander die mengseleienskappe voortdurend gedurende 'n distillasielopie.

By die enkelladingsproses is heel blare en blomhofies gebruik. Indien water gebruik word, is die afsnygolfgeleierdiameter maksimaal 8.02 mm, soos bereken in paragraaf 5.2.2. Dit sal daartoe lei

dat fyn verdeelde plantmateriaal gebruik moet word. (Om vloeiprobleme deur die klein deursnit afsnygolfgeleiers te bekamp.)

Fyn plantmateriaal is meer homogeen wat lei tot meer homogene verhitting (paragrafe 2.2.3.4. en 2.2.3.9). Hoe hoër die plantmateriaaldigtheid is hoe groter is die mikrogolfenergieabsorpsie maar hoe laer die indringingsdiepte (paragraaf 2.2.3.6.). Hoe hoër die mengseldigtheid is hoe langer neem verhitting gevolglik (paragraaf 2.2.3.4.).

### **5.2.3.3. Indringingsdiepte**

Die indringingsdiepte van mikrogolfstraling in water is ca. 58 mm by 373 K (paragraaf 2.2.3.6.). Die waarde vir 'n water en plantmateriaalmengsel is as naastebly dieselfde aanvaar, en die prototipe-apparaat dwarsdeursnit is daarom 70 mm. 'n Groter indringingsdiepte lei tot meer uniforme verhitting en verminder oppervlakverhitting.

### **5.2.3.4. Oplosmiddelkeuse**

'n Hoë voginhoud beteken hoë mikrogolfenergieabsorpsie en lae indringingsdiepte (paragraaf 2.2.3.6.). Hierdie feit in isolasie beskou lei tot 'n verlengde verblyftyd relatief tot die enkelladingsdistillasietyd. Termodinamiese eienskappe soos die hoër kookpunte wat vloeistowwe vertoon onder gepolariseerde toestande (paragraaf 2.2.3.3.) beïnvloed die verblyftyd verder nadelig.

Die vloeistofmengsel se oppervlaktemperatuur stabiliseer op 'n temperatuur 373 K omrede watermolekules voortdurend verdamp. Temperatuurstabilisering vermy oorverhitting en smelting van die apparaat.

Koking en die gepaardgaande turbulensie wat dit teweegbring verseker voortdurende mengselhomogeniteit in die apparaat. Die turbulensie verseker ook uitspoeling van afvalmateriaal by die gesonke uitlaatopening. Gestratifiseerde temperatuurprofiële en kanaalvorming word grootliks verhoed.

### **5.2.3.5. Geometriese oorwegings**

Die apparaat is ontwerp vir uniforme verhitting en gebrande aromas, verliese in koue sones, oorverhitting in warm sones, ens. is sover moontlik vermy.

Radiale temperatuurprofile van geboë houers vertoon 'n verhoging in temperatuur gerig op die houermiddelpunt vir houers kleiner as ongeveer 11 cm deursnit (paragraaf 2.2.3.7.2.). Hierdie effek gaan oppervlakverhitting teen.

Die distillasiefles hang in die lug en staan nie op die oondbodem nie sodat straling dit ook van onder af kan bereik. Dit besit slegs geronde hoeke om hitte-konsentrering te bekamp (paragraaf 2.2.3.8.). Reëlmatige vorms lei tot meer egalige verhitting (paragraaf 2.2.3.7.1.) en die apparaat is simmetries om 'n vertikale lengte-as ontwerp.

Die bootvorm van die apparaat bespoedig materiaalvloeï daardeur. Gravitasiëkrag word benut by die uitlaatopeninge om afvalmateriaalverwydering te bespoedig sowel as by die inlaat waar die voerlyn hoër as die apparaatbodem geleë is. Die apparaatbodem aan die inlaatkant beskik oor 'n helling afwaarts in die vloeirigting om materiaalvloeï te verbeter.

Voorsiening is gemaak vir effektiewe hitte- en massa-oordrag. Daar is een inlaat- en vier uitlaatstrome om verstoppings te beperk. Soortgelyk is daar twee damplyne omrede meer damp gegenereer word as by die enkelladingsdistillasieapparaat. Al sewe openinge van die apparaat het 'n gestandaardiseerde deursnit van 8 mm en slegs een dikte silikonrubberbuis hoef vir hersteldoeleindes aangeskaf te word.

Elektriese veldintensiteit verskil deur die oond en is maksimum by antinodusse (paragraaf 2.2.3.5.). Die apparaat is langer as die bedryfsgolflengte van ca. 12 cm (paragraaf 2.2.3.1.) en deurkruis antinodale sowel as nodale gebiede van wisselende elektriese veldintensiteite om die invloed hiervan te minimeer.

Die interne elektromagnetiese veldprofile in die distillasieapparaat is nie-uniform (paragraaf

2.2.3.8.). Dit impliseer nie-uniforme temperatuurprofiële met nie-uniforme verhitting en afdistillering van aromas. Die voortgesette materiaalvloei verseker egter dat al die sones in die apparaat deurkruis word om sodoende nie-uniformiteit in te perk.



#### **5.2.4.Voorgestelde apparaatopstelling**

Alle verbindingslyne kan silikonrubberbuise wees wat pas oor plastiekhegstukke met toepaslike deursneë.

##### **5.2.4.1.Voerstroom tot die mikrogolfoond**

As voertenk kan 'n plastiekemmer gebruik word. Dit is geredelik beskikbaar en goedkoop. 'n Monopomp verteenwoordig waarskynlik die beste pompkeuse, omrede die skroefvoermeganisme en positiewe verplasing verstoppings daarin sal minimeer.

Verskillende konfigurasies vir die voertenk met die voerlyn daaruit bestaan, insluitend 'n lyn wat die tenk in die middelpunt van die bodem daarvan afwaarts verlaat. Dit sal egter beteken dat daar nie van 'n magnetiese roerder gebruik gemaak kan word om mengselhomogeniteit te verseker nie.

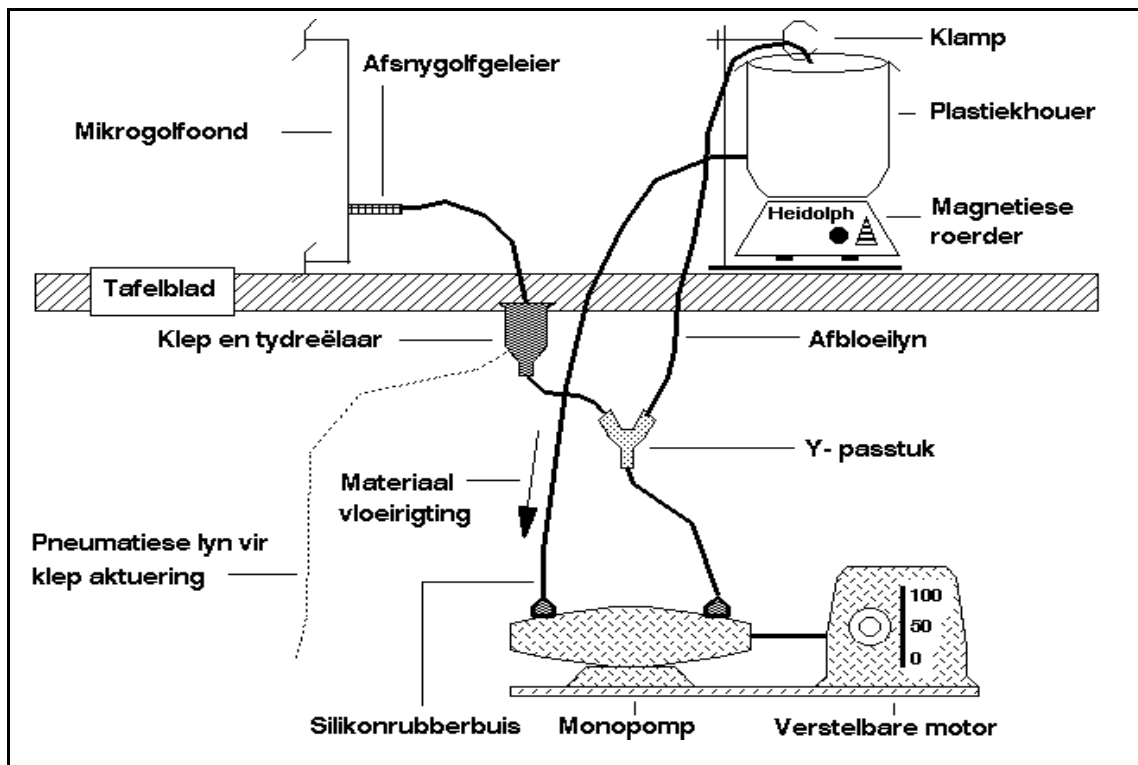
'n Geskikte konfigurasie (getoon in Figuur 5.2.4.1.1.) laat plantmateriaal sedimentering onderkant die vlak van die voerlyn toe sodra die magnetiese roerder na 'n lopies afgeskakel word. Plantdeeltjies akkumuleer daarom nie in die voerlyn nie maar by voorkeur daaronder en vervolgens word verstoppings in die eerste deel van die voerlyn beperk. Die monopomp kan ook makliker met water gespoel word na gebruik met die gekose konfigurasie.

Indien die monopomp nie onmiddellik na gebruik met water deurgewas word nie, kan plantdeeltjies alreeds daarin aanwesig afsak na die bodem daarvan. Hierdie situasie mag lei tot verstoppings aan die voerkant tot die pomp. (Sodra die pomp weer aangeskakel word akkumuleer plantmateriaal te vinnig by die voerkant van die pomp a.g.v. botsings met plantmateriaalreste alreeds daarbinne aanwesig en die voerlyn verstop dan. Dit sal fisiese verwydering van plantmateriaal uit die pomp uit noodsaak.)

'n Deel van die voerstroom kan afgebloeï word ten einde die stroomvloeiempo genoegsaam te verminder as die laagste monopompvloeiempo so hoog is dat gestadigde verdamping en

gestadigde staat nie bereik kan word nie. Die afbloeilyn kan uitmond in die voertenk. Dit kan

**Figuur 5.2.4.1.1. : Voerstroom tot die mikroolfoond**

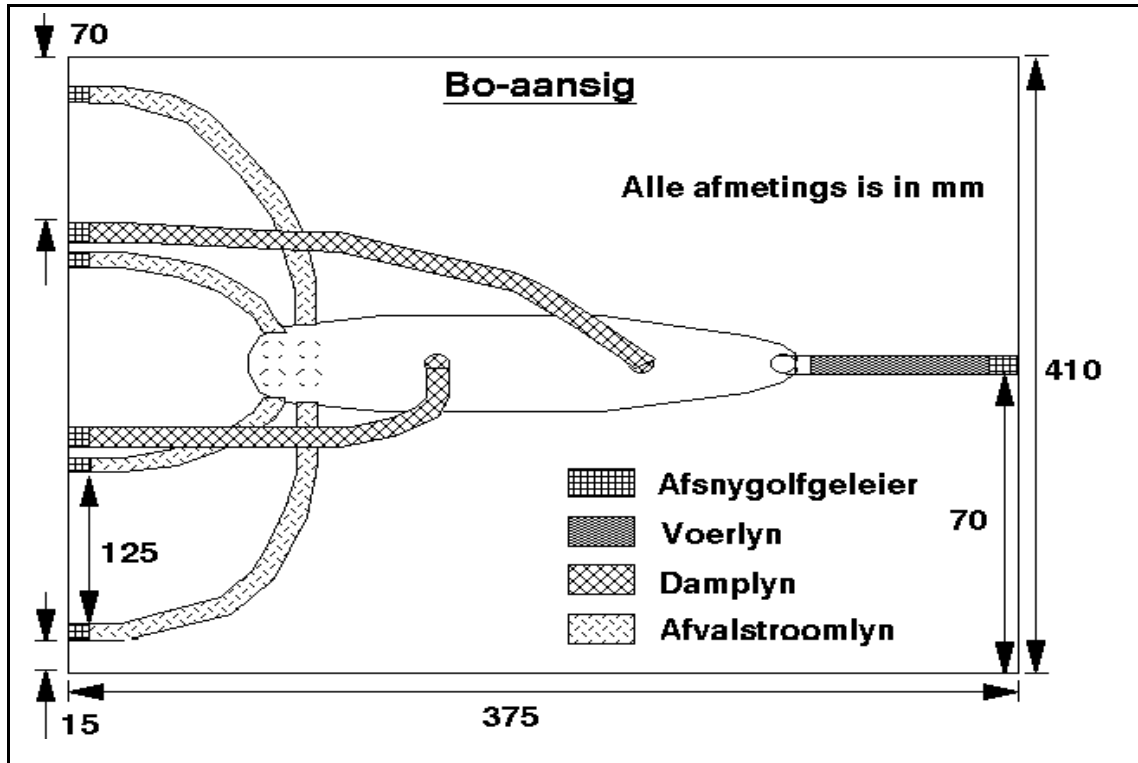


vermag word deur gebruikmaking van 'n klep en 'n tydreëlaar wat die vloeï voortdurend wissel tussen die afbloeilyn en die toevoerlyn tot die oond. ('n Kontinue toevoer tot die oond kan benader word deur die klep elke paar sekondes te open en dan na 'n paar sekondes weer te sluit.)

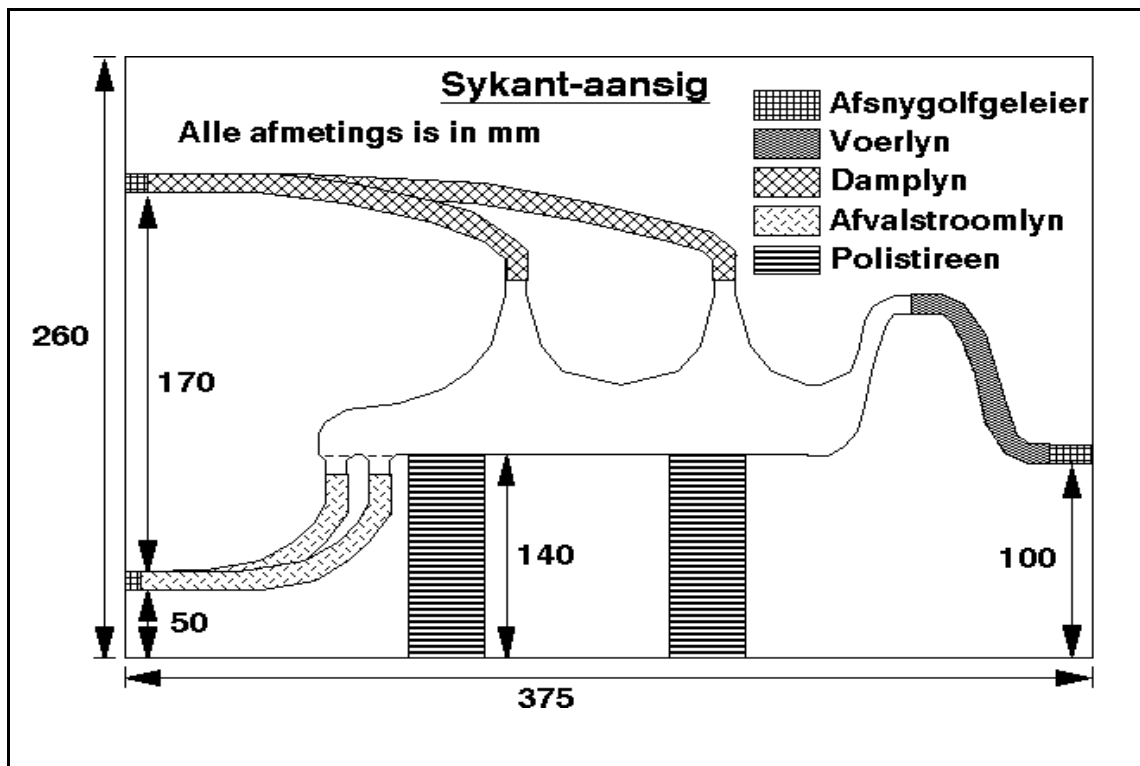
#### 5.2.4.2. Binne-in die mikroolfoond

'n Moontlike opstelling binne-in die oond word getoon in Figure 5.2.4.2.1. en 5.2.4.2.2. Daar kan gebruik gemaak word van polistireen voetstukke waarop die distillasieapparaat binne-in die oond geplaas word. Polistireen is mikrogolfdeurlaatbaar en smelt nie onder bedryfstoestande nie. 'n Mate van verhitting sal egter waargeneem word a.g.v. geleidingshitte-oordrag vanaf die distillasieapparaat na die polistireen.

Figuur 5.2.4.2.1. : Bo-aansig van opstelling binne-in mikrogolfoond



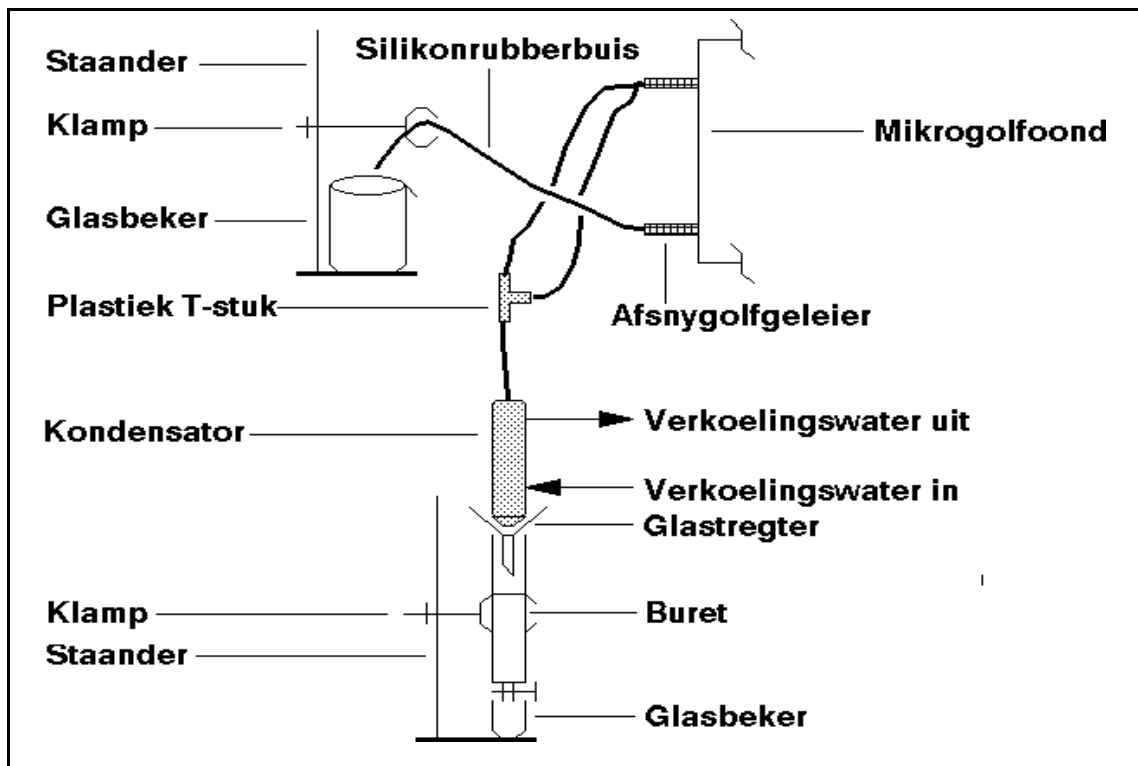
Figuur 5.2.4.2.2. : Sykant-aansig van opstelling binne-in mikrogolfoond



#### 5.2.4.3. Strome uit mikrogolfoond uit

'n Moontlike konfigurasie vir die afval- en produkstroomlyne uit die mikrogolfoond uit word getoon in Figuur 5.2.4.3.1.

**Figuur 5.2.4.3.1. : Vloeistrome uit die mikrogolfoond uit**



### 5.2.5. Plantmateriaalvoorbereiding

'n Kontinue sisteem sal fyn verdeelde plantmateriaal benodig soos genoem in paragraaf 5.2.3.2. Om die invloed hiervan te ondersoek is die volgende gedoen:

Om die gewenste verdelingsgraad te verkry is plantmateriaal gekerf met 'n Townson & Mercer Ltd. Top Drive Macerator teen 230 V en 0.4 A vir ca. 20-30 s. Hierna is die fraksie plantdeeltjies fyner as 1 mm elektries uitgesif met 'n Fritsch Laborgerätee bau wat bedryf is by 220 V, 2.3 A en 500 W teen 'n verstelbare amplitude van 2.5 wat aan gelaat is vir ca. 120 s.

Plantmateriaalbrokstukke groter as 1 mm is uit die elektriese sif verwyder en weer toegevoer tot die kerwer, tesame met lugdroë blomhofies en blare wat vir 'n eerste keer tot die kerwer bygevoeg is. Die hele proses is hierna herhaal.

Die invloed van hierdie toegepaste plantmateriaal voorbereidingsmetode op olie-opbrengs word

getoon in Tabel 5.2.5.1., waar waardes bepaal is deur waterdistillasie uit te voer soos beskryf in die vorige hoofstuk.

**Tabel 5.2.5.1. : Invloed van plantmateriaalvoorbereiding op olie-opbrengs (Waterdistillasie)<sup>1</sup>**

<b>Plantmateriaal beskrywing</b>	<b>Olie opbrengs (%)</b>
Lugdroog, 370 dae tevore gekerf en gesif, 1 mm	0.76
Lugdroog, 370 dae tevore gekerf en gesif <sup>2</sup> , > 1 mm en 2.36 mm	0.83
Lugdroog, pas gekerf en gesif, 1 mm	1.73
Lugdroog, pas gekerf en gesif, > 1 mm en 2.36 mm	0.91
Lugdroog, heel <sup>3</sup>	1.05
Vars, heel <sup>3,4</sup>	0.61

- Notas:
- (1) Waardes is bepaal deur gebruikmaking van ca. 200 g plantmateriaal per datapunt.
  - (2) Die twee groottes siwwe wat gebruik is het openinge van 1 mm en 2.36 mm gehad.
  - (3) Waardes verkry vanaf paragraaf 4.1.3.
  - (4) Te vars plantmateriaal is versap en kon nie bevredigend gesif word nie. Hoe droër die plantmateriaal was hoe makliker is dit hanteer.

Die opbrengste getoon verteenwoordig 'n balans tussen die volgende meganismes: Hoe kleiner plantdeeltjies verdeel is hoe meer oliekliere word blootgestel vir olieherwinning, totdat die maksimum aantal kliere blootgestel is. Hoe kleiner plant brokstukke gebreek word, hoe meer olie gaan egter verlore aan die atmosfeer tydens die breekproses.

Tabel 5.2.5.2. toon die hoopdigtheid van die plantmateriaal gebruik aan. Die belang daarvan is dat 287 g plantdeeltjies kleiner as 1 mm 'n liter beslaan. Indien 'n 28.7 % (g/g) oplossing in water berei word, is die oplossing 'n 100% ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ) volumetriese oplossing, wat aansienlike vloei-probleme vir 'n kontinue sisteem bied.

**Tabel 5.2.5.2. : Hoopdigthede van *L. scaberrima* lugdroë materiaal**

Plantmateriaal grootte	Hoopdigtheid (kg/l) <sup>1</sup>
plantdeeltjie 1 mm	0.287
1 < plantdeeltjie 2.36 mm	0.184
Heel, onverdeel <sup>2</sup>	0.057

- Notas:
- (1) Waardes is bereken deur 'n gekose hoeveelheid plantmateriaal se volume te neem, bv. 1147 g deeltjies onder 1 mm het 4000 ml in beslag geneem. Die hoopdigtheid is derhalwe  $1147/4000 = 0.287$  kg/l.
  - (2) Die plantmateriaal was verteenwoordigend van die natuurlike verdeling tussen blomhofies en blare.

In bg. geval is ewe veel water as plantmateriaal (per volume) aanwesig en die hoeveelheid water is nie eers in staat om die plantmateriaal effektief te benat nie. Die pomp van hoë persentasie volumetriese oplossings is na alle waarskynlikheid nie genoegsaam eksperimenteel of kommersieel haalbaar nie, a.g.v. o.a. die viskositeit daarvan en benattingsprobleme daarmee.

### 5.2.6. Skuimweermiddels

Fyn verdeelde *L. scaberrima* plantmateriaal in water oplossings kook heftig op tydens irradiasie. Hierdie verskynsel is te wyte daaraan dat elke plant brokstukkies dien as kokingskern.

Skuimweermiddels mag nodig wees en een suksesvolle tipe wat verkry is, was Dow Corning se RD antifoam emulsion. Dit bestaan uit 'n gemodifiseerde siloksaan polimeer, wat deur SA Silicones aangedui is as aktief in die gebied 15 – 150 d.p.m. vir die meerderheid industriële prosesse.

Die minimum konsentrasie skuimweermiddel (oppervlakspanningsmodifiseerder) wat effektief is behoort gebruik te word, omdat die byvoeging daarvan lei tot 'n vermindering in opkokingstempo. Gevolglik word minder damp met 'n laer opbrengs verwag met toenemende konsentrasies skuimweermiddel.

### **5.2.7. Berekening van maksimum oondlading**

Oonddrywing bepaal elektriese veldsterkte en magnetrondrywing is gevolglik die hoofbydrae tot verhittingstempo. Hoe hoër die oonddrywing hoe vinniger word 'n gegewe massa verhit (paragrafe 2.2.3.5. en 2.2.3.7.1.).

Indien die magnetron energielewering laag is sal die produkvloeiempo klein wees, en omgekeerd. Om die invloed hiervan vas te stel is die volgende bereken:

Volgens paragraaf 5.2.1. absorbeer 'n massa water wat in staat is om al die insetenergie in die spesifieke oond wat gebruik is te absorbeer, ca. 0.59 kJ/s.

Om die maksimum oondlading te bepaal, word die volgende aannames gemaak:

- (1) Die inlaattemperatuur tot die oond is die omgewingstemperatuur van water (sien ook Tabel 5.2.1.1.), nagenoeg 21°C (294 K).
- (2) Die kookpunt van water onder die bedryfstoestande is 95.5°C (368.5 K). (Die heersende atmosferiese druk in Pretoria wissel normaalweg rondom 87 kPa.)
- (3) Die uiteindelijke distillasieapparaat (beskryf in paragraaf 5.2.3.) absorbeer 95% van die mikrogolfinsetenergie tot die oondruimte.
- (4) Water se termiese warmtekapasiteit oor die temperatuurgebied betrokke (294–368.5 K) is



gemiddeld 4.18 kJ/kg K.

- (5) Water se latente verdampingswarmte is 2268 kJ/kg onder bedryfstoestande (by 87 kPa).
- (6) Die samestelling van die mengsel in die oond is grotendeels water en word benader deur suiwer water.
- (7) Die magnetron is onmiddellik by sy gestadigde temperatuur en funksioneer dus heeltyd teen 100%.

Dan volg, op die basis van een sekonde:

$$\begin{aligned}(0.95) 0.59 &= y (368.5 - 294) 4.18 + y (2268) \\ 0.5605 &= 311.4 y + 2268 y \\ y &= 0.000217 \text{ kg oftewel } 0.217 \text{ g}\end{aligned}$$

Die spesifieke mikrogolfoond gebruik vir die enkelladingseksperimente is dus in staat om ca. 0.2 g water per sekonde om te skakel tot stoom, oftewel  $0.2 (60) = 12 \text{ g} = 12 \text{ ml}$  water/minuut. Kondensaat (en die produkstroom) kan dus maksimaal gelewer word teen ca. 12 ml per minuut. Die voertempo tot die oond kan egter meer wees as 12 ml/min omrede die hele voerstroom nie vervlugtig hoef te word nie. Hierdie waarde verskaf 'n vertrekpunt vanwaar voertempo (vir 'n kontinue sisteem) tot die oond gereguleer kan word.

### **5.3.Aanbevelings en opmerkings rondom kontinue mikrogolfdestillasiesisteme**

Die resultate van hierdie deel van die studie kan benut word om 'n industriële skaal kontinue mikrogolfdestillasieapparaat te ontwikkel. Beginsels en prosedures vervat hierin kan toegepas word op sodanige ontwerp om prototipe vervaardiging te vereenvoudig en te vergemaklik.

#### **5.3.1.Veiligheid**

Die veiligheid van mikrogolfsisteme moet altyd op die voorgrond wees. Gereelde inspeksies is nodig ten einde personeel wat daarmee in omgang verkeer se veiligheid te verseker. Daar moet gereeld vir stralingslekkasies gekontroleer word; veral by seëls en modifikasiepunte.

Koppelstukke/aanhegtings kan as veiligheidsmeganismes optree om drukverlaging te bewerkstellig indien dit nodig sou word. Alle koppelings moet maklik los- en vasmaak om verstoppings gereedelik te herstel sowel as die sisteem maklik op te stel.

Die aantal beweeglike dele van die sisteem moet beperk word. Sodoende word die risiko vir gevare en bedryfsprobleme verminder en kan die stelsel robuust gehou word.

### **5.3.2.Opskaling van apparaat**

Sover moontlik moet alle uitbreidings gedoen word met standardisering in gedagte. Standardisering lei tot besparings betreffende instandhoudings- en herstelkoste. Alle hegstukke en verbindingslyne moet oor 'n uniforme binnediameter beskik. Hoe meer uniform die deursnit van die verbindingslyne en koppelstukke is, hoe minder waarskynlik sal verstoppings by sulke oorgange voorkom.

Indien die apparaat opgeskaal wil word, kan die elektriese veldsterkte verhoog word deur oonddrywing te verhoog. (Oonddrywing bepaal elektriese veldsterkte en magnetrondrywing is die hoofbydrae tot verhittingstempo. Hoe hoër die drywing hoe vinniger word 'n gegewe massa verhit.) Essensiële olieherwinning vanuit roosmaryn (*Rosmarinus officinalis*) en peperment (*Mentha piperita*) het egter getoon dat 'n limiet bestaan t.o.v. die ladingsmassa waar effektiewe verhitting gehandhaaf kan word vir enige oonddrywing. Dit verteenwoordig die versadigingspunt vir die hoeveelheid mikrogolfenergie wat deur 'n gegewe massa plantmateriaal geabsorbeer kan word (paragraaf 2.2.3.7.1.).

Deurskynende verbindingsbuis is nuttig sodat verstoppings gou opgespoor en geëlimineer kan word. Silikonrubberbuis het 'n bevredigende mikrogolflewenduur.

### **5.3.3.Belangrike ontwerp oorwegings**

#### **5.3.3.1.Mikrogolfveranderlikes**

Die ruimtelike verspreiding van die elektriese veld in die oond is nie-uniform (paragraaf 2.2.3.5.). Die posisie van die toerusting in die oond behoort só gekies te word as om te verseker dat die maksimum aantal antinodale gebiede deurkruis word sodat maksimum verhitting kan plaasvind. Die ruimtelike posisies van antinodale gebiede in 'n gekose oond kan vooraf uitgeklaar word en die apparaat dienoreenkomstig ontwerp/geposisioneer word.

'n Geskikte oonddrywing moet vooraf uitgeklaar word. Verskeie magnetrons kan bv. in serie gerangskik word om die oonddrywing te verhoog as die bedryfsfrekwensie gepas is.

Industriële mikrogolfoonde se bedryfsfrekwensies verskil en sodanige sisteme is o.a. nie mobiel nie. Hierdie aspekte mag positief of negatief op die produksieproses inwerk. Bv., vir 'n industriële oond met 'n bedryfsfrekwensie van 915 MHz (paragraaf 2.2.4.3.2.) en met water as oplosmiddel, is die maksimum toelaatbare binnediameter van 'n afsnygolfgeleier ca. 21.4 mm (volgens berekeninge soortgelyk aan dié van paragraaf 5.2.2.). Dié waarde is heelwat gunstiger as die ca. 8.02 mm maksimum afsnygolfgeleierdeursnit wat op die enkelladingsoond van toepassing is.

Die klein maksimum toelaatbare afsnygolfgeleierdiameter vir polêre oplosmiddels in huishoudelike mikrogolfoonde (met bedryfsfrekwensie 2450 MHz) is waarskynlik die mees beperkende faktor vir toepassing van sodanige oonde as kontinue essensiële olie herwinningsisteme.

### **5.3.3.2. Oplosmiddel**

Die aard van die oplosmiddelpolariteit kan 'n aansienlike invloed uitoefen op olie-opbrengs. Hoogs polêre oplosmiddels kan selfs die sisteem nutteloos maak a.g.v. ontoepaslike klein afsnygolfgeleierdiameters. Indien geskikte oplosmiddels met klein  $\epsilon_r$  waardes gevind word kan die afsnygolfgeleierdiameter vergroot word. Sodoende sal plantmateriaal met 'n groter verdelingsgraad geïrradieer kan word.

Oplosmiddelselektiwiteit vir o.a. pigmente speel 'n rol tydens distillasie en dié rol kan gewens of ongewens wees. Oplosmiddeleienskappe waarna gelet moet word sluit veral suiwerheidsgraad, termiese stabiliteit en pH in.

Oplosmiddelmengsels mag lei tot sinergisme en 'n verhoogde opbrengs lewer, soos gemeld in paragraaf 2.2.3.10. Dit kan komplementêre aksies openbaar deurdat elke oplosmiddel verskillende samestellende oliekomponente relatief selektief verwyder om sodoende 'n gevraagde produksamestelling te verkry. Soortgelyk kan oplosmiddelmengsels (of bygevoegde chemikalieë) antagoniserende uitwerkings hê om die konsentrasie van 'n spesifieke oliekomponent in die uiteindelijke produk te verminder.

Byvoeging van sout (NaCl) is genoem in paragraaf 2.2.3.6. en die belang daarvan is veral t.o.v. indringingsdiepte. (Elektromagnetiese eienskapsveranderinge gaan gepaard met byvoeging van chemikalieë in die sisteem.)

Soveel moontlik oplosmiddel behoort gehersirkuleer en herbenut te word vir omgewingsvriendelikheid en besparing.

### **5.3.3.3.Plantmateriaal**

Die aard van die plantmateriaal wat benut wil word is van belang. Hoe meer vars plantmateriaal is hoe hoër is die voginhoud daarvan en hoe hoër sal bv. die mikrogolfenergieabsorpsie wees. Indien verskeie botaniese materiale benut gaan word moet die apparaat algemeen toepaslik ontwerp word.

Plantmateriaalverwydering vanuit afvalstrome kan vergemaklik word deur gebruikmaking van 'n gebuigde sifskerm om die plantmateriaal en afvalwater te skei sodat lg. hersirkuleer kan word. Afval plantmateriaal kan tot kunsmis verwerk word en gelaat word in die landelike omgewing waar olies met (mobiele) apparaat afgedistilleer is.

### **5.3.3.4.Distillasieapparaat**

Materiaalkundige eienskappe word beïnvloed deur 'n materiaal se elektriese toestand bv. vloeistowwe vertoon hoër kookpunte onder gepolariseerde toestande as onder ongepolariseerde toestande en onder toestande van identiese temperatuur-, druk- en konsentrasiegradiënte kan polariserende elektriese velde lei tot hoër of laer massa-oordragstempo's as in konvensionele sisteme, soos vermeld in paragraaf 2.2.3.3.

Die apparaat behoort nie aan die oondvloer te raak nie maar in die lug te hang sodat straling dit ook van die onderkant af kan bereik. Soortgelyk vir al die ander kante van die apparaat t.o.v. die oondwande.

Meer openinge kan nader aan die einde van die distillasieapparaat vir damplyne gemaak word omrede die grootste hoeveelheid damp daar afkom. Dit sal die produk afdistilleringstempo verhoog. 'n Toepaslike grootte kondensator moet eksperimenteel gevind word.

By konvensionele distillasie is die grootte en geometrie van die distillasiefles kritiek ten einde behoorlike vloeipatrone en effektiewe stoomverspreiding te verseker. Die invloed by mikrogolfsisteme is minder a.g.v. die unieke verhittingsmetode van mikrogolfstraling, soos vermeld in paragraaf 2.2.3.5.

Verskillende distillasieapparaat geometrieë kan ondersoek word. 'n Deeglike studie van elektromagnetisme kan onderneem word waarna verfyning aan 'n ontwerpte apparaat aangebring en geëvalueer kan word.

Genoegsame turbulensie moet in die distillasiefles aanwesig wees om gestratifiseerde temperatuurprofile en lokale oorverhitting te verhoed (paragraaf 2.2.3.7.2.).

#### **5.3.4.Aspekte van belang rakende bedryfsprosedures van kontinue sisteme**

Die volgende moet in gedagte gehou word tydens bedryf van 'n kontinue mikrogolfdistillasiesisteam:

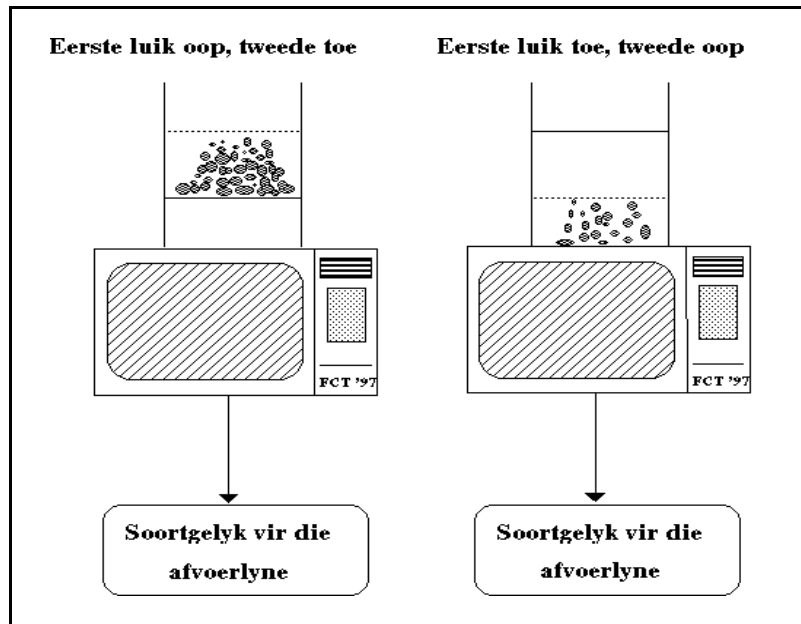
- Tydens bedryf is daar voortdurende drukverandering in die distillasieapparaat, veral vanaf die aanvang van 'n eksperimentele lopie tot by gestadigde staat.
- Die mengsamestelling verander heeltyd gedurende verhitting en dus verander mengseleienskappe heeltyd gedurende 'n distillasielopie. Veranderlikes soos voginhoud, digtheid en partikelgeometrie beïnvloed mengsamestelling en dus die diëlektriese eienskappe daarvan. Bedryfsprosedure plooibaarheid is noodsaaklik vanaf begin van distillasie totdat gestadigde staat bereik is.
- By verhitting van multikomponentsisteme word drastiese onreëlmatige verhittingspatrone waargeneem (paragraaf 2.2.3.8.).
- Die magnetron neem ca. 30 s om termies te stabiliseer (paragraaf 2.2.3.1.) en gestadigde staat kan gevolglik nie voor 30 s bereik word nie.
- Al word die sisteem kontinuu bedryf, word afkoelingstyd van bv. glasapparaat steeds benodig. As duimreël is afkoelingstyd ongeveer van dieselfde lengte as bedryfstyd vir glasapparate, soos waargeneem met die enkelladingseksperimente.
- Die beheerbaarheid van die produksieproses moet goed uitgeklaar wees alvorens met kommersiële produktempo's begin word. Goed beheerbare prosesse lewer uniforme produkte vanuit opeenvolgende ladings botaniese materiaal.
- Daar moet voortdurend kontroleer word vir:
  - (1) Mikrogolfstralingslekkasies en/of swak seëls.
  - (2) Verstoppings van enige toevoer- of afvoerstroombaan, veral by bv. passtukke.
  - (3) Die vlak van die mengsel in die distillasieapparaat.
  - (4) Kontinue produkverwydering en beskerming van die produkstroombaan teen bv. deurkoking van die mengsel in die distillasieapparaat met gevolglike besmetting van die produk.
- Plantmateriaal kan in die oplosmiddel gekerf word om olieverslies te verminder. Dit bly steeds die metode van keuse vir 'n kommersiële produksieproses. 'n Ander, meer energie intensiewe metode, is om vars plantmateriaal eers met die oplosmiddel te meng en die resulterende mengsel dan te kerf.
- Al die bedryfsveranderlikes betrokke beïnvloed die uiteindelijke produksamestelling.

### 5.3.5. Alternatiewe toerustingkonfigurasies

Alle afval- en voerlyne sowel as die distillasieapparaat kan teen 'n hoek met die horisontale as geplaas word sodat swaartekrag materiaalvloeï aanhelp. Waar moontlik kan gravitasiekrag benut word om besparings soos 'n kleiner pomp aan die hand te werk. Voer tot die oond kan bv. vertikaal geskied met inlaatlyne bokant die oond en uitlaatlyne onder i.p.v. konvensionele horisontale materiaalvloeï.

'n Dubbelluik deurgang metode kan 'n moontlike oplossing bied vir beperkende afsnygolfgeleierdiameters by industriële prosesse. Die metode, geïllustreer in Figuur 5.3.5.1., behels die volgende: Een van twee metaalluik is om die beurt toe en dien as afskerming vir mikrogolfstraling terwyl plantmateriaal deurentyd toegevoer word. So 'n luiksisteem kan verfyn word om te dien as klepsisteem wat die materiaaltoevoertempo dan beheer.

**Figuur 5.3.5.1. : 'n Dubbelluik deurgang metode**



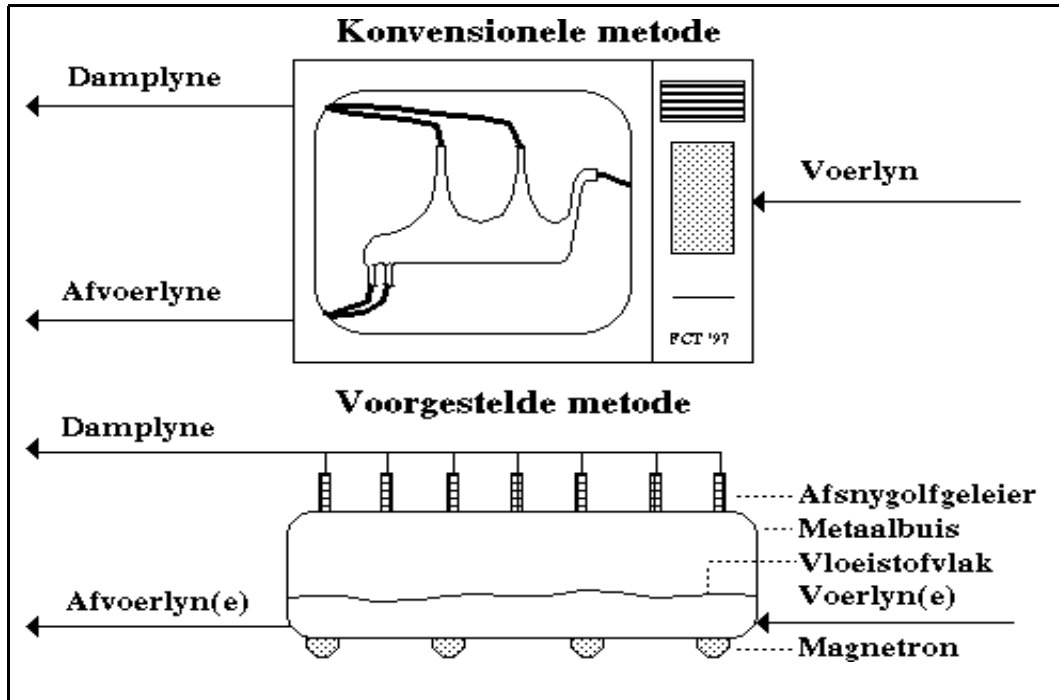
'n Waslyn kan voor die apparaat in die oond opgestel word. Dit word oopgemaak om verstoppings skoon te speel en die konsentrasie plantmateriaal in die voerstroom te verminder om vertraging a.g.v. verstoppings te beperk. Waslyne kan ook op ander posisies aangebring

word.

Alternatiewelik kan verskeie mikrogolfoond magnetrons geranskik word in 'n spesifieke konfigurasie om 'n eie unieke oondruimte daar te stel. 'n Proseskonfigurasie wat voorgestel word vir industriële prosesse, behels wegdoening van die distillasieapparaat en toevoeging van mikrogolfstraling direk tot 'n metaalbuis waardeur plantmateriaal en oplosmiddel vloei. Hierdie proses funksioneer soos 'n propvloeireaktor en word getoon in Figuur 5.3.5.2.



**Figuur 5.3.5.2. : Voorgestelde industriële proseskonfigurasië**



Herwinning van olie moet in een enkele of die minimum aantal meervoudige produksiestappe geskied. (Produksietyd en dus verliese word aansienlik verleng en verhoog indien meer as een produksiestap gebruik word.) Die totale produksietyd word sodoende so kort as moontlik gehou.

## **6. Teevervaardiging vanuit *L. scaberrima***

### **6.1. Inleiding**

Die vervaardiging van die tee was daarop gemik om 'n aanvaarbare produk te verkry. Die doel was nie om die mees bemerkbare tee te vervaardig nie, aangesien behoorlike marknavorsing en terugvoering oor bv. die organoleptiese kwaliteit nodig is vir sodanige studie. *L. scaberrima* tee word al eeue lank tradisioneel benut, en daar wou o.a. bepaal word of die tradisionele bereidingsmetode die enigste aanvaarbare produksiemetode is.

Die teevervaardiging van *L. scaberrima* uitgevoer in hierdie studie word gesien as eerste iterasie vir die verkryging van 'n kommersieel haalbare tee.

### **6.2. Plantmateriaaloorprong**

*L. scaberrima* plantmateriaal is ingesamel op 10 Februarie 1996 ongeveer 7 km vanaf Wolmaranstad op die Wolmaranstad-Klerksdorp pad. Die insameling is vroegoggend op 'n warm somersdag gedoen en die plantmateriaal verpak in lugdigte plastieksakke wat elkeen ca. 1 kg plant bevat het. Hierdie sakke is gestoor in 'n vrieskas by 258 K (-15°C) totdat dit benodig was.

'n Herbarium eksemplaar is geliaseer in die H.G.W.J. Schweickerdt Herbarium van die Departement Plantkunde, Universiteit van Pretoria as *F. C. Terblanché 2*.

### **6.3. Teevervaardiging**

#### **6.3.1. Inleiding**

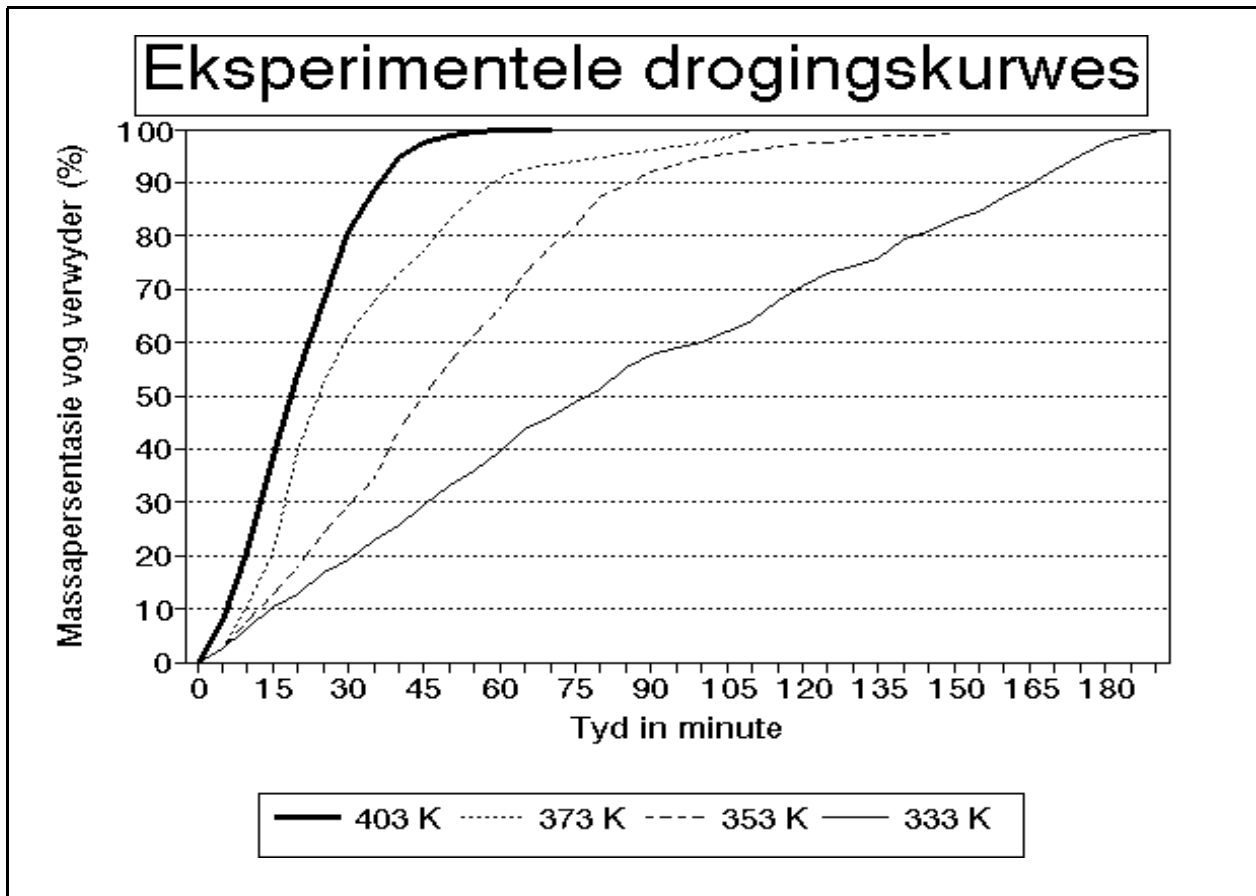
Omrede elke plant waarvan 'n tee gemaak wil word uniek is, moet die vervaardigingsproses vir 'n nuwe tee eksperimenteel bepaal word. Dit behels o.a. bepaling van toepaslike waardes vir die veranderlikes wat betrokke is nl. drogingstyd, fermentasietyd, ens.

Die gewaarwording dat 'n tee aangenaam is, is 'n uiters subjektiewe bepaling, en soveel te meer vir 'n onbekende produk. Hier word daarom nie na 'n optimum vervaardigingsmetode verwys nie, aangesien sodanige optimum metode jare van intensiewe navorsing en voortdurende verbetering sal verg. Daar word slegs bedoel dat verskillende vervaardigingsmetodes ondersoek is en dat geskikte gebiede vir die betrokke veranderlikes geïdentifiseer is, sover moontlik.

### **6.3.2.Drogingskurwes**

Drogingskarakteristieke van *L. scaberrima* plantmateriaal word benodig om drogingstye te kan bepaal gedurende tee-vervaardiging. Drogingskurwes is as volg eksperimenteel bepaal: Ca. 20 g vars plantmateriaal is bo-op 'n horlosieglass geplaas en in 'n temperatuurbeheerde oond gedroog by 'n spesifieke temperatuur (bv. 130°C). Deur die aanvangsmassa te noteer sowel as die residuele massas elke 5 minute totdat volledige vogverwydering vanuit die plantmateriaal plaas-

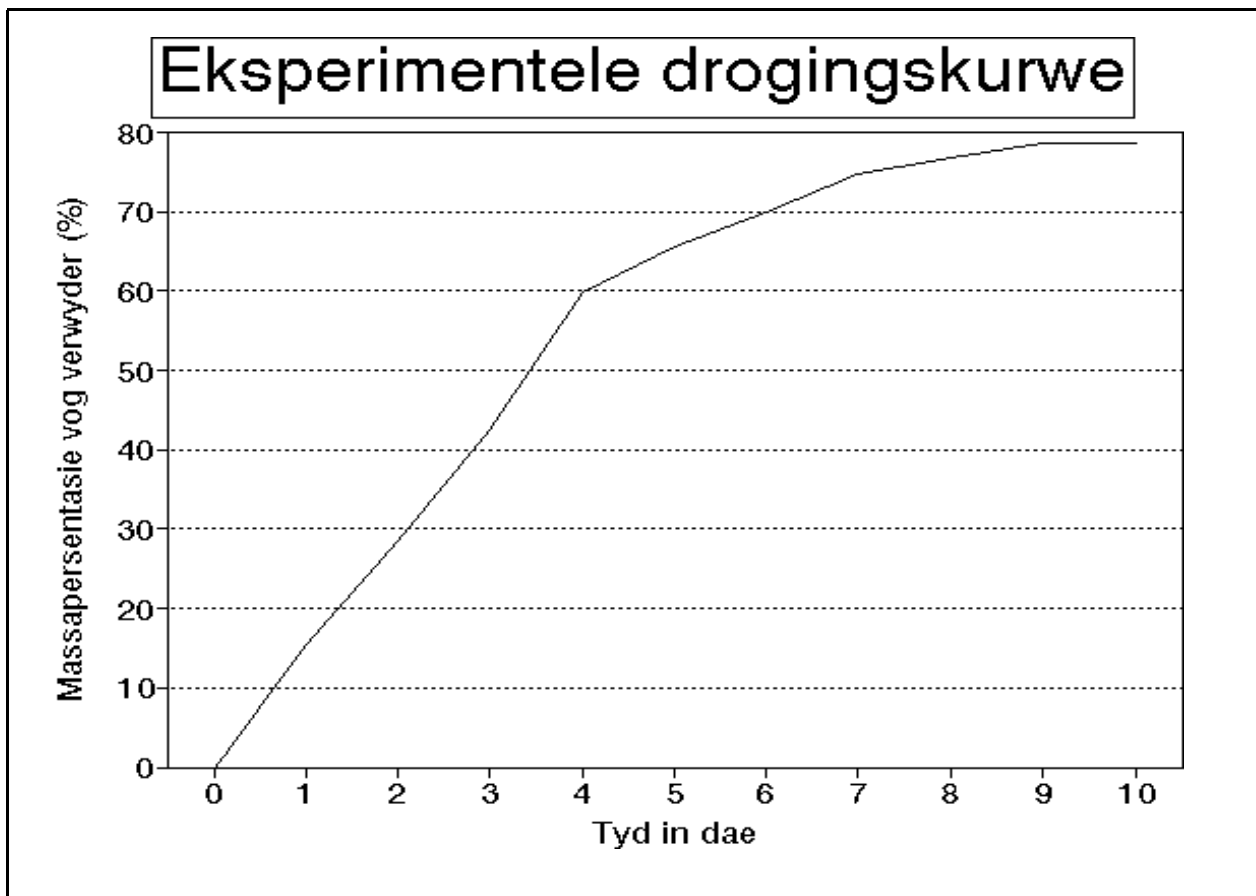
**Grafiek 6.3.2.1. : Drogingskurwes van *L. scaberrima* plantmateriaal by verskillende temperature**



gevind het, kon die massapersentasie vog verwyder vanuit die plantmateriaal m.b.t. tyd gestip word. Die resultate van hierdie eksperimente by 60°C (333 K), 80°C (353 K), 100°C (373 K) en 130°C (403 K) word getoon in Grafiek 6.3.2.1.

Deur die waardes getoon in Tabel 4.1.2.1. te verwerk, is die resultate getoon in Grafiek 6.3.2.2. verkry. Die temperatuur waarby droging in hierdie geval plaasgevind het is die heersende omgewingstemperatuur van ca. 298 K. Die aanvangsvoginhoud van vars *L. scaberrima* plantmateriaal word verskaf in Tabel 4.1.2.1. as 78 %.

**Grafiek 6.3.2.2. : Drogingskurwe van *L. scaberrima* plantmateriaal by omgewingstemperatuur**



Die volgende wiskundige modelle is gepas vir bg. drogingskurwes en kan benut word om skattings te maak vir benodigde drogingstye:

Omgewingstemperatuur (298 K):      Geldig vir 0 dae < tyd    10 dae

Regressiekoëffisiënt: 0.99

$$\text{Vogverlies (\%)} = 30.42 \ln(\text{tyd}) + 13.09$$

60°C (333 K):                      Geldig vir 0 minute < tyd < 180 minute

Regressiekoëffisiënt: 0.99

$$\text{Vogverlies (\%)} = 0.523(\text{tyd}) + 5.52$$

80°C (353 K):                      Geldig vir 0 minute < tyd < 106 minute

Regressiekoëffisiënt: 0.98

$$\text{Vogverlies (\%)} = 0.790(\text{tyd})^{1.037}$$

100°C (373 K): Geldig vir 6 minute < tyd < 91 minute

Regressiekoëffisiënt: 0.98

Vogverlies (%) = 36.63 ln (tyd) - 65.43

130°C (403 K): Geldig vir 6 minute < tyd < 51 minute

Regressiekoëffisiënt: 0.98

Vogverlies (%) = 44.00 ln (tyd) - 72.78

### 6.3.3. Teevervaardiging prosesstappe

Vanaf paragraaf 2.3. en die onderafdelings daarvan is dit duidelik dat teevervaardiging die volgende opeenvolgende prosesstappe behels:

1. Verkryging van geskikte plantmateriaal deur dit bv. te oes.
2. Vervoer van plantmateriaal na vervaardigingperseel.
3. Verlepping om (gedeeltelike) vogverlies van die plantmateriaal te bewerkstellig. Water kan hier bygevoeg word (soos in die geval van Rooibostee.)
4. Vernietiging van die sellulêre integriteit van die nuttige plantdele vir teeproduksie word teweeggebring deur opkapping, snyding, deur die plantmateriaal te rol of enige ander fisiese metode wat groottevermindering veroorsaak. Bevriësing van *L. scaberrima* plantmateriaal (die wyse waarop dit gestoor is) het hierdie prosesseringstap bevorder. Hierdie stap vergroot die oksidasie oppervlakte en verhoog sodoende ensiematiese werking. Die metode hier gevolg bepaal die fisiese voorkoms van die uiteindelijke plantmateriaal wat weer teekwaliteit beïnvloed.
5. Blootstelling van die plantmateriaal aan atmosferiese suurstof lei tot oksidasie. Die chemiese reaksies wat op hierdie stadium plaasvind oefen 'n belangrike invloed op teekwaliteit uit.
6. Beëindiging van vogverlies vanuit die plantmateriaal.
7. Inaktivering van ensiematiese aktiwiteit wat die einde van die fermentasietydperk aandui. Hierdie stap kan met nr. 6 gekombineer word deur bv. die plantmateriaal in 'n warm pan te plaas of dit met stoom te behandel.
8. Sifting (sortering) van die plantmateriaal om fyn stofdeeltjies en growwe plantpartikels sowel as ander ongewenste stowwe soos organiese reste te verwyder.

9. Vermenging met ander bestanddele (bv. swart tee of kruie) wat in die finale produk sal voorkom. Vermenging kan egter ook op enige ander stadium gedurende vervaardiging geskied.
10. Gradering van die produk. Hier kan bv. van sensoriese evaluering gebruik gemaak word.
11. Verpakking in gekose hoeveelhede.
12. Bemarking van die finale produk.

Bg. stappe kan ook gekombineer word soos in die geval van bv. groen tee vervaardiging.

### **6.3.4.Eksperimentele tee's**

#### **6.3.4.1.Inleiding**

Die volgende inligting geld vir al die eksperimentele tee's tensy dit spesifiek anders vermeld word:

- Ontvriesde plantmateriaal is in al die eksperimente gebruik.
- Die uiteindelijke voginhoud van al die bereide tee's was gemik daarop om so na as moontlik aan 10 % te wees (uitgedruk as 'n massapersentasie), in ooreenstemming met kommersiële tee's. Die ooreenstemmende drogingstydperke is bepaal deur die tydsduur af te lees vanaf die toepaslike eksperimenteel bepaalde drogingskurwe, soos bespreek in paragraaf 6.3.2.
- Plantmateriaal sellulêre integriteit verswakking is per hand bewerkstellig deur gebruik te maak van 'n hamer.
- Nagenoeg 20 g plantmateriaal is per keer gebruik vir elke eksperimentele tee.

#### **6.3.4.2.Groen tee metode**

Plantmateriaal is verlep vir 'n tydperk van 60 minute by kamertemperatuur waarna die sellulêre integriteit per hand versteur is. Fermentasie en droging het onmiddellik gevolg deur die materiaal te verhit in 'n oond by een van die temperature en tydperke soos aangetoon in Tabel 6.3.4.2.1. om

ensiematiese aktiwiteit (so gou as moontlik) te beëindig. Hierdie metode is herhaal vir elke temperatuurwaarde in Tabel 6.3.4.2.1.

Bg. eksperimente is tweekeer uitgevoer en in beide gevalle is ooreenstemmende resultate verkry.

**Tabel 6.3.4.2.1. : *L. scaberrima* groen tee vervaardiging eksperimente**

Temperatuur	Drogingstyd (Minute)	Vogverlies (%)
130°C (403 K)	35	90 (84)
100°C (373 K)	60	90 (85)
80°C (353 K)	85	90 (79)
60°C (333 K)	165	90 (92)

Nota: Vogverlieswaardes in hakies is beraam volgens die vergelykings in paragraaf 6.3.2. terwyl die waardes sonder hakies afgelees is vanaf die eksperimentele drogingskurwes.

### 6.3.4.3. Aangepaste Rooibostee metode

Die standaard Rooibostee vervaardigingsmetode soos genoem in paragraaf 2.3.5.2. is aangepas deur verskillende produksieveranderlikes betrokke (bv. verleppings-, fermentasie-, en drogingstye) te wissel. Vyf verskillende eksperimente is uitgevoer by verskillende waardes van die veranderlikes betrokke, nl.:

1. Verlepping vir 60 minute en fermentasie in die son (30–40°C) vir 24 tot 48 uur.
2. Verlepping vir 60 minute en fermentasie in die son (30–40°C) terwyl plantmateriaal uurliks tydens sonskyn benat is (met 1 ml water/g plantmateriaal) vir 48 tot 72 uur.
3. Verlepping vir 60 minute en fermentasie binneshuis op 'n tafel by kamertemperatuur vir 4 tot 5 dae.



4. Verlepping vir 24 uur en fermentasie binneshuis in 'n oond by 30–40°C vir ca. 24 uur.
  5. Slegs blomhofies is vir hierdie eksperiment gebruik.
- Verlepping vir 72 uur en fermentasie binneshuis in 'n oond by 30–40°C vir ca. 24 uur.

Verlepping het vir al die eksperimente plaasgevind by kamertemperatuur, wat direk gevolg is deur sellulêre integriteitsversteuring per hand. Hierna is water toegevoeg tot die plantmateriaal om 'n geskatte voginhoud van 60 tot 65 % te lower. Fermentasie (oksidasie) is toegelaat by die aangeduide temperatuur en toestande totdat die uiteindelijke plantmateriaal voginhoudswaarde ca. 10 % was. Plantmateriaal wat in die son gefermenteer en gedroog is, is snags binneshuis gestoor.

#### **6.3.4.4.Swart tee metode**

'n CTC masjien is die standaardapparaat wat in die teebedryf gebruik word om plantmateriaal voor te berei vir teevervaardiging. Hierdie apparaat bestaan uit roterende staalrollers wat oor snykante beskik wat die plantmateriaal sny, skeur en fyndruk soos wat dit deurbeweeg. Sodoende word die oksidasie-oppervlak maksimaal vergroot. 'n Gekalibreerde CTC masjien is gebruik vir die voorbereiding van *L. scaberrima* plantmateriaal vir die swart tee metode teevervaardiging.

Plantmateriaal is toegelaat om te verlep vir die gekose tydsduur, waarna dit deur die CTC masjien gestuur is. Ongeveer 60 g van die materiaal verkry uit die CTC masjien is per eksperiment geneem en benat tot 'n geskatte voginhoud van 60 tot 65 %. Hierna is die materiaal gefermenteer in 'n oond waarin die humiditeit so na as moontlik aan 100 % gehou is om uitdroging van die plantmateriaal te voorkom. Plantmateriaal is elke uur deurgeroer om uniforme verlepping te bewerkstellig.

Die finale stap was droging, uitgevoer in 'n gerekenariseerde gefluidiseerde bed droër wat spesiaal vervaardig is vir die swart tee bedryf. Die droër was geprogrammeer volgens 'n drogingsprotokol (by 1 tot 1.5 m/s lugvloeiensnelheid) wat die volgende behels het: 100 s by 60°C, gevolg deur 200 s by 55°C, 200 s by 50°C en laastens 400 s by 40°C.

Die eksperimente getoon in Tabel 6.3.4.4.1. is uitgevoer deur van hierdie eksperimentele prosedure gebruik te maak.

**Tabel 6.3.4.4.1. : *L. scaberrima* swart tee vervaardiging eksperimente**

<b>Eksperiment nr.</b>	<b>Verleppingstyd (ure)</b>	<b>Fermentasietyd (ure)</b>
1	24	6
2	24	24
3	24	48
4	48	6
5	48	24
6	48	48
7	72	6
8	72	24
9	72	48

#### **6.3.4.5.β-Karoteen byvoeging**

β-Karoteen byvoeging is gedoen ten einde kleurmanipulering van *L. scaberrima* tee te ondersoek. Daar wou bepaal word of 'n donkerder kleur tee so verkry sou kon word. β-Karoteen (12 tot 15 mg) is opgelos in 200 ml water by ca. 70°C en hierdie oplossing is as 'n sproei toegedien tydens die verleppingsfase.

Altwee eksperimente is uitgevoer by kamertemperatuur en verleppingstye van 24 uur. Die twee fermentasietye was onderskeidelik 6 en 12 uur. As kontroles is twee identiese tee's berei sonder die byvoeging van β-karoteen, en die kleur van die produkte met β-karoteen bygevoeg is

vergelyk met die kontroles na afloop van die eksperimente.

## **6.4.Sensoriese beoordeling en statistiese analise**

### **6.4.1.Inleiding**

Daar is gekonsentreer op opvallende kleur-, aroma- en smaakverskille aangesien hierdie deel van die studie gesien kan word as eerste iterasie in die daarstelling van 'n kommersiële *L. scaberrima* tee. Gedetailleerde organoleptiese evaluering en statistiese ontleding is daarom nie uitgevoer vir al die vervaardigde tee's nie, omdat die hoofdoel was dat spesifieke metodes wat geskikte tee's mag lewer eers geïdentifiseer behoort te word.

Sensoriese beoordeling van die tee met statistiese ontleding daarvan is wel in beperkte mate uitgevoer m.b.t. die eienskappe aroma, kleur en smaak vir tee's berei volgens die swart tee metode.

### **6.4.2.Groen tee metode**

Die tee vervaardig by 403 K drogingstemperatuur het verbrand. Selfs die tee verkry by 373 K was effens gebrand en 373 K verteenwoordig die hoogste temperatuur waarby *L. scaberrima* gedroog behoort te word vir teevervaardigingsdoeleindes. Die groen tee's verkry by 353 en 333 K was geelgroen van kleur. Die tee se kleur was 'n mengsel tussen groen (ooglopend by laer drogingstemperature) en geel (toenemend by hoër drogingstemperature).

Veral die 353 K tee weergawe is in die geheel as aangenaam ervaar t.o.v. smaak, aroma en kleur en word beskou as die mees suksesvolle tee van hierdie eksperimente.

Die smaak het so baie aan die vars plantmateriaal herinner dat die ervaring deels vergelyk kan word met die kou van vars plantmateriaal. Die matige wilde veldsmaak daarvan sal bemerkingsmoontlikhede beperk tot diegene wat bv. van gekruide kos hou. Die toepassingsmoontlikhede van hierdie tee's sal bemoeilik word deur die smaak daarvan, en die

mees suksesvolle kandidaat vir verdere navorsing is die groen tee berei by 353 K. Hierdie tee se kommersiële potensiaal behoort ondersoek te word.

Groen *L. scaberrima* tee vervaardig by 333 K behoort bemerkbaar te wees in die Ooste a.g.v. die feit dat groen tee oorheersend daar genuttig word sowel as die unieke smaak van die bereide tee. Hierdie tee weergawe was die naaste aan die tradisionele teebereidingsmetode, wat bloot behels dat plantmateriaal in die veld geoes word en onmiddellik in warm water geplaas en genuttig word.

### **6.4.3.Aangepaste Rooibostee metode**

Al vyf hierdie tee's was liggeel tot geel van kleur, en al donkerder hoe langer die fermentasieperiode was. Die eksperimentele tee's nr.'s 1 en 2 van paragraaf 6.3.4.3. het aan die vars plantmateriaal herinner, maar in 'n mindere mate as die groen *L. scaberrima* tee. Die unieke geur en smaak van die takson het besonder sterk verskyn in die produkte en daar was geen ooglopend waarneembare kleur en/of geurverskille tussen hierdie twee tee's nie. Beide het steeds oor 'n wilde veldsmaak en -aroma beskik. Dit kan daarom gestel word dat voortdurende voginhoudsaanpassings om die fermentasietydperk te verleng nie noodwendig voordelig is t.o.v. smaak- en/of geureienskappe nie.

Eksperiment nr. 3 het 'n uiters aangename tee gelever, t.o.v. beide aroma en smaak. Beide hierdie tee-eienskappe het effens aan die oorspronklike plantmateriaal herinner maar die tee het ook bykomende geur- en smaakkomponente besit. Verlengde fermentasietye blyk gewens te wees vir *L. scaberrima* tee.

Eksperiment nr. 4 het 'n soortgelyke tee gelever as nr. 3 hierbo bespreek. Daar was egter subtiele smaak- en geurverskille tussen die twee tee's. Hierdie verskille kan in die toekoms behoorlik gekwantifiseer en gekwalifiseer word indien daar besluit sou word om een van hierdie twee tee's kommersieel te vervaardig. Dit het voorgekom asof die geur en smaak van eksperimentele tee nr. 4 minder aan die oorspronklike plantmateriaal herinner het as nr. 3, en dat die gefermenteerde aard van nr. 4 beter ontwikkel was. Lg. word o.a. in die produk weerspieël as soet en

gefermenteerde geure en smake.

Daar is opgemerk dat, in die finale produkte, die blomhofies opvallend meer bruin verkleur was as die blaartjies waarvan sommige steeds oor die aanvanklike groen kleur van vars plantmateriaal beskik het. Om 'n tee met 'n donkerder kleur te probeer verkry, is daarom besluit om ook 'n tee te vervaardig wat net uit blomhofies bestaan het. Hierdie tee, nr. 5 van paragraaf 6.3.4.3., was egter t.o.v. geen waarneembare eienskap opvallend anders as nr.'s 3 of 4 hierbo bespreek nie. Daar bestaan derhalwe geen rede waarom die natuurlike verdeling van die plant nie as sulks benut kan word om die tee mee te vervaardig nie.

Die aangepaste Rooibostee metode is uiters geskik vir teevervaardiging vanuit *L. scaberrima* en verdere ontwikkelingswerk behoort hierop te konsentreer.

#### **6.4.4.Swart tee metode**

Sensoriese evaluering is gedoen deur gebruik te maak van 5 individue wat die veranderlikes kleur, geur en smaak beoordeel het. Drie tee's is per keer geëvalueer om organoleptiese uitputting en/of oorstimulering te probeer elimineer het, nl. nr.'s 1 tot 3, 4 tot 6 en 7 tot 9. Die metode gevolg was dat 2 g tee by 200 ml kokende water gevoeg is. Na 2 minute is die veranderlikes ter sprake geëvalueer deurdat elke toetspersoon dit in 'n volgorde van donkerste tot ligste kleur tee en mees aangename geur en smaak tee tot mees onaangename geur en smaak rangskik het.

Alle evaluering is gedoen sonder die byvoeging van melk en suiker. Alle kleurevaluering is gedoen deur van glaskbepers gebruik te maak teen 'n agtergrond van wit papier. Tussen smaak evaluering is water genuttig om beter evaluering van die tee wat sou volg te verseker.

Statistiese verwerking van die resultate is gedoen deur gebruik te maak van SAS/STAT User's Guide version 8 (1999), Cary, NC, SAS Institute Inc., V.S.A. Dit het daarop gedui dat die volgende statisties betekenisvol verskil het by 'n 5 % pyl van betekenis (tensy anders aangedui):

1. By 'n konstante fermentasietyd van 6 uur was daar 'n betekenisvolle verskil t.o.v die

kleur van die tee wat as al donkerder ervaar is met toenemende verleppingstyd. Soortgelyke resultate is ook verkry by konstante fermentasietye van 24 uur en 48 uur. (Hierdie verskille was almal betekenisvol by 'n 1 % pyl van betekenis.)

2. By 'n konstante verleppingstyd van 48 uur was daar 'n betekenisvolle verskil t.o.v. die kleur van die tee wat as al donkerder ervaar is met toenemende fermentasietyd.
3. Geen uitspraak word egter gemaak oor die interaksie tussen verleppingstyd en fermentasietyd en welke een van hierdie twee veranderlikes die belangrikste rol uitoefen t.o.v. 'n donkerder kleur tee nie.
4. Die individuele smaakervaring van elke toetsindividu was 'n groter veranderlike tydens resultaatontleding as die toetsmetodes wat gewissel is. Dit dui daarop dat smaak só 'n subjektiewe bepaling is dat van groot toetspaneel of kundige teepruwers wat spesifieke smaakkomponente kan identifiseer gebruik gemaak moet word om tussen die subtile verskille van die verskillende vervaardigingsmetodes te kan onderskei. Verder kan dit ook gestel word dat die wisseling in produksieveranderlikes soos geëvalueer geen uitstaande tee produseer het wat die hele toetspaneel beïndruk het nie. Geen opvallende swak of goeie tee (t.o.v. smaak) is daarom met die swart tee vervaardigingsmetodes geïdentifiseer nie.
5. Dieselfde argumente hierbo genoem vir smaak geld vir die aroma van die tee's, uitgesonderd die waardes by 'n fermentasietyd van 24 uur en wisselende verleppingstye. By lg. is 'n betekenisvolle verskil gevind vir die tee wat vervaardig is by 'n verleppingstyd van 72 uur, en wat as mees aangenaam ervaar is. Hierdie resultaat bevestig die resultate verkry met die aangepaste Rooibostee metodes nl. dat verlengde verleppings- en fermentasietye gewens is.

Met verlenging in verleppings- en fermentasietyd neem die wilde veldsmaak van *L. scaberrima* tee berei volgens die swart tee metode toenemend af en kry die tee 'n meer gefermenteerde en soet organoleptiese karakter. Die tee word ook progressief al donkerder soos wat die duur van bg. twee tye toeneem.

Hierdie metode is nie so geskik vir teevervaardiging vanuit *L. scaberrima* nie. Dit lewer 'n tee wat 'n ongefermenteerde karakter het, selfs met wisseling in die waardes van belangrike

produksieveranderlikes. Die resultate dui daarop dat die verleppings- en fermentasietydperk kombinasies toegelaat deur hierdie metode nie so geskik is vir toepassing op *L. scaberrima* plantmateriaal nie. Variasies op die Rooibostee vervaardigingsmetode sal meer nuttig wees om ondersoek te word in die toekoms as die swart tee metode.

### 6.4.5.β-Karoteen byvoeging

Vier waarnemers is gevra om die kleur van die twee produkte te vergelyk met die twee kontroles. In beide gevalle was al die waarnemers eensgesind dat die tee's vervaardig met byvoeging van β-karoteen donkerder was. Hierdie resultaat is daarom statisties betekenisvol, maar slegs geldig by relatiewe kort fermentasieperiodes van 12 uur en minder.

Bg. eksperiment is herhaal met 'n fermentasietyd van 24 uur en een van die vier waarnemers kon nie bevestig dat die β-karoteen bygevoegde tee donkerder was as die kontrole nie.

Die toepassingsmoontlikhede van β-karoteen byvoegings vir *L. scaberrima* tee is daarom uiters beperk, veral a.g.v. die volgende:

1. Die koste verbonde aan sodanige byvoegings.
2. Langer fermentasietye (sg. aan die Rooibostee metode) is gewens vir *L. scaberrima* tee. Die waarde van β-karoteen byvoeging vir kleurmanipulering is twyfelagtig hoe langer die fermentasietyd raak. (Hoe langer die fermentasietyd is hoe donkerder is die natuurlike kleur van *L. scaberrima* tee.)
3. Residuele β-karoteen wat in die produk mag agterbly mag die smaak (nadelig) beïnvloed.
4. 'n Donkerder kleur tee is nie noodwendig gewens nie.

## 6.5. Medisinale eienskappe van *L. scaberrima* tee

### 6.5.1. Inleiding

Aangesien kliniese toetse om die medisinale moontlikhede van 'n tee te bevestig omvattend en duur is, is 'n ander roete gevolg om beperkte medisinale potensiaal van die tee te bewys. 'n Ekstrak is bv. ondersoek t.o.v. anti-fungale aktiwiteit sowel as sitotoksiteit. Sitotoksiteit is waarskynlik die belangrikste veranderlike wat die tee se kommersiële potensiaal en bemarkbaarheid bepaal en dus is bepaling daarvan vroeg uitgevoer. (Indien die tee sitotoksies is sal dit nie bemark kan word nie.)



Gesondheidsaspekte betreffende *L. scaberrima* tee nl. moontlike toksisiteit (paragraaf 2.3.8.2.1.) sowel as gesondheidsvoordele (paragraaf 2.3.8.2.2.) is reeds bespreek.

### 6.5.2.Sitotoksiese aktiwiteit

Die *in vitro* toksisiteit van *L. scaberrima* tee is as volg geëvalueer: Weefselkulture van aapnier- en fibroblasteselle is voorberei op verskillende Microtest II weefselkultuurplate. Die plate is vir 24 uur geïnkubeer by 30°C ten einde die selle in staat te stel om vas te heg aan die plate. Die volgende oplossings is hierna tot beide tipes weefselkultuurplate toegevoeg:

1. 'n Kontrole van gedistilleerde water
2. 100 µL tee
3. 10 µL tee en 90 µL gedistilleerde water
4. 1 µL tee en 99 µL gedistilleerde water

Die plate is daaglik ligmikroskopies geëvalueer ten einde die toestand van die selle te bepaal. Geen sitotoksiese effek is waargeneem vir enige van die toegevoegde oplossings tot 48 uur na byvoeging daarvan nie. Ongeveer 72 uur na byvoeging van die oplossings het die fibroblaste in sowel die kontrole as die ander oplossings geskei van die weefselkulture wat op seldood gedui het. Hierdie resultaat dui nie op sitotoksiteit nie omdat die kontroleplate ook geskei het.

Dit kan daarom gestel word dat tee vervaardig van *L. scaberrima* nie sitotoksies is *in vitro* vir aapnierselle of fibroblaste nie.

### 6.5.3.Antifungale aktiwiteit

Hierdie eksperiment het ten doel gehad bepaling van die *in vitro* antifungale aktiwiteit van die tee teen *Candida albicans*. *C. albicans* is op Sabouraud dekstrose agarplate voorberei soos voorheen beskryf (Terblanché, 1995). Tee berei volgens die groen tee sowel as swart tee metodes is geëvalueer omdat dit twee eksperimentele uiterstes in tee vervaardiging verteenwoordig:

1. Sowat 27 g gefermenteerde lugdroë plantmateriaal is in 400 ml gedistilleerde water gekook vir 30 min en die aftreksel gehou. Die plantmateriaal voginhoud was ca. 10 % en derhalwe is  $27 - 2.7 = 24.3$  g totaal droë plantmateriaal gebruik.
2. Nagenoeg 60 g *L. scaberrima* groen tee is in 400 ml gedistilleerde water gekook vir 30 min en die aftreksel gehou. Daar is geraam dat die voginhoud van hierdie materiaal 60 % was, wat ooreenstem met ca. 24 g totaal droë plantmateriaal.

Dieselfde 4 oplossings genoem in paragraaf 6.5.2. is afsonderlik gevoeg tot die agarplate (10  $\mu$ L elk). Inkubasie vir 5 dae by 30°C het gevolg maar geeneen van die oplossings het enige inhibisiesone getoon nie. Hierdie resultaat is verwag omdat die wateroplosbare distillaatfraksie verkry tydens essensiële olieherwinning vanuit *L. scaberrima*, geen antifungale aktiwiteit teen *C. albicans* getoon het nie (Terblanché, 1995).

Hierdie resultate ondersteun daarom vroëere resultate (Terblanché, 1995) dat die antifungale aktiwiteit van *L. scaberrima* teen *C. albicans* gesetel is in die hidrofobiese essensiële oliekomponente. Nie groen- of swart tee bereide *L. scaberrima* tee openbaar enigszins antifungale aktiwiteit teen *C. albicans* nie.

## **6.6. Chemiese karakterisering**

Geen detail chemiese karakterisering van *L. scaberrima* tee het plaasgevind nie, en geen in diepte ondersoek rakende die chemiese samestelling daarvan is uitgevoer nie. Daar sal uiteraard eers op 'n geskikte vervaardigingsmetode besluit moet word, waarna die kafeïeninhoud, fluoriedinhoud, ens. van die resulterende produk bepaal kan word. Die takson se alkaloïed- en tannieninhoud is reeds bepaal (Power & Tutin, 1907) en die toepaslike literatuur is bespreek in paragraaf 2.3.8.1.

## 6.7. Gevolgtrekkings en aanbevelings

- Die tee kan vermeng word met ander kruie voor, tydens of na vervaardiging om kleur, geur en/of smaakeienskappe te manipuleer.
- 'n *L. scaberrima* tee behoort so gou as moontlik bemark te word. Inkomste só verkry kan die nodige fondse verskaf vir verdere ontwikkelingswerk.
- Positiewe gesondheidsaspekte (soos genoem in paragraaf 2.3.8.2.2.) kan nuttig gebruik word vir bemarkingsdoeleindes.
- Sensoriese evaluering moet uitgevoer word met 'n groter toetspaneel en/of deur tee fynproewers en/of deur individue te gebruik wat die tee tradisioneel nuttig, soos boere in die Potchefstroom omgewing (Terblanché, 1995).
- Die ervaring dat 'n tee aangenaam is, is 'n uiters subjektiewe en unieke ervaring. Marknavorsing behoort te fokus op dié bepaalde populasiesegment wat *L. scaberrima* tee reeds (tradisioneel) benut om faktore te identifiseer wat nuttig mag wees vir verdere ontwikkelingswerk en/of bemarking.
- Die kleur van *L. scaberrima* tee is liggeel tot geel en nie bruin tot donkerbruin soos swart tee of rooibruin soos Rooibostee nie. Hierdie is nie noodwendig 'n nadeel nie, en die kleur daarvan herinner sterk aan dié van regte groen tee. Kruietee's is nie sonder meer vergelykbaar met swart tee nie. Indien 'n donkerder kleur tee verkies word, kan byvoegings gemaak word om dit te bereik. Verdere ontwikkelingswerk mag lei tot 'n *L. scaberrima* tee wat heelwat donkerder is as die tee's vervaardig vir hierdie studie.
- Tientalle faktore beïnvloed teekwaliteit. Die belangrikstes moet beheer word om 'n tee van konstante gehalte daar te stel en te handhaaf. Plantkundige faktore is by. nie in hierdie studie aangespreek nie en mag 'n belangrike rol speel in *L. scaberrima* teekwaliteit.
- Met die aangepaste Rooibostee metode is vasgestel dat wisseling van die verleppingstyd tussen 1 uur en 72 uur nie opvallend verskillende kenmerke aan die produk verleen nie. Die verleppingstydperk mag daarom van minder belang wees as die fermentasietydperk by hierdie vervaardigingmetode.
- Die aangepaste Rooibostee metode is uiters geskik vir tee-vervaardiging vanuit *L. scaberrima* en verdere ontwikkelingswerk behoort hierop te konsentreer.

- Tee's wat veral bemerkbaar is en waarop verdere ontwikkelingswerk behoort te fokus, is dié wat as volg vervaardig is:
  1. Groen tee metode by 353 K (80°C).
  2. Aangepaste Rooibostee metode nr.'s 3 en 4 van paragraaf 6.3.4.3.
- Die belangrikste produksiefaktore en werkbare gebiede daarvoor is nou geïdentifiseer. Op hierdie inligting kan voortgebou word om *L. scaberrima* tee verder te ontwikkel om dit 'n huishoudelike naam te maak.

## **7. Gevolgtrekkings en aanbevelings**

### **7.1. Inleiding**

Hierdie hoofstuk poog geensins om gevolgtrekkings en aanbevelings alreeds vroër genoem te herhaal nie; eerder om bykomende inligting te verstrek en belangrike aangeleenthede uit te lig.

### **7.2. *L. scaberrima* as gevallestudie**

Al hoe meer gebruike vir essensiële olies word gevind bv. benutting van oliekomponente as natuurlike antioksidante is *in vitro* geëvalueer (Dorman, Deans *et al*, 1995). Dit bevestig die steeds groeiende aanvraag na voorheen onbekende en/of onbenutte olies.

*L. scaberrima* behoort tot 'n plantgenus wat wyd verspreide benutting van verskeie spesies toon, o.a. as tee's. Die moontlikheid dat die takson besondere gebruiksmoontlikhede besit word só verstewig.

Essensiële olie afkomstig vanaf die takson mag ekonomies belangrik wees in die toekoms a.g.v. benutting daarvan as samestellende komponent in verskeie toepassingsmoontlikhede. Die plant as sulks kan ook op verskeie maniere benut word.

Verskeie benuttingsmoontlikhede van *L. scaberrima* is deur hierdie studie geïdentifiseer en geëvalueer (bv. tee vervaardiging) en die ondersoek na die lewensvatbaarheid van vele daarvan is slegs van bemarking afhanklik. Bv., 'n antifungale mondspoelmiddel vir kommersiële gebruik kan vervaardig word. Oliemonsters kan aan multinasionale oliefirmas gelewer word vir evaluering en analise daarvan as samestellende komponent vir hulle produkreeks. Die olie opsigself kan 'n kommersiële produk in eie reg wees.

### **7.3. Karakterisering van die olies**

Gaschromatografiese vergelykings tussen mikrogolf- en watergedistilleerde olies kan verder

geëvalueer word om die oorblywende oliekomponente te identifiseer en te kwantifiseer.

Die chemiese en/of fisiese eienskapsverskille van olies geproduseer met twee verskillende produksiemetodes (water- en mikrogolfdestillasie), toon genoegsame onderlinge ooreenkomste om mikrogolfdestillasie as nuwe produksiemetode van essensiële olies te bevestig.

#### **7.4. Enkelladingsmikrogolfdestillasie veranderlikes ondersoek**

Die geografiese verspreidingsgebied van *L. scaberrima* behoort ondersoek te word ten einde te bepaal watter substreek, indien enige, die hoogste opbrengs en/of mees aanvaarbare olie lewer. Die invloed van klimatologiese en ander veranderlikes gelys in Hoofstuk 2 kan bepaal word ten einde die olie se ekonomiese potensiaal te maksimeer.

Die invloed van ondergenoemde veranderlikes op 'n spesifieke essensiële olie is afhanklik van die toerustingkonfigurasie, oplosmiddel- en plantmateriaal gebruik sowel as die bedryfsprosedures. Alle uitsprake en afleidings gemaak is beperk tot ervaring opgedoen gedurende ondersoek met die stelsel soos beskryf.

Vir elke bedryfsveranderlike bestaan daar 'n optimumwaarde en afhangend van voorafgestelde vereistes, moet sodanige waarde bepaal word onder die finale bedryfstoeestand deur gebruikmaking van die gekose toerustingkonfigurasie.

Veranderlikes se invloede kan gekombineerd vergelyk word ten einde olie-opbrengs te maksimeer. Indien 'n veranderlike in isolasie bestudeer word, word optimumwaardes gevind wat mag verskil van waardes verkry tydens 'n gekombineerde matriks-tipe ondersoek. Dit is veral belangrik vanuit 'n bedryfskoste-oogpunt om optimum geldbesteding te verseker.

##### **7.4.1. Irradiasietydsduur**

Irradiasietydsduur is een van die belangrikste veranderlikes wat essensiële olie-opbrengs beïnvloed in 'n mikrogolf produksiesistiem. Kontinue mikrogolfdestillasie as produksiemetode vir essensiële olies mag meer effektief wees t.o.v. destillasietyd as konvensionele water- of

enkelladingsmikrogolfdestillasie.

Produksie doeltreffendheid (uitgedruk as eenheidskoste van die olie) is o.a. afhanklik van die produksiekapasiteit van die sisteem wat afhanklik is van die irradiasietydskuur.

#### **7.4.2. Verhouding water tot plantmateriaal gebruik**

'n Werkbare verhouding water tot plantmateriaal is afhanklik van die plantmateriaal, oplosmiddel, destillasieapparaat, fisiese toerustinguitleg en in kontinue sisteme ook die afsnygolfgeleierdiameter en voerstroorn vloeiempo om verstopings en vertraging te vermy.

Alreeds tydens ontwerp van nuwe sisteme kan die interafhanklikheid van bg. veranderlikes in berekening gebring word. Bv., as die oplosmiddelkeuse of bedryfsfrekwensie verander, verander die maksimum toelaatbare afsnygolfgeleierdiameter by kontinue sisteme. Deur veral na oplosmiddeleienskappe, plantverdelingsgraad en toerustinguitleg te let, kan 'n geskikte bedryfsgebied vir hierdie veranderlike deels vooraf uitgeklaar word.

Alhoewel uiterste toestande (nl. oormaat oplosmiddel of oormaat plantmateriaal) 'n aansienlike invloed uitoefen op olie-opbrengs, is die belang hiervan grootliks beperk tot die vergemakliking van praktiese uitvoerbare bedryfsprosedures.

#### **7.4.3. Voginhoud van plantmateriaal**

Vir *L. scaberrima* is die belangrikste oorweging gemaklike uitvoering van die bedryfsprosedures en plantmateriaalhantering. Die apparaat is bewys om in staat te wees om plantmateriale van welke voginhoud ookal suksesvol te kan hanteer. Elke takson se unieke chemiese samestelling sal die finale voginhoudskeuse beïnvloed.

Vir *L. scaberrima* is lugdroë (onverdeelde) plantmateriaal meer geskik vir gebruik o.g.v. die gemaklike hantering daarvan. Vars materiaal kan egter benut word.

#### **7.4.4.Hersirkulering van distillaatwater**

Hierdie word as die belangrikste bedryfsveranderlike geag t.o.v. maksimering van olie-opbrengs. Die rede(s) vir die besondere invloed wat gehersirkuleerde water het op olie-opbrengs behoort verder ondersoek te word.

Wat ookal die oorwegende meganisme is waarvolgens hersirkulasie 'n groter olie-opbrengs vanuit biologiese materiaal teweegbring, kan die volgende probleme gestel word: Hersirkulering van watter tipe molekule(s) bevorder olie-opbrengs ? Is hierdie molekules uniek aan *L. scaberrima* of uniek aan biologiese materiaal, of kan chemikalieë kunsmatig toegevoeg word ten einde olie-opbrengs te verhoog ?

Dit mag selfs moontlik wees om olie-opbrengs nóg verder te verhoog, deur kombinasies van plantmateriale (wat synergisme aan die hand kan werk) of chemikalieë byvoegings te evalueer. Chemiese modifisering van die olie moet egter terselfdertyd geëvalueer en beperk word.

#### **7.4.5.Plantmateriaal verdelingsgraad**

'n Bykomende energie-inset en 'n bykomende stap in die produksieproses is nodig vir kerf van materiaal as fyn verdeelde plantmateriaal gebruik wil word. Plantmateriaal kan met die oplosmiddel gemeng word voor die resulterende mengsel gekerf word om olieverliese te beperk.

Fyn verdeelde materiaal beskik oor 'n groter oksidasie oppervlakte en sal vinniger oksideer. Dit lei tot verhoogde olieverliese gedurende hantering. Biologiese herbenutting daarvan na distillasie as bv. kompos sal egter vinniger kan geskied. Oppervlakspanningsmodifiseerders mag egter nodig wees as fyn verdeelde plantmateriaal gebruik word.

Hoe hoër die materiaaldigtheid is hoe langer neem verhitting. Nie slegs digtheid nie maar ook materiaalhomogeniteit t.o.v. gelokaliseerde digtheidsverskille is belangrik omrede gelokaliseerde digtheidsverskille lei tot gelokaliseerde (selektiewe) verhitting. Hoe groter die materiaaldigtheid hoe hoër is die mikrogolfenergieabsorpsie maar hoe laer die indringingsdiepte (paragraaf 2.2.6.).



Die verskillende faktore moet opgeweeg word teen mekaar en 'n geskikte plantverdelingsgraad gekies word o.g.v. die produksiebehoefte.

#### **7.4.6.Oppervlakspanningsmodifisering**

Die byvoeging daarvan verlaag olie-opbrengs sodanig dat dit eerder nie uitgevoer behoort te word nie. Sisteme moet verkieslik ontwerp word om van onverdeelde plantmateriaal gebruik te maak as dit nodig is om oppervlakspanningsmodifisering uit te voer vir fyn verdeelde materiaal.

#### **7.4.7.Voorafbehandeling nl. weking**

Die invloed hiervan op olie-opbrengs is kompleks en nie maklik verklaarbaar nie. As finale bedryfstoestand uitgeklaar is kan hierdie veranderlike geëvalueer word oor 'n prakties werkbare gebied ten einde te bepaal of dit olie-opbrengs gunstig gaan beïnvloed.

#### **7.4.8.Ladingsgrootte**

Die optimumwaarde hiervan moet onder bedryfstoestand bepaal word, en was 40 g plantmateriaal vir die gekose opstelling. Vir *L. scaberrima* (met 2.5 maal soveel water bygevoeg as plantmateriaal) word 35 W benodig per gram plantmateriaal wat gedistilleer word by 'n totale distillasietyd van 15 minute om optimum werkverrigting te verseker.

#### **7.4.9.Distillasiekinetika**

Onder die bepaalde eksperimentele toestande waar hierdie veranderlike ondersoek is, is die optimum irradiasieperiode in die omgewing van 14 minute gevind. Dit verskaf 'n vertrekpuntwaarde vanwaar die ekstraksietydperk geoptimeer kan word vir kommersiële doeleindes. Hierdie veranderlike is een van die belangrikstes wat bestudeer moet word as die essensiële olie van *L. scaberrima* ekonomies ontgin wil word.

#### **7.4.10. Alternatiewe oplosmiddel**

Die "olie" wat na afdistillering van die etanol verkry is, het nie veel aan die essensiële olie verkry met waterdistillasie herinner nie. Dit was donkergeel tot bruin en het stroperig voorgekom. Dit het nie gelyk of geruik soos die watergedistilleerde olies nie. Die opbrengste was laer as met water as oplosmiddel.

A.g.v. die bykomende distillasiestap benodig om die oplosmiddel te verwyder, die brandgevaar verbonde aan etanol, verlengde herwinningstyd sowel as die verlengde blootstellingstyd van oliemolekules aan hoë temperature, is water as oplosmiddel verkieslik bo etanol.

Ander polêre oplosmiddels kan in die toekoms met die apparaat geëvalueer word indien 'n ander oplosmiddel as water benut wil word.

#### **7.5. Kontinue mikrogolfsisteme**

##### **7.5.1. Veiligheid**

Die veiligheid van mikrogolfsisteme moet altyd op die voorgrond wees. Gereelde inspeksies is nodig ten einde personeel wat daarmee in omgang verkeer se veiligheid te verseker. Daar moet gereeld vir stralingslekkasies gekontroleer word; veral by seëls en modifikasiepunte.

Tydens ontwerp moet veral gelet word na veiligheid sowel as beheerbaarheid van die produksieproses ten einde uniforme produkte te probeer verkry vanuit opeenvolgende ladings plantmateriaal.

##### **7.5.2. Oplosmiddel**

Die grootste nadeel van water as oplosmiddel in kontinue mikrogolfsisteme is die beperking wat dit plaas op die afsnygolfgeleierdiameter in huishoudelike oonde, soos aangetoon in Hoofstuk 5. Sodanige afsnygolfgeleierdiameter kan die sisteem totaal onbenutbaar laat; veral as die

bedryfsfrekwensie nie vooraf uitgeklaar word nie. (Die afsnygolfgeleierdiameter is o.a. afhanklik van die bedryfsfrekwensie van die oond.)

Die aard van die oplosmiddelpolariteit kan 'n aansienlike invloed uitoefen op olie-opbrengs en verskillende oplosmiddelpolariteite kan in die toekoms ondersoek word. Indien geskikte oplosmiddels met kleiner  $\epsilon_r$  waardes (as bv. water) gevind word kan die afsnygolfgeleierdiameter vergroot word. Sodoende sal plantmateriaal met 'n groter verdelingsgraad geïrradieer kan word.

Die elektromagnetiese eienskapsveranderinge wat gepaard gaan met byvoeging van chemikalieë in die sisteem kan verder gekarakteriseer word. Soveel moontlik oplosmiddel behoort gehersirkuleer en herbenut te word vir omgewingsvriendelikheid en besparing.

### **7.5.3. Distillasieapparaat**

Glas as materiaalkeuse vir die enkelladingsdistillasiefles is gevind om uiters geskik te wees. Daar moet egter eerder met 'n distillasieapparaat weggedoen word en 'n alternatiewe proseskonfigurasie daargestel word, soos bespreek in Hoofstuk 5.

By verhitting van multikomponentsisteme word drastiese onreëlmatige verhittingspatrone waargeneem. Die distillasieapparaat moet hiervoor voorsiening maak.

Deurskynende verbindingsbuis is nuttig sodat verstoppings gouer opgespoor en geëlimineer kan word. Silikonrubberbuis het 'n bevredigende mikrogolflewenduur. Koppelstukke/aanhegtings kan as veiligheidsmeganismes optree om drukverlaging te bewerkstellig indien dit nodig sou word. Alle koppelings moet maklik los- en vasmaak om verstoppings geredelik te herstel sowel as die sisteem maklik op te stel.

### **7.5.4. Stroomvloei tempo's**

Dit moet sodanig gekies word as om te verseker dat genoegsame olieherwinning plaasvind. 'n Te vinnige tempo lei daartoe dat plantmateriaal nie genoegsaam verhit nie en die gewenste produk

gaan in die afvalstroom verlore. 'n Te stadige tempo beteken energieverkwisting deurdat oormatige waterdamp gegenereer word nadat voldoende oliemolekules reeds verwyder is. Dit plaas 'n onnodige las op die kondensator.

Hoe hoër die voertemperatuur is hoe vinniger sal verhitting geskied. Uitlaatstrome kan in 'n hitteuiler benut word om voerstrome te voorverhit. Om water onder omgewingstoestande te verhit word 4.18 kJ/kg K (by 298 K) benodig maar verdamping daarvan behels 2440 kJ/kg (by 298 K) en derhalwe is die grootste energieweerstand gesetel in verdampingsprosedures.

#### **7.5.5.Opskaling van apparaat**

Die resultate van hierdie studie kan benut word om 'n industriële skaal kontinue mikrogolfdestillasieapparaat te ontwikkel. Beginsels vervat in hierdie studie kan toegepas word op sodanige ontwerp om die prototipe vervaardiging te vereenvoudig en te vergemaklik.

Indien 'n mikrogolfdestillasieapparaat opgeskaal wil word, kan die elektriese veldsterkte verhoog word deur oonddrywing te verhoog. (Oonddrywing bepaal elektriese veldsterkte en magnetrondrywing is die hoofbydrae tot verhittingstempo. Hoe hoër die drywing hoe vinniger word 'n gegewe massa verhit.)

Essensiële olieherwinning vanuit roosmaryn (*Rosmarinus officinalis*) en peperment (*Mentha piperita*) het egter getoon dat 'n limiet bestaan t.o.v. die ladingsmassa waar effektiewe verhitting gehandhaaf kan word vir enige gegewe oonddrywing. Dit verteenwoordig die versadigingspunt vir die hoeveelheid mikrogolfenergie wat deur 'n gegewe massa plantmateriaal geabsorbeer kan word (paragraaf 2.2.7.1.).

Herwinning van olie moet in een enkele of die minimum aantal produksiestappe geskied. (Produksietyd en daarom olieverliese word aansienlik verleng en verhoog indien meer as een produksiestap gebruik word.) Die totale produksietyd moet so kort as moontlik gehou word.

#### **7.5.6.Bedryfsprosedures en -veranderlikes**

Bedryfsprosedures moet voorsienig maak vir verstellings vanaf die begin van distillasie totdat gestadigde staat bereik is.

Intervalle tussen irradiasieperiodes behoort gelaat te word sodat bv. 'n glas distillasieapparaat genoegsaam kan afkoel as 'n distillasieapparaat gebruik word. Die invloed van een langer ononderbroke irradiasieperiode vs. meervoudige korter onderbroke irradiasieperiodes wat in totaal ekwivalent is aan die langer irradiasieperiode kan ondersoek word.

#### **7.5.7. Alternatiewe toerustingkonfigurasies**

Plantmateriaalverwydering vanuit afvalstrome kan vergemaklik word deur gebruikmaking van 'n gebuigde sifskerm om die plantmateriaal en afvalwater te skei sodat lg. hersirkuleer kan word. Afval plantmateriaal kan tot kunsmis verwerk word en gelaat word in die landelike omgewing waar olies met 'n mobiele apparaat afgedistilleer is.

#### **7.6. Teevervaardiging**

*L. scaberrima* is geskik vir teevervaardigingsdoeleindes. 'n *L. scaberrima* tee behoort so gou as moontlik bemark te word. Inkomste só verkry kan die nodige fondse verskaf vir verdere ontwikkelingswerk.

Die ervaring dat 'n tee aangenaam is, is 'n uiters subjektiewe en unieke ervaring. Marknavorsing behoort te fokus op dié bepaalde populasiesegment wat *L. scaberrima* tee reeds (tradisioneel) benut om faktore te identifiseer wat nuttig mag wees vir verdere ontwikkelingswerk en/of bemarking.

Die kleur van *L. scaberrima* tee is geel en nie bruin tot donkerbruin soos swart tee of rooibruin soos Rooibostee nie. Dit kan dus eerder as 'n kruietee beskou word.

Die aangepaste Rooibostee metode is uiters geskik vir teevervaardiging vanuit *L. scaberrima* en verdere ontwikkelingswerk behoort hierop te konsentreer.

Die belangrikste produksiefaktore en werkbare gebiede daarvoor is nou geïdentifiseer. Op hierdie inligting kan voortgebou word om *L. scaberrima* tee verder te ontwikkel om dit 'n huishoudelike naam te maak.

Die antioksidatiewe potensiaal van *L. scaberrima* tee kan bepaal word om die bemerkbaarheid van die tee te verhoog. Bekende antioksidante in die plant kan geïdentifiseer en gekwantifiseer word. Die antikarsinogeniese en antimutageniese potensiaal van die tee kan ondersoek word.

Chlorofil-, tannien- en flouried bepalings sowel as objektiewe kleurbepalings van die produk van die uiteindelik gekose vervaardigingsmetode kan uitgevoer word.

### **7.7.Slotrede**

Die gebruik van *L. scaberrima* as gevallestudie het ondersoek na die produksie van 'n onbekende en tot dusver onbenutte essensiële olie daargestel; alhoewel die resultate van die studie in 'n meerdere of mindere mate toepaslik is op ander plantmateriale.

Die toepassingsmoontlikhede van *L. scaberrima* sal slegs beperk word deur die entoesiasme van die individu wat sodanige projekte bestuur.

ABAD, M J, BERMEJO, P, VILLAR, A, SANCHEZ-PALOMINO, S & CARRASCO, L (1997) Antiviral Activity of Medicinal Plant Extracts, *Phytotherapy Research*, **11 (3)**, 198–202

ABAD FAROOQI, A H, SHARMA, S, NAQVI, A A & KHAN, A (1993) The Effect of Kinetin on Flower and Oil Production in *Rosa damascena*, *Journal of Essential Oil Research*, **5 (May/Jun)**, 305–309

ADLER, P R, SIMON, J E & WILCOX, G E (1989) Nitrogen Form Alters Sweet Basil Growth and Essential Oil Content and Composition, *Hort Science*, **24 (5)**, 789–790

ADU, B, OTTEN, L, AFENYA, E & GROENEVELT, P (1995) Thermodynamics of Microwave (Polarized) Heating Systems, *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, **30 (2)**, 90–96

ARAMBASIC, M B, BJELIC, S & SUBAKOV, G (1995) Acute Toxicity of Heavy Metals (Copper, Lead, Zinc), Phenol and Sodium on *Allium cepa* L., *Lepidium sativum* L. and *Daphnia magna* St.; Comparative Investigations and the Practical Applications, *Water Research*, **29 (2)**, 497–503

ARCHIMEX (1998) Archimex Extrait Ses Produits Actifs Grâce Aux Micro-ondes, *Industries et Techniques*, **No. 792 Avril**, 113

ASTM (1989) Standard Method for Distillation of Petroleum Products D86 - 82<sup>E2</sup>, *Annual Book of ASTM Standards, Section 5: Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Volume 05.01: Petroleum Products and Lubricants (I) D56–D1947*, pp.7–20

ATKINS, P W (1990) *Physical Chemistry*, 4<sup>th</sup> Edition, Oxford University Press, Suffolk, pp.460, 937

AYENSU, E S (1978) *Medicinal Plants of West Africa*, Reference Publications, Michigan, p.267

BALANDRIN, M F, KLOCKE, J A, WURTELE, E S & BOLLINGER, W H (1985) Natural Plant Chemicals: Sources of Industrial and Medicinal Materials, *Science*, **228**, 1154–1160

BARITAUX, O, RICHARD, H, TOUCHE, J & DERBESY, M (1992) Effects of Drying and Storage of Herbs and Spices on the Essential Oil. Part I. Basil, *Ocimum basilicum* L., *Flavour and Fragrance Journal*, **7**, 267–271

BARRINGER, S A, DAVIS, E A, GORDON, J, AYAPPA, K G & DAVIS, H T (1994) Effect of Sample Size on the Microwave Heating Rate: Oil vs. Water, *AIChE Journal*, **40** (9), 1433–1439

BAUER, K, GARBE, D & SURBURG, H (1988) Flavors and Fragrances, In: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 5<sup>th</sup> Completely Revised Edition, Volume A11, (Eds. Gerhartz, Yamamoto et al), VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, 141–250

BENOIT, F, VALENTIN, A, PELISSIER, Y, DIAFOUKA, F, MARION, C, KONE-BAMBA, D, KONE, M, MALLIE, M, YAPO, A & BASTIDE, J-M (1996) *In vitro* Antimalarial Activity of Vegetal Extracts Used in West African Traditional Medicine, *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, **54** (1), 67–71

BHARTIA, P & BAHL, I J (1984) *Millimeter Wave Engineering and Applications*, John Wiley & Sons, New York, pp.208–209

BONNARDEAUX, J (1992) The Effect of Different Harvesting Methods on the Yield and Quality of Basil Oil in the Ord River Irrigation Area, *Journal of Essential Oil Research*, **4** (Jan/Feb), 65–69

BOUHLAL, K, MEYNADIER, J, PEYRON, J L, MEYNADIER, J, PEYRON, L & SENAUX, M S (1989) The Cutaneous Effects of the Common Concretes and Absolutes Used in the Perfume Industry, *Journal of Essential Oil Research*, **1** (Jul/Aug), 169–195

BOX, E O (1982) Productivity of Aromatic Plants: Climatic Models, In: *Aromatic Plants: Basic and Applied Aspects* (Eds. Margaris, Koedam & Vokou), Martinus Nijhoff Publishers, Den Haag, 87–99



BURBOTT, A J & LOOMIS, W D (1957) Effects of Light and Temperature on the Monoterpenes of Peppermint, *Plant Physiology*, **42**, 20–28

CACERES, A, FIGUEROA, L, TARACENA, A M & SAMAYOA, B (1993) Plants Used in Guatemala for the Treatment of Respiratory Diseases. 2: Evaluation of Activity of 16 Plants Against Gram-positive Bacteria, *Journal of Ethnopharmacology*, **39**, 77–82

CHALCHAT, J, GARRY, R P & MUHAYIMANA, A (1995) Essential Oil of *Tagetes minuta* from Rwanda and France: Chemical Composition According to Harvesting Location, Growth Stage and Part of Plant Extracted, *Journal of Essential Oil Research*, **7 (Jul/Aug)**, 375–386

CHANH, P H, KOFFI, Y & CHANH, A P H (1988) Comparative Hypotensive Effects of Compounds Extracted from *Lippia multiflora* Leaves, *Planta Medica*, **54**, 294–296

CHARLES, D J & SIMON, J E (1990) Comparison of Extraction Methods for the Rapid Determination of Essential Oil Content and Composition of Basil, *Journal of the American Society for Horticultural Science*, **115 (3)**, 458–462

CHEMAT, F, POUX, M, DI MARTINO, J L & BERLAN, J (1996) A New Continuous-Flow Recycle Microwave Reactor for Homogeneous and Heterogeneous Chemical Reactions, *Chemical Engineering & Technology*, **19 (5)**, 420–424

CHEN, S S & SPIRO, M (1994) Study of Microwave Extraction of Essential Oil Constituents from Plant Materials, *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, **29 (4)**, 231–241

CLARK, R J & MENARY, R C (1979) The Importance of Harvest Date and Plant Density on the Yield and Quality of Tasmanian Peppermint Oil, *Journal of the American Society for Horticultural Science*, **104 (5)**, 702–706

CLARK, R J & MENARY, R C (1984) The Effect of Two Harvests per Year on the Yield and Composition of Tasmanian Peppermint Oil (*Mentha piperita* L.), *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **35**, 1191–1195

CLEVENGER, J F (1928) Apparatus for the Determination of Volatile Oil, *Journal of the American Pharmaceutical Association*, **17 (4)**, 345–349

COMPADRE, C M, ROBBINS, E F & KINGHORN, A D (1986) The Intensely Sweet Herb, *Lippia dulcis* Trev.; Historical Uses, Field Inquiries and Constituents, Journal of Ethnopharmacology, **15**, 89–106

COSGROVE, D J, ISLIP, H T & MAJOR, F (1950) Oil of *Lippia carviadora* from Kenya, Colonial Plant and Animal Products, **1**, 56–62

CRAVEIRO, A A, MATOS, F J A, ALENCAR, J W & PLUMEL, M M (1989) Microwave Oven Extraction of an Essential Oil, Flavour and Fragrance Journal, **4**, 43–44

DANG, Y P, CHABRA, R & VERMA, K S (1990) Effect of Cd, Ni, Pb and Zn on Growth and Chemical Composition of Onion and Fenugreek, Communications in Soil Science and Plant Analysis, **21 (9&10)**, 717–735

DATTA, A K (1990) Heat and Mass Transfer in the Microwave Processing of Food, Chemical Engineering Progress, **June**, 47–53

DATTA, A, PROSETYA, H & HU, W (1992) Mathematical Modelling of Batch Heating of Liquids in a Microwave Cavity, Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy, **27 (1)**, 38–48

DEANS, S G, SVOBODA, K P & BARTLETT, M C (1991) Effect of Microwave Oven and Warm-Air Drying on the Microflora and Volatile Oil Profile of Culinary Herbs, Journal of Essential Oil Research, **3 (Sept/Oct)**, 341–347

DE ASSIS BRASIL E SILVA, G A, BAUER, L, SARAIVA DE SIQUEIRA, N C, MOREIRA BACHA, C T & SANT'ANA, B M S (1979) O óleo Essencial de *Lippia citriodora* Kunth do Rio Grande do Sul, Tribuna Farmaceutica, **47 (1)**, 96–98

DEMISSEW, S (1993) A Description of Some Essential Oil Bearing Plants in Ethiopia and Their Indigenous Uses, Journal of Essential Oil Research, **5 (5)**, 465–479

DOMINGUEZ, X A, SANCHEZ, S H, SUAREZ, V M, BALDAS, J H & ROSARIO GONZALEZ, M (1989) Chemical Constituents of *Lippia graveolens*, Planta Medica, **55**, 208–209

DORAN, J C, CARUHAPATTANA, B, NAMSAVAT, S & BROPHY, J J (1995) Effect of

Harvest Time on the Leaf and Essential Oil Yield of *Eucalyptus camaldulensis*, Journal of Essential Oil Research, **7 (Nov/Dec)**, 627–632

DORMAN, H J D, DEANS, S G, NOBLE, R C & SURAI, P (1995) Evaluation *in vitro* of Plant Essential Oils as Natural Antioxidants, Journal of Essential Oil Research, **7 (Nov/Dec)**, 645–651

DUKE, J A (1987) CRC Handbook of Medicinal Herbs, CRC Press, Florida, p.559

DURIYAPRAPAN, S & BRITTEN, E J (1982) The Effect of Age and Location of Leaf on Quantity and Quality of Japanese Mint Oil Production, Journal of Experimental Botany, **33 (135)**, 810–814

DURIYAPRAPAN, S & BRITTEN, E J (1986) The Effect of Photoperiod on Flowering and Oil Production of Japanese Mint Under Controlled Environment Conditions, Thai Journal of Agricultural Science, **19**, 313–320

DU TOIT, J, JOUBERT, E & BRITZ, T J (1998) Honeybush Tea - A Rediscovered Indigenous South African Herbal Tea, Journal of Sustainable Agriculture, **12 (2/3)**, 67–84

FAHLÉN, A, WELANDER, M & WENNERSTEN, R (1997) Effects of Light-Temperature Regimes on Plant Growth and Essential Oil Yield of Selected Aromatic Plants, Journal of the Science of Food and Agriculture, **73 (1)**, 111–119

FINCH-SAVAGE, W E (1986) Effects of Soil Moisture and Temperature on Seedling Emergence from Natural and Pre-germinated Onion Seeds, Journal of Agricultural Science, **107**, 249–256

FINCH-SAVAGE, W E & PHELPS, K (1993) Onion (*Allium cepa* L.) Seedling Emergence Patterns can be Explained by the Influence of Soil Temperature and Water Potential on Seed Germination, *Journal of Experimental Botany*, **44** (259), 407–414

FOURIE, N (1984) *Lippia* Giftig vir Beeste, *Onderstepoort-nuusbrief*, **2** (3), 11

FOX, F W & NORWOOD YOUNG, M E (1982) *Food from the Veld*, Delta books, Cape Town, p.363

FRANKLIN, W J & KEYZER, H (1962) Semimicro and Micro Steam Distillation, *Analytical Chemistry*, **34** (12), 1650–1653

FRIGHETTO, N, DE OLIVEIRA, J G, SIANI, A C & CALAGO DAS CHAGAS, K (1998) *Lippia alba* Mill N.E.Br. (*Verbenaceae*) as a Source of Linalool, *Journal of Essential Oil Research*, **10** (Sep/Oct), 578–580

FURIA, T E & BELLANCA, N (1975) *Fenaroli's Handbook of Flavor Ingredients* (2<sup>nd</sup> Edition), Volume 1, CRC Press, Cleveland, p.392

GALAMBOSI, B & PEURA, P (1996) Agrobotanical Features and Oil Content of Wild and Cultivated Forms of Caraway (*Carum carvi* L.), *Journal of Essential Oil Research*, **8** (Jul/Aug), 389–397

GARNICA FLORES, J G (1994) Ensayo de Prediccion del Rendimiento de Origano (*Lippia berlandieri* Shower) en la Zona Norte de Jalisco, *Ciencia Forestal*, **19** (76), 15–26

GASIC, O, LUKIC, V & ADAMOVIC, D (1991) The Influence of Sowing and Harvest Time on the Essential Oils of *Chamomilla recutita* (L.) Rausch., *Journal of Essential Oil Research*, **3** (Sept/Oct), 295–302

GASQUET, M, DELMAS, F, TIMON-DAVID, P, KEITA, A, GUINDO, M, KOITA, N, DIALLO, D & DOUMBO, O (1993) Evaluation *in vitro* and *in vivo* of a Traditional Antimalarial, "Malarial 5", *Fitoterapia*, **64** (5), 423–426

GBOLADE, A A & ADEBAYO, T A (1993) Fumigant Properties of Some Volatile Oils on Fecundity and Adult Emergence of *Callosobruchus maculatus* F., *Insect Science and Its*

GBOLADE, A A & LOCKWOOD, G B (1992) Some Factors Affecting Productivity of *Allium cepa* L. Callus Cultures, *Journal of Essential Oil Research*, **4 (Jul/Aug)**, 381–385

GILDENHUYS, A E (1995) Taksonomiese Ondersoek van *Lippia* L. (*Verbenaceae*) in Suider-Afrika, B.Sc (Hons.) (Plantkunde) verhandeling, Universiteit van Pretoria, Suid-Afrika

GOSSEL, T A (1983) Camphorated Oil, *U. S. Pharmacist*, **April**, 12–16

GRAVEN, E H, GARDNER, J B & TUTT, C L C (1986) Native South African Plants - A Possible Vehicle for Rural Development, In: *Progress in Essential Oil Research* (Ed. Brunke), Walter de Gruyter & Co., Berlyn, 237–248

GRAVEN, E H, WEBBER, L, BENIANS, G, VENTER, M & GARDNER, J B (1991) Effect of Soil Type and Nutrient Status on the Yield and Composition of Tagetes Oil (*Tagetes minuta* L.), *Journal of Essential Oil Research*, **3 (Sept/Oct)**, 303–307

GRAVEN, E H, WEBBER, L, VENTER, M & GARDNER, J B (1990) The Development of *Artemisia afra* (Jacq.) as a New Essential Oil Crop, *Journal of Essential Oil Research*, **2 (Sept/Oct)**, 215–220

GRIEVE, M (1967) *A Modern Herbal*, Volume II, Hafner Publishing, New York, p.486

GUERRERA, P M, LEPORATTI, M L, FODDAI, S, MORETTO, D & MERCANTINI, R (1995) Antimycotic Activity of the Essential Oil of *Lippia citriodora* Kunt (*Aloysia triphylla* Britton), *Rivista Italiana EPPOS*, **15**, 23–25

GUIMARD, B (1994) Des Micro-ondes Pour Extraire Les Huiles Essentielles, *L'Usine Nouvelle*, **No. 2474 (13 Octobre)**, 4

HAMPTON, M G (1992) Production of Black Tea, In: Tea: Cultivation to Consumption (Eds. Wilson & Clifford), Chapman & Hall, London, 459–511

HEDRICK, U P (1972) Sturtevant's Edible Plants of the World, Dover Publications, New York, p.338

HELSZAJN, J (1992) Microwave Engineering: Passive, Active and Non-Reciprocal Circuits, McGraw-Hill, London, pp. 132–133

HERTOG, M G L, FESKENS, E J M, HOLLMAN, P C H, KATAN, M B & KROMHOUT, D (1993) Dietary Antioxidant Flavonoids and Risk of Coronary Heart Disease: The Zutphen Elderly Study, The Lancet, **342 October 23**, 1007–1011

HEWITT, E J (1963) Enzymatic Enhancement of Flavor, Agricultural and Food Chemistry, **11 (1)**, 14–19

HORNOK, L (1986) Effect of Environmental Factors on the Production of Some Essential Oil Plants, In: Flavors and Fragrances: A World Perspective (Eds. Lawrence, Mookerjee & Willis), Elsevier, Amsterdam, 129–140

HUGHES, A D (1952) Improvements in the Field Distillation of Peppermint Oil, Bulletin no. 31, Engineering Experiment Station, Oregon State College, Corvallis, pp.1–64

HUTCHINGS, A (1996) Zulu Medicinal Plants: An Inventory, University of Natal Press, Pietermaritzburg, pp.262–263

HUXLEY, A, GRIFFITHS, M & LEVY, M (1992) Dictionary of Gardening, Volume 3 L to Q, Macmillan Press, London, p.94

International Standard ISO 212 (1973) Essential Oils - Sampling, pp.1–3

International Standard ISO 279 (1981) Essential Oils - Determination of Relative Density at 20°C (Reference Method), pp.1–2

International Standard ISO 280 (1976) Essential Oils - Determination of Refractive Index, pp.1–

International Standard ISO 356 (1996) Essential Oils - Preparation of Test Sample, pp.1–2

International Standard ISO 592 (1981) Essential Oils - Determination of Optical Rotation, pp.1–2

International Standard ISO 709 (1980) Essential Oils - Determination of Ester Value, pp.1–2

International Standard ISO 875 (1981) Essential Oils - Evaluation of Miscibility in Ethanol, pp.1–3

International Standard ISO 1041 (1973) Essential Oils - Determination of Freezing Point, pp.1–2

International Standard ISO 1241 (1996) Essential Oils - Determination of Ester Values, Before and After Acetylation, and Evaluation of the Contents of Free and Total Alcohols, pp.1–6

International Standard ISO 1242 (1973) Essential Oils - Determination of the Acid Value, pp.1–2

International Standard ISO 1271 (1983) Essential Oils - Determination of Carbonyl Value - Free Hydroxylamine Method, pp.1–3

International Standard ISO 1272 (1973) Essential Oils - Determination of Phenols Content, pp.1–2

JEAN, F I, COLLIN, G J & LORD, D (1992) Essential Oils and Microwave Extracts of Cultivated Plants, *Perfumer & Flavorist*, **17 (3)**, 35–41

JHA, P K & SINGH, N P (1979) Response of *Mentha spicata* L. (spearmint) to Different Levels of Nitrogen Application and Row Spacings, *Indian Perfumer*, **23 (2)**, 95–99

JONER, P E & DOMMARSNES, K (1983) Effects of Herbal and Ordinary Teas on the Mutagenicity of Benzo(a)pyrene in the Ames Test, *Acta Agriculturae Scandinavica*, **33 (1)**, 53–56

JOUBERT, E (1990) Chemical and Sensory Analyses of Spray- and Freezedried Extracts of Rooibos Tea (*Asphalathus linearis*), *International Journal of Food Science and Technology*, **25**

JOUBERT, E (1990) Effect of Batch Extraction Conditions on Extraction of Polyphenols from Rooibos Tea (*Aspalathus linearis*), International Journal of Food Science and Technology, **25** (3), 339–343

JOUBERT, E (1991) Instant Rooibos Tea, Food Review, **18** (5), 23–27

JOUBERT, E (1994) Processing of Rooibos Tea (*Aspalathus linearis*) Under Controlled Conditions, Ph.D (Food Science), University of Stellenbosch, South Africa

JOUBERT, E & DE VILLIERS, O T (1997) Effect of Fermentation and Drying Conditions on the Quality of Rooibos Tea, International Journal of Food Science and Technology, **32**, 127–134

JOUBERT, E & FERREIRA, D (1996) Antioxidants of Rooibos Tea - A Possible Explanation for its Health Promoting Properties ?, The SA Journal of Food Science and Nutrition, **8** (3) **September**, 79–83

JOUBERT, E & MULLER, R (1997) A Small-scale Rotary Fermentation Unit for Rooibos Tea, International Journal of Food Science and Technology, **32**, 135–139

JOUBERT, J (1998) Persoonlike kommunikasie met Prof. Johan Joubert, Departement Elektroniese Ingenieurswese, Universiteit van Pretoria

KANEDA, N, LEE, I S, GUPTA, M P, SOEJARTO, D D & KINGHORN, A D (1992) (+)-4 $\beta$ -Hydroxyhernandulcin, A New Sweet Sesquiterpene from the Leaves and Flowers of *Lippia dulcis*, Journal of Natural Products, **55** (8), 1136–1141

KARAWYA, M S, EL-WAKEIL, F A, HIFNAWY, M S, ISMAIL, F A & KHALIFA, M Y (1980) Study of Certain Factors Affecting Yield and Composition of Herb Parsley Essential Oil, Egyptian Journal of Pharmaceutical Sciences, **21** (1&2), 69–75



- KATIYAR, S K & MUKHTAR, H (1996) <sup>University of Pretoria etd</sup> Tea in Chemoprevention of Cancer: Epidemiologic and Experimental Studies (Review), *International Journal of Oncology*, **8**, 221–238
- KATSIOTIS, S T (1988) Study of Different Parameters Influencing the Composition of Hydrodistilled Sweet Fennel Oil, *Flavour and Fragrance Journal*, **4**, 221–224
- KAUL, P N, RAJESWARA RAO, B R, BHATTACHARYA, A K, MALLAVARAPU, G R & RAMESH, S L (1997) Changes in Chemical Composition of Rose-Scented Geranium (*Pelargonium* sp.) Oil during Storage, *Journal of Essential Oil Research*, **9 (Jan/Feb)**, 115–117
- KAWAKAMI, M, KOBAYASHI, A & KATOR, K (1993) Volatile Constituents of Rooibos Tea (*Asphalathus linearis*) as Affected by Extraction Process, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **41 (4)**, 633–636
- KERVEN, G L, DWYER, W, DURIYAPRAPAN, S & BRITTEN, E J (1980) A Semimicro Apparatus for Essential Oil Determination of Multiple Mint Samples by Steam Distillation, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **28 (1)**, 162–164
- KIM, H & GILBERT, S G (1989) Thermally Generated Volatile Compounds in Packaging Materials, In: *Thermal Generation of Aromas* (Eds. Parliment, McGorin & Ho), American Chemical Society, Washington DC, 396–404
- KINGSTON, H M & JASSIE, L B (1986) Microwave Energy for Acid Decomposition at Elevated Temperatures and Pressures Using Biological and Botanical Samples, *Analytical Chemistry*, **58 (12)**, 2534–2541
- KINGSTON, H M & JASSIE, L B (1988) *Introduction to Microwave Sample Preparation*, American Chemical Society, Washington DC, pp.234, 240
- KOEDAM, A (1982) The Influence of Some Distillation Conditions on Essential Oil Composition, In: *Aromatic Plants: Basic and Applied Aspects* (Eds. Margaris, Koedam & Vokou), Martinus Nijhoff Publishers, Den Haag, 229–236

KOKWARO, J O (Sine anno) Medicinal Plants of East Africa, East African Literature Bureau, Nairobi, p.223

KOTHARI, S K & SINGH, U B (1995) The Effect of Row Spacing and Nitrogen Fertilization on Scotch Spearmint (*Mentha gracilis* Sole), Journal of Essential Oil Research, **7 (May/June)**, 287–297

KOTZ, J C & PURCELL, K F (1987) Chemistry and Chemical Reactivity, CBS College Publishing, New York, pp.563–565

KOUMAGLO, K H, AKPAGANA, K, GLITHO, A I, GARNEAU, F X, GAGNON, H, JEAN, F I, MOUDACHIROU, M & ADDAE-MENSAH, I (1996) Geranial and Neral, Major Constituents of *Lippia multiflora* Moldenke Leaf Oil, Journal of Essential Oil Research, **8 (May/June)**, 237–240

LAGROTTERIA, M & LOZADA, C (1993) Medicinal and Aromatic Plants from Cordoba, Argentina; Their Commercial and Socio-Cultural Aspects, Acta Horticulturae, **330**, 101–106

LAMATY, G, MENUT, C, BESSIERE, J M, OUAMBA, J A & SILOU, T (1990) 2-Methyl-6-methylene-7-octen-4-one, a Constituent of *Lippia multiflora* Essential Oil, Phytochemistry, **29 (2)**, 521–522

LANDMAN, J J (1990) Die Ontwikkeling van 'n Deurlopende Mikrogolfoond, M.Ing (Landbou) verhandeling, Universiteit van Pretoria, Suid-Afrika

LAPLINSKAS, P (1993) Factors Affecting the Commercial Success of a Novel Crop, Acta Horticulturae, **333**, 73–79

LAWRENCE, B (1985a) A Review of the World Production of Essential Oils (1984), Perfumer & Flavorist, **10 Oct/Nov**, 2–16

LAWRENCE, B (1985b) Uncommon Essential Oils as Sources of Common Natural Aroma Chemicals, Perfumer & Flavorist, **10 Oct/Nov**, 45–58

LEMONS, T L G, MONTE, F J Q, MATOS, F J A, ALENCAR, J W, CRAVEIRO, A A, BARBOSA, R C S B & LIMA, E O (1992) Chemical Composition and Antimicrobial Activity

LENTZ, R R (1980) On the Microwave Heating of Saline Solutions, *Journal of Microwave Power*, **15** (2), 107–111

LI, Y, CRAKER, L E & POTTER, T (1996) Effect of Light Level on Essential Oil Production of Sage (*Salvia officinalis*) and Thyme (*Thymus vulgaris*), *Acta Horticulturae*, **426**, 419–426

LIAO, S Y (1990) *Microwave Devices and Circuits*, 3<sup>rd</sup> Edition, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, pp.102, 105–106, 113–114, 119, 125, 129, 133, 524, 529

LINDSTROM, T R & PARLIMENT, T H (1994) Microwave Volatilization of Aroma Compounds, In: *Thermally Generated Flavors* (Eds. Parliment, Morello & McGorin), American Chemical Society, Washington DC, 405–413

LORENZETTI, B B, SOUZA, G E P, SARTI, S J, FILHO, D S & FERREIRA, S H (1991) Myrcene Mimics the Peripheral Analgesic Activity of Lemongrass Tea, *Journal of Ethnopharmacology*, **34**, 43–48

MAFFEI, M (1988) Environmental Factors Affecting the Oil Composition of Some *Mentha* Species Grown in North West Italy, *Flavour and Fragrance Journal*, **3**, 79–84

MAFFEI, M & CODIGNOLA, A (1990) Photosynthesis, Photorespiration and Herbicide Effect on Terpene Production in Peppermint (*Mentha piperita* L.), *Journal of Essential Oil Research*, **2** (Nov/Dec), 275–286

MAHMOUD, A L E (1994) Antifungal Action and Antiaflatoxigenic Properties of Some Essential Oil Constituents, *Letters in Applied Microbiology*, **19**, 110–113

MAISCH, J M (1885) On Some Useful Plants of the Natural Order of *Verbenaceae*, *American Journal of Pharmacy*, **57**, 330–335

MALIZIA, R A, MOLLI, J S, GARDELL, D A & RETAMAR, J A (1996) Essential Oil of *Mentha citrata* Grown in Argentina. Variation in the Composition and Yield at Full- and Post-Flowering, *Journal of Essential Oil Research*, **8 (Jul/Aug)**, 347–349

MANS, C C & HATTINGH (1992) Evaluering van Permanente Grondbedekkers te Everdon-Landgoed, Natal, Suid-Afrikaanse Avokadokwekersvereniging Jaarboek, **15**, 94–96

MANTEIGA, R, PARK, D L & ALI, S S (1997) Risks Associated with Consumption of Herbal Teas, *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, **150**, 1–30

MARGINA, A & ZHELJAZKOV, V (1994) Control of Mint Rust (*Puccinia menthae* Pers.) on Mint with Fungicides and Their Effect on Essential Oil Content, *Journal of Essential Oil Research*, **6 (Nov/Dec)**, 607–615

MAROTTI, M & PICCAGLIA, R (1992) The Influence of Distillation Conditions on the Essential Oil Composition of Three Varieties of *Foeniculum vulgare* Mill., *Journal of Essential Oil Research*, **4 (Nov/Dec)**, 569–576

MAROTTI, M, PICCAGLIA, R, GIOVANELLI, E, DEANS, S G & EAGLESHAM, E (1994) Effects of Variety and Ontogenic Stage on the Essential Oil Composition and Biological Activity of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.), *Journal of Essential Oil Research*, **6 (Jan/Feb)**, 57–62

MAUREL, E C (1995) Les Micro-ondes Assistent L'extraction par Solvant, *Process*, **60 No. 1103 Mars**

McKAY, D W, SEVIOUR, J P, COMERFORD, A, VASDEV, S & MASSEY, L K (1995) Herbal Tea: An Alternative to Regular Tea for Those Who form Calcium Oxalate Stones, *Journal of the American Dietetic Association*, **95 (3)**, 360–361

McMURRAY, J (1988) *Organic Chemistry*, 2<sup>nd</sup> Edition, Brooks/Cole Publishing, Pacific Grove, pp.259–260

MENGAL, P, BEHN, D, GIL, M B & MOMPON, B (1993) VMHD: Extraction D'Huile Essentielle par Micro-ondes, *Parfums Cosmétiques Arômes*, **No. 114 (Decembre)**

MENGAL, P & MOLON, D (1997) Extraction et Synthèse Assistées par Micro-ondes, *Novelect Jonctions*, **No. 113 Fevrier**

- MENUT, C, LAMATY, G, SOHOUNHLOUE, D K, DANGOU, J & BESSIÈRE, J M (1995) Aromatic Plants of Tropical West Africa. III. Chemical Composition of Leaf Oil of *Lippia multiflora* Moldenke from Benin, Journal of Essential Oil Research, **7 (May/June)**, 331–333
- MEYER, B J, MEIJ, H S, GREY, S V, VAN PAPENDORP, D H, SEEGER, J C, LABUSCHAGNE, C J J, STEWART, R I, BROWN, J M M, MEYER, A C, THERON, J J, PITOUT, M J, SMIT, Z M & HAAG, M (1988) Die Fisiologiese Basis van Geneeskunde, 4<sup>de</sup> Uitgawe, Haum Uitgewery, Pretoria, pp. 3.4–3.5
- MING, L C (1996) Rooting of Cuttings of *Lippia alba* (Mill) N.E.Br. - *Verbenaceae*, Acta Horticulturae, **426**, 643–646
- MING, L C, FIGUEIREDO, R O, MACHADO, S R & ANDRADE, R M C (1996) Yield of Essential Oil of and Citral Content in Different Parts of Lemongrass Leaves (*Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf) *Poaceae*, Acta Horticulturae, **426**, 555–559
- MISRA, A (1995) Critical Manganese Levels for Japanese Mint (*Mentha arvensis* L. var. *piperascens* Malinv.) Grown in Nutrient Solution, Journal of Essential Oil Research, **7 (Jan/Feb)**, 57–62
- MISRA, A & SHARMA, S (1991) Critical Zn Concentration for Essential Oil Yield and Menthol Concentration of Japanese Mint, Fertilizer Research, **29**, 261–265
- MITSUI NORIN CO. (1995) Prophylactic Functions of Tea Polyphenols, Mitsui Norin Co. Food Research Laboratories, Fujieda City
- MOATES, G K & REYNOLDS, J (1991) Comparison of Rose Extracts Produced by Different Extraction Techniques, Journal of Essential Oil Research, **3 (Sept/Oct)**, 289–294
- MOORE, W R (1992) Herbal Tea Update in the U.S., Tea & Coffee Trade Journal, **164 (10)**, 30–32
- MURTAGH, G J & CURTIS, A (1991) Post-Harvest Retention of Oil in Tea Tree Foliage, Journal of Essential Oil Research, **3 (May/June)**, 179–184

MURTAGH, G J & ETHERINGTON, R J (1990) Variation in Oil Concentration and Economic Return from Tea Tree (*Melaleuca alternifolia* Cheel) Oil, Australian Journal of Experimental Agriculture, **30**, 675–679

MWANGI, J W, ADDAE MENSAH, I, MURIUKI, G, MUNAVU, R, LWANDE, W & HASSANALI, A (1992) Essential Oils of *Lippia* species in Kenya. IV: Maize weevil (*Sitophilus zeamais*) Repellancy and Larvicidal Activity, International Journal of Pharmacognosy, **30** (1), 9–16

MWANGI, J W, NJONGE, E W, ADDAE MENSAH, I, MUNAVU, R W & LWANDE, W (1994) Antimicrobial Activity of Essential Oil of *Lippia* species in Kenya, Discovery and Innovation, **6** (1), 58–60

NAIR, E V G, CHINNAMMA, N P & NAIR K C (1980) Optimization Studies on the Factors of Processing of Essential Oils, Indian Perfumer, **24** (2), 110–114

NAMIKI, M (1990) Antioxidants/Antimutagens in Food, Food Science and Nutrition, **29** (4), 273–300

NEDKOV, N K & GEORGIEV, G V (1991) A Study of Different Irrigation Practices Used for *Mentha piperita* in Bulgaria, Journal of Essential Oil Research, **3** (Nov/Dec), 435–440

NIEMAND, J G (1985) Is There a Remedy ?, Food Industries of South Africa, **38** (3) March, 3–9

NOAMESI, B K, ADEBAYO, G I & BAMGBOSE, S O A (1985a) Muscle Relaxant Properties of Aqueous Extract of *Lippia multiflora*, Planta Medica, **51**, 253–255

NOAMESI, B K, ADEBAYO, G I & BAMGBOSE, S O A (1985b) The Vascular Actions of Aqueous Extract of *Lippia multiflora*, Planta Medica, **51**, 256–258

NOUR EL-DIN, H, ABOU DAHAB, A M, DALALY, B K & EL-ANI, F (1976) Effect of Seasonal Variations on the Physical and Chemical Properties of Essential Oils in *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, Mesopotamia Journal of Agriculture, **11** (1), 17–24

NUNES, M J, CAMOES, M F & FOURNIER, J (1997) Analysis of Organophosphorus, Organochlorine and Pyrethroid Insecticides in Medicinal Plants, Chromatographia, **44** (9&10),

NYKÄNEN, L & NYKÄNEN, I (1987) The Effect of Drying on the Essential Oil of Some *Labiatae* Herbs Cultivated in Finland, In: Flavour Science and Technology (Eds. Martens, Dalen & Russwurm), John Wiley & Sons, Chichester, 83–88

ODEYEMI, O (1993) Insecticidal Properties of Certain Indigenous Plant Oils Against *Sitophilus zeamais* Mots., Applied Entomology and Phytopathology, **60 (1&2)**, 19–27

OHLSSON, T & RISMAN, P O (1978) Temperature Distribution of Microwave Heating - Spheres and Cylinders, Journal of Microwave Power, **13 (4)**, 303–309

PAEZ, A S & GALVIZ VALDEZ, C (1993) Canales y Margenes de Comercializacion de Oregano (*Lippia palmeri*) en el Sur de Sonora y Norte de Sinaloa, Revista Chipingo, **17 (81)**, 20–25

PALMER, E (1985) Kruie vir Huis en Tuin, Tafelberg Uitgewers, Kaapstad

PARE, J (1993) Microwave Assisted Generation of Volatiles, of Supercritical Fluid, and Apparatus Therefor, European Patent no. 93101943.4, assigned to the Minister of the Environment, Canada

PARE, J (1995) Microwave Assisted Extraction from Materials containing Organic Matter, U.S.A. Patent no. 5,458,897, assigned to the Minister of the Environment, Canada

PARE, J, BELANGER, J M R & STAFFORD, S S (1994) Microwave-Assisted Process (MAP<sup>TM</sup>): A New Tool for the Analytical Laboratory, Trends in Analytical Chemistry, **13 (4)**, 176–184

PARE, J, SIGOUIN, M & LAPOINTE, J (1991) Microwave Assisted Natural Products Extraction, U.S.A. Patent no. 5,002,784, assigned to the Minister of the Environment, Canada

PéLISSIER, Y, MARION, C, CASADEBAIG, J, MILHAU, M, KONE, D, LOUKOU, G, NANGA, Y & BESSIÈRE, J M (1994) A Chemical, Bacteriological, Toxicological and Clinical Study of the Essential Oil of *Lippia multiflora* Mold. (*Verbenaceae*), Journal of Essential Oil Research, **6 (Nov/Dec)**, 623–630

- PERRIN, A & COLSON, M (1991) <sup>University of Pretoria etd</sup> Timing of the Harvest Date for *Mentha x piperita* Based on Observations of the Floral Development, *Journal of Essential Oil Research*, **3 (Jan/Feb)**, 17–25
- PERRY, R H, GREEN, D & MALONEY, J O (1984) Perry's Chemical Engineers' Handbook, 6<sup>th</sup> Edition, McGraw-Hill, Singapore, pp. 3.127, 3.251–3.252
- PHYBIOTEX (1997) Phybiotex: Un Procédé Exclusif D'Extraction Micro-ondes, *Parfums Cosmetiques Actualités*, **No. 138 Decembre**, 48–49
- PICCAGLIA, R, MAROTTI, M & DELLACECCA, V (1997) Effect of Planting Density and Harvest Date on Yield and Chemical Composition of Sage Oil, *Journal of Essential Oil Research*, **9 (March/Apr)**, 187–191
- PICCAGLIA, R, MAROTTI, M & GALLETTI, G C (1989) Effect of Mineral Fertilizers on the Composition of *Salvia officinalis* Oil, *Journal of Essential Oil Research*, **1 (March/Apr)**, 73–83
- PINO, J A, BOROES, P, FUENTES, V, MARTINEZ, M A & ROSADO, A (1997) Produccion de Oregano en Cuba: Una Alternativa a la Importacion, *Alimentaria*, **No. 280**, 69–71
- PINO, J, HERNADEZ, I A & RONCAL, E (1990) Comparison of Isolation Procedures for Mexican Oregano (*Lippia graveolens*) Oil, *Nahrung*, **34 (9)**, 825–830
- PIPREK, S R K, GRAVEN, E H & WHITFIELD, P (1982) Some Potentially Important Indigenous Aromatic Plants for the Eastern Seaboard Areas of Southern Africa, In: *Aromatic Plants: Basic and Applied Aspects* (Eds. Margaris, Koedam & Vokou), Martinus Nijhoff Publishers, Den Haag, 255–263
- PORTER, N G & LAMMERINK, J P (1994) Effect of Temperature on the Relative Densities of Essential Oils and Water, *Journal of Essential Oil Research*, **6 (May/June)**, 269–277
- POWER, F B & TUTIN, F (1907) Chemical Examination of *Lippia scaberrima*, Sonder ("Beukess Boss"), *The American Journal of Pharmacy*, **79**, 449–462
- PRAKASA RAO, E V S & SINGH, M (1991) Long-term Studies on Yield and Quality of Java Citronella (*Cymbopogon winterianus* Jowitt) in Relation to Nitrogen Application, *Journal of Essential Oil Research*, **3 (Nov/Dec)**, 419–424



University of Pretoria etd  
PRAKASA RAO, E V S, SINGH, M, NARAYANA, M R & CHANDRA SEKHARA, G (1985)  
Effect of N, P and K Nutrition on Herb and Oil Yield of *Geranium*, *Indian Perfumer*, **29 (3&4)**,  
147–150

PROSETYA, H & DATTA, A (1991) Batch Microwave Heating of Liquids: An Experimental  
Study, *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, **26 (4)**, 215–226

PUTIEVSKY, E & RAVID, U (1981) Variations in Yield Parameters in a Wild Population of  
*Origanum vulgare* L., In: *Aromatic Plants: Basic and Applied Aspects* (Eds. Margaris, Koedam  
& Vokou), Martinus Nijhoff Publishers, Den Haag, 237–248

PUTIEVSKY, E, RAVID, U & DUDAI, N (1986) The Influence of Season and Harvest  
Frequency on Essential Oil and Herbal Yields from a Pure Clone of Sage (*Salvia officinalis*)  
Grown Under Cultivated Conditions, *Journal of Natural Products*, **49 (2)**, 326–329

PUTIEVSKY, E, RAVID, U & DUDAI, N (1990) The Effect of Water Stress on Yield  
Components and Essential Oil of *Pelargonium graveolens* L., *Journal of Essential Oil Research*,  
**2 (May/June)**, 111–114

RAJESWARA RAO, B R, SASTRY, K P, PRAKASA RAO, E V S & RAMESH, S I (1990)  
Variation in Yields and Quality of Geranium (*Pelargonium graveolens* L'Hér. ex Aiton) Under  
Varied Climatic and Fertility Conditions, *Journal of Essential Oil Research*, **2 (March/Apr)**, 73–  
79

RAJESWARA RAO, B R, SINGH, S P & PRAKASO RAO, E V S (1984) Effect of Row  
Spacings and Nitrogen Application on Biomass Yield, Essential Oil Concentration and Essential  
Oil Yield of Bergamot mint (*Mentha citrata* Ehrh.), *Indian Perfumer*, **28 (3&4)**, 150–152

RAJESWARA RAO, B R, SINGH, S P, PRAKASO RAO, E V S, CHANDRASEKHARA, G &  
RAMESH, S (1984) A Note on the Influence of Location, Season and Strain on *Eucalyptus*  
*citriodora* Hook. Oil, *Indian Perfumer*, **28 (3&4)**, 153–155

RAMASWAMI, R (1992) Herbals Dominate Specialty Tea Segment, *Tea & Coffee Trade*  
*Journal*, **164 (7)**, 32–36

RAMASWAMI, R (1993) Herbal Tea Packaging: A Slave to Fashion, *Tea & Coffee Trade*

RANDHAWA, G S, GILL, B S, SAINI, S S & SINGH, J (1996) Effect of Plant Spacings and Nitrogen Levels on the Seed Yield of Dillseed (*Anethum graveolens*), *Acta Horticulturae*, **426**, 623–628

RANDHAWA, G S & KAUR, S (1996) Optimization of Harvesting Time and Row Spacing for the Quality Oil in Japanese Mint (*Mentha arvensis*), *Acta Horticulturae*, **426**, 615–622

RAWLS, R (1996) Europe's Strong Herbal Brew, *Chemical and Engineering News*, September 23, 53–60

RETAMAR, J A, DELFINI, A A & ITURRASPE, J B (1981) Aceite Esencial de *Lippia integrifolia*, *Essenze e Derivati Agrumari*, **51**, 40–43

RICHMAN, D A (1983) FDA's Regulation of One "All Natural" Product: The Herbal Tea, *Food Drug Cosmetic Law Journal*, **38** (2), 155–176

RIDKER, P M (1989) Health Hazards of Unusual Herbal Teas, *American Family Physician*, **39** (5) May, 153–156

- University of Pretoria etd
- RISMAN, P O (1988) Microwave Properties of Water in the Temperature Range +3 to 140°C, *Electromagnetic Energy Reviews*, **1 (2)**, 3–5
- ROQUE, O R (1989) Seasonal Variation in Oil Composition of *Laurus nobilis* Grown in Portugal, *Journal of Essential Oil Research*, **1 (Jul/Aug)**, 199–200
- SASAKI, K, SHIMADA, A, HATAE, K & SHIMADA, A (1988) Influence of State of Mixing of the Sample on Total Absorbed Energy in Microwave Cooking, *Agricultural and Biological Chemistry*, **52 (9)**, 2273–2278
- SAUERWEIN, M & SHIMOMURA, K (1991) Secondary Metabolites in Green Hairy Root Cultures, *Planta Medica*, **57 (8)**, A10–A11
- SCHEFFER, J J C (1996) Various Methods for the Isolation of Essential Oils, *Phytotherapy Research*, **10**, s6–s7
- SCHIFFMANN, R F (1994) Critical Factors in Microwave-Generated Aromas, In: *Thermally Generated Flavors* (Eds. Parliment, Morello & McGorin), American Chemical Society, Washington DC, 386–394
- SCHWARZENBACH, R (1990) Microwave Stable Flavours - Development or Promotion ?, In: *Flavour Science and Technology* (Eds. Bessière & Thomas), John Wiley & Sons, Surrey, 281–296
- SCHWIMMER, S & WESTON, W J (1961) Enzymatic Development of Pyruvic Acid in Onion as Measure of Pungency, *Agricultural and Food Chemistry*, **9 (4)**, 301–304
- SEEGER, J A (1986) *Microwave Theory, Components, and Devices*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, pp.11–13, 16, 57, 59, 61, 63–64
- SHAHIDI, F, JANITHA, P K & WANASUNDARA, P D (1992) Phenolic Antioxidants, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **32 (1)**, 67–103

- SHARMA, S N & SINGH, A (1980) <sup>University of Pretoria etd</sup> Response of Japanese Mint to Nitrogen, Phosphorus and Potassium, *Indian Journal of Agronomy*, **25 (3)**, 428–432
- SILOU, T & OUAMBA, J M (1992) Evolution de la Teneur et de la Composition des Huiles Essentielles de *Lippia multiflora* en Fonction de la Periode de Recolte, *Revue de Medecines et Pharmacopees Africaines*, **6 (2)**, 103–108
- SILVA, O, FERREIRA, E, PATO, M V & GOMES, E (1997) Guinda,9 au's Plants: In vitro Susceptibility Studies on *Neisseria Gonorrhoeae*, *International Journal of Pharmacognosy*, **35 (5)**, 323–328
- SIMON, J E & REISS-BUBENHEIM, D (1992) Water-Stress Induced Alterations in Essential Oil Content and Composition of Sweet Basil, *Journal of Essential Oil Research*, **4 (Jan/Feb)**, 71–75
- SINGH, A K, NAQVI, A A & SINGH, K (1994) Effect of Hay Storage on Oil Yield and Quality in Three *Cymbopogon* Species (*C. winterianus*, *C. martinii* and *C. flexuosus*) during Different Harvesting Seasons, *Journal of Essential Oil Research*, **6 (May/June)**, 289–294
- SINGH, A K, SINGH, K, NAQVI, A A & THAKUR, R S (1990) Effect of Storage of Herb on the Quality and Yield of Oil in Mint Species, *Research and Industry*, **35 (March)**, 46–48
- SINGH, D V & RAM, M (1987) Effect of Spacing, Extent of Pruning, Growth Hormone and Nutrients on Flower Yield of Essential Oil Bearing Rose (*Rosa damascena*) in Subtropical India, *Acta Horticulturae*, **208**, 83–86
- SINGH, M, CHANDRASEKHARA, G D & PRAKASA RAO, E V S (1996) Oil and Herb Yield of Java Citronella (*Cymbopogon winterianus* Jowitt.) in Relation to Nitrogen and Irrigation Regimes, *Journal of Essential Oil Research*, **8 (Sept/Oct)**, 531–534
- SINGH, N, & LUTHRA, R (1988) Sucrose Metabolism and Essential Oil Accumulation during Lemongrass (*Cymbopogon flexuosus* Stapf.) Leaf Development, *Plant Science*, **57**, 127–133

SINGH, S P, MISHRA, M, RAO, G P, SINGH, M & UPADHYAYA, P P (1997) Efficacy of Essential Oils of Aromatic Angiosperms Against Plant Viruses, *Journal of Living World*, **4 (2)**, 39–44

SINGH, S P, RAO, G P & UPADHYAYA, P P (1998) Fungitoxicity of Essential Oils of Some Aromatic Plants Against Sugarcane Pathogens, *Sugar Cane*, **2**, 14–17

SKRUBIS, B G (1982) The Drying of Laurel Leaves, *Perfumer & Flavorist*, **7 (Oct/Nov)**, 37–40

SPIRO, M & CHEN, S S (1994) Kinetics of Solvent Extraction of Essential Oil from Rosemary Leaves, *Flavour and Fragrance Journal*, **9**, 187–200

STAROSCIK, J A & WILSON, A A (1982) Seasonal and Regional Variation in the Quantitative Composition of Cold-Pressed Lemon Oil from California and Arizona, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **30 (5)**, 835–837

STÖLLMAN, U (1990) Microwave Heating and Flavour Quality, In: *Flavour Science and Technology* (Eds. Bessière & Thomas), John Wiley & Sons, Surrey, 297–313

SURYAKALA, S & THAKUR, S S (1997) Natural Products as Insect Growth Regulators, *Indian Journal of Plant Protection*, **25 (2)**, 128–129

TAKASAKI, H & HUNT, K (1987) Further Medicinal Plant Consumption in Wild Chimpanzees?, *African Study Monographs*, **8 (2)**, 125–128

TAKEO, T (1992) Green and Semi-Fermented Teas, In: *Tea: Cultivation to Consumption* (Eds. Wilson & Clifford), Chapman & Hall, London, 413–457

TERBLANCHÉ, F C (1995) Die Ekstraksie en Medisinale Aktiwiteit van Essensiële Oliekomponente van *Lippia scaberrima* Sond., M.Ing (Chemies) verhandeling, Universiteit van Pretoria, Suid-Afrika

TERBLANCHÉ, F C & KORNELIUS, G (1996) Essential Oil Constituents of the Genus *Lippia* (*Verbenaceae*) - A Literature Review, *Journal of Essential Oil Research*, **8 (Sep/Oct)**, 471–485

TERBLANCHÉ, F C & KORNELIUS, G (2000) A Literature Survey of the Antibacterial Activity of Essential Oil Constituents, *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, **3 (1)**, 45–64

TERBLANCHÉ, F C, KORNELIUS, G, HASSETT, A J & ROHWER, E R (1998) Composition of the Essential Oil of *Lippia scaberrima* Sond. from South Africa, Journal of Essential Oil Research, **10 (Mar/Apr)**, 213–215

THACH, L N, ANH, T H, TRAM, H D, QUYEN, D N T, LOUPY, A, HAI, D H & TRAM, L Q (1996) Microwave Assisted Extraction Process of the Basil Oil (South Vietnam), Tap Chi Hoa Hoc, **34 (2)**, 94–98

THAPPA, R K, AGARWAL, S G, KALIA, N K & KAPOOR, R (1993) Changes in Chemical Composition of *Tagetes minuta* Oil at Various Stages of Flowering and Fruiting, Journal of Essential Oil Research, **5 (Jul/Aug)**, 375–379

THONNER, F R (1915) The Flowering Plants of Africa, Dulau & Co., London, p.468

TINGA, W R & NELSON, S O (1973) Dielectric Properties of Materials for Microwave Processing - Tabulated, Journal of Microwave Power, **8 (1)**, 23–65

URIBE-HERNANDEZ, C J, HURTADO-RAMOS, J B, OLMEDO-ARCEGA, E R & MARTINEZ-SOSA, M A (1992) The Essential Oil of *Lippia graveolens* H.B.K. from Jalisco, Mexico, Journal of Essential Oil Research, **4 (Nov/Dec)**, 647–649

USAI, M, PICCI, V & ARRAS, G (1996) Influence of Cultivar on the Composition of Lemon Peel Oil, Journal of Essential Oil Research, **8 (March/Apr)**, 149–158

VALENTIN, A, PÉLISSIER, Y, BENOIT, F, MARION, C, KONE, D, MALLIE, M, BASTIDE, J M & BESSIÉRE, J M (1995) Composition and Antimalarial Activity *in vitro* of Volatile Components of *Lippia multiflora*, Phytochemistry, **40 (5)**, 1439–1442

VAN DER RIET, B (1933) Essential Oils of Certain South African Plants, Journal of the Chemical, Metallurgical and Mining Society of South Africa, **34**, 78–85

VAN EIJK, T (1994) Flavor and Flavorings in Microwave Foods - An Overwiev, In: Thermally Generated Flavors (Eds. Parliment, Morello & McGorin), American Chemical Society, Washington DC, 395–404

VAN WIJK, Y (1986) The Practical Book of Herbs, Chameleon Press, Cape Town, pp.22, 125

VENSKUTONIS, R, GRAMSHAW, J W, DAPKEVICIUS, A & BARANAUSKIENE, M (1996) Composition of Volatile Constituents in Tarragon (*Artemisia dracunculus*) at Different Vegetative Periods, In: Flavour Science (Eds. Taylor & Mottram), The Royal Society of Chemistry, Bodmin, 46–51

VINSON, J A, DABBAGH, Y A, SERRY, M M & JANG, J (1995) Plant Flavonoids, Especially Tea Flavonols, are Powerful Antioxidants Using an *in Vitro* Oxidation Model for Heart Disease, Journal of Agricultural and Food Chemistry, **43 (11)**, 2800–2802

WATSON, V K & St. JOHN, J L (1955) Relation of Maturity and Curing of Peppermint Hay to Yield and Composition of Oil, Agricultural and Food Chemistry, **3 (12)**, 1033–1038

WATT, J M & BREYER-BRANDWIJK, M G (1962) The Medicinal and Poisonous Plants of Southern and Eastern Africa, 2<sup>nd</sup> Edition, E & S Livingstone, Edinburgh, pp.1051–1053

WEIZMAN, Z, ALKRINAWI, S, GOLDFARB, D & BITRAN, C (1993) Efficacy of Herbal Tea Preparation in Infantile Colic, The Journal of Pediatrics, **122 (4)**, 650–652

WHEELER, T R & ELLIS, R H (1992) Seed Quality and Seedling Emergence in Onion (*Allium cepa* L.), Journal of Horticultural Science, **67 (3)**, 319–332

WHISH, J P M (1996) A Flexible Distillation System for the Isolation of Essential Oils, Journal of Essential Oil Research, **8 (Jul/Aug)**, 405–410

WHISH, J P M & WILLIAMS, R R (1996) Effects of Post Harvest Drying on the Yield of Tea Tree Oil (*Melaleuca alternifolia*), Journal of Essential Oil Research, **8 (Jan/Feb)**, 47–51

University of Pretoria etd  
YEN, G & CHEN, H (1994) Comparison of Antimutagenic Effect of Various Tea Extracts (Green, Oolong, Pouchong, and Black Tea), *Journal of Food Protection*, **57 (1)**, 54–58

ZHELJAZKOV, V & JEKOV, D (1996) Heavy Metal Content in Some Essential Oils and Plant Extracts, *Acta Horticulturae*, **426**, 427–433

ZHELJAZKOV, V D & NIELSEN, N E (1996) Studies on the Effect of Heavy Metals (Cd, Pb, Cu, Mn, Zn and Fe) upon the Growth, Productivity and Quality of Lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) Production, *Journal of Essential Oil Research*, **8 (May/June)**, 259–274

ZLOTOZYNSKI, A (1995) The Application of Microwave Radiation to Analytical and Environmental Chemistry, *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, **25 (1)**, 43–76

ZRIRA, S S & BENJILALI, B B (1996) Seasonal Changes in the Volatile Oil and Cineole Contents of Five *Eucalyptus* Species Growing in Morocco, *Journal of Essential Oil Research*, **8 (Jan/Feb)**, 19–24

ZYGADLO, J A & GROSSO, N R (1995) Comparative Study of the Antifungal Activity of Essential Oils from Aromatic Plants Growing Wild in the Central Region of Argentina, *Flavour and Fragrance Journal*, **10 (2)**, 113–118

ZYGADLO, J A, GROSSO, N R, ABBURRA, R E & GUZMAN, C A (1990) Essential Oil Variation in *Tagetes minuta* Populations, *Biochemical Systematics and Ecology*, **18 (6)**, 405–407



**Bylaag A : Berekening van ekwivalente kwantumenergie van elektromagnetiese straling**

Die volgende verband geld tussen die frekwensie van elektromagnetiese straling en die energie-inhoud daarvan (Atkins, 1990):

$$h f = E_1 - E_2 \dots\dots\dots (A.1.)$$

In hierdie vgl. stel  $h$  Planck se konstante voor met 'n waarde van ca.  $6.62608 \times 10^{-34}$  J s. Die energievlak van UV-strale met 'n frekwensie van 3 PHz (oftewel  $3 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}$ ) is

$$(6.62608 \times 10^{-34}) (3 \times 10^{15}) = E_1 - E_2$$

oftewel  $E_1 - E_2 = 1.988 \times 10^{-18}$  J. Om die energiewaarde per mol te verkry word hierdie waarde vermenigvuldig met Avogadro se getal, nl.  $N_A = 6.02214 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ . Die resulterende antwoord is  $1.988 \times 10^{-18} \text{ J} (6.02214 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}) = 1.2 \times 10^6 \text{ J/mol}$  oftewel 1200 kJ/mol.

UV-straling by 'n frekwensie van 3 PHz se ekwivalente energievlak is gevolglik 1200 kJ/mol. Bg. stel berekeninge kan toegepas word op elektromagnetiese straling by enige gegewe frekwensie om 'n ekwivalente energievlak te bepaal.

Die hoeveelhede kamfer in *L. scaberrima* essensiële olies, bepaal volgens verskillende metodes en vanuit verskillende plantdele (Terblanché, 1995: 81•82), word getoon in Tabel B.1.

**Tabel B.1. : Hoeveelhede kamfer in *L. scaberrima* essensiële olies (Molpersentasies)**

<b>Plantdeel</b>	<b>Waterdistillasie (%)</b>	<b>Mikrogolfdistillasie (%)</b>
<i>Droë blomhofies</i>	3.088	0.310
<i>Vars blomhofies</i>	0.228	4.404
<i>Droë blaartjies</i>	3.291	5.747
<i>Vars blaartjies</i>	0.612	0.141

Die molekulêre massa van *L. scaberrima* olie kan nie bepaal word alvorens al die samestellende komponente daarvan geïdentifiseer is nie. Komponente reeds geïdentifiseer se molekulêre massas is o.a. kamfer (152.24 g/mol),  $\alpha$ - en  $\beta$ -pineen (136.24 g/mol), linaloöl (154.25 g/mol),  $\alpha$ -terpineol (154.25 g/mol), limoneen (136.24 g/mol), fellandreen (136.24 g/mol) en gamma-terpineen (136.24 g/mol) (Bauer, Garbe et al, 1988: 156, 166, 167, 170, 173). Hierdie oliekomponente verskaf 'n duidelike aanduiding van die orde-grootte van die molekulêre massa van *L. scaberrima* olie. Verder, omdat vlugtige essensiële oliemolekules almal vlugtig moet wees en olfaktoriese kwaliteit by kamertemperatuur moet besit per definisie, is die molekulêre massa reikwydte van die olies betreklik nou om vlugtigheid te verseker by kamertemperatuur. (Molekules fisies te groot en te swaar kan nie by voorkeur verdamp nie en sal nie as deel van die essensiële olie herwin kan word nie.) Die essensiële oliekomponente se molekulêre massas is van vergelykbare orde-grootte en dus kan, by benadering, molpersentasies van *L. scaberrima* essensiële olies as massapersentasies geneem word.

Die waardes in Tabel B.1. word vir die doel van die berekeninge wat volg derhalwe as massa-

persentasies geneem. Ooreenkomstige olie opbrengste vir die olies van Tabel B.1. word getoon in Tabel B.2. (Terblanché, 1995: 72•73).

**Tabel B.2. : Essensiële olie opbrengste vir olies genoem in Tabel B.1. (Massapersentasies)**

<i>Plantdeel</i>	<i>Waterdistillasie (%)</i>	<i>Mikrogolfdistillasie (%)</i>
<i>Droë blomhofies</i>	<i>1.34</i>	<i>0.7481</i>
<i>Vars blomhofies</i>	<i>0.606</i>	<i>0.3228</i>
<i>Droë blaartjies</i>	<i>0.195</i>	<i>0.2260</i>
<i>Vars blaartjies</i>	<i>0.355</i>	<i>0.1192</i>

Die hoeveelhede olies (t.o.v. Tabel B.1.) wat 50 mg kamfer daarin sal bevat, word getoon in Tabel B.3. Bv., 100 g watergedistilleerde droë blomhofie olie bevat 3.088 g kamfer en gevolglik sal 50 mg kamfer gevind word in  $100000 \times 50 \div 3088 = 1619.2$  mg olie. Die ander waardes is sg. bepaal. Die getalle in hakies verwys na die waardes in gram wat die waarskynlike dodelike dosisse van die essensiële olies aantoon vir 'n man van 70 kg; en wat dus  $70 \times 50 = 3.5$  g kamfer bevat.

**Tabel B.3. : Hoeveelhede *L. scaberrima* essensiële olies wat 50 mg kamfer bevat**

<i>Plantdeel</i>	<i>Waterdistillasie waardes (mg)</i>	<i>Mikrogolfdistillasie waardes (mg)</i>
<i>Droë blomhofies</i>	<i>1619 (113)</i>	<i>16129 (1129)</i>
<i>Vars blomhofies</i>	<i>21930 (1535)</i>	<i>1135 (79)</i>
<i>Droë blaartjies</i>	<i>1519 (106)</i>	<i>870 (61)</i>
<i>Vars blaartjies</i>	<i>8170 (572)</i>	<i>35461 (2482)</i>



Die waardes genoem in Tabel B.3. kan in verband gebring word met 'n sekere massa plantmateriaal deur gebruik te maak van die waardes van Tabel B.2. Dit word aangetoon in Tabel B.4. Bv., om 1.619 g olie te herwin vanuit lugdroë blomhofies, word  $100 \div 1.34 \times 1.619 = 120.8$

g plantmateriaal benodig. Die waardes tussen hakies verwys na die waardes in gram wat die waarskynlike dodelike dosisse van *L. scaberrima* plantmateriaal aantoon vir 'n man van 70 kg; en wat dus  $70 \times 50 = 3.5$  g kamfer bevat.

**Tabel B.4. : Hoeveelhede *L. scaberrima* plantmateriaal wat 50 mg kamfer bevat**

<b>Plantdeel</b>	<b>Hoeveelheid plantmateriaal (g) (Vanaf waterdistillasie waardes)</b>	<b>Hoeveelheid plantmateriaal (g) (Vanaf mikrogolfdistillasie waardes)</b>
<i>Droë blomhofies</i>	121 (8457)	2156 (150920)
<i>Vars blomhofies</i>	3619 (253317)	352 (24612)
<i>Droë blaartjies</i>	779 (54528)	385 (26947)
<i>Vars blaartjies</i>	2301 (161099)	29749 (2082441)

Nie waterdistillasie óf mikrogolfdistillasie as produksiemetode kan uitgesonder word as om selektief meer kamfer te herwin nie (volgens Tabel B.1.). Essensiële olie herwin vanuit droë blaartjies met watter metode ookal blyk die gevaarlikste te wees t.o.v. kamfer toksisiteit (volgens Tabel B.1.). T.o.v. die hoeveelheid plantmateriaal benodig vir kamfer toksisiteit blyk droë blomhofies weer die gevaarlikste (volgens Tabel B.4.).

Droë en vars plantmateriaal kan egter nie sonder meer vergelyk word nie (soos getoon in Bylaag D) omrede die plantmateriaalvoghinhoud verminder vanaf ca. 77 % (vars) tot 12 % (lugdroog) tydens progressiewe droging en die gepaardgaande massaveranderinge resultate wesenlik beïnvloed.

**Tabel C.1. : Plante wat kommersieel belangrike geneesmiddels lewer**

<b>Plant</b>	<b>Komponent/werkingsklas</b>	<b>Geneesmiddel</b>
Dioscorea sp. ( <i>Meksikaanse broodwortel</i> )	<i>Steroïedhormone (95% vanaf diosgenien)</i>	<i>Orale kontrasepsie, kortikosteroïde, mineralokortikoïede, anaboliese steroïede</i>
Digitalis purpureae, D. lanata ( <i>Vingerhoedkruid</i> )	<i>Digitalis glikosiede nl. digoksien, digitoksien</i>	<i>Kardiotoniese glikosiede</i>
Atropa belladonna, Datura stramonium	<i>Belladonna alkaloiëde nl. atropien, skopolamien en hiossien</i>	<i>Parasimpatolitika</i>
Papaver somniferum ( <i>Opium papawer</i> )	<i>Opium alkaloiëde nl. kodeïen, morfien</i>	<i>Analgetika (Opiate)</i>
Rauvolfia serpentina	<i>Reserpien</i>	<i>Antihipertensiewe en psigotrope middels</i>
Cantharanthus roseus ( <i>Madagaskar maagdepalm</i> )	<i>Vinchristien, vinblastien</i>	<i>Antikanker agense</i>
Physostigma venenosum ( <i>Kalabar boontjie</i> )	<i>Fisostigmien</i>	<i>Parasimpatomimetika</i>
Pilocarpus sp.	<i>Pilokarpien</i>	<i>Parasimpatomimetika</i>
Cinchona sp.	<i>Kinien, kinidien</i>	<i>Anti-aritmiese en antimalariale agense</i>
Colchicum autumnale ( <i>Herfs krokus</i> )	<i>Kolgisien</i>	<i>Anti-jig agens</i>
Erythroxyton coca	<i>Kokaiën</i>	<i>Lokaalverdower</i>
Strychnos sp., Chondodendron tomentosum	<i>Kurare (d-tubokurarien)</i>	<i>Skeletspier verslapper</i>

**Bylaag C : Voorbeelde van plante wat kommersieel belangrike geneesmiddels lewer (Balandrin, Klocke et al, 1985)**

**Tabel C.1. : Plante wat kommersieel belangrike geneesmiddels lewer**

<b>Plant</b>	<b>Komponent/werkingsklas</b>	<b>Geneesmiddel</b>
Dioscorea sp. (Meksikaanse broodwortel)	Steroïedhormone (95% vanaf diosgenien)	Orale kontrasepsie, kortikosteroïede, mineralokortikoïede, anaboliese steroïede
Digitalis purpureae, D. lanata (Vingerhoedkruid)	Digitalis glikosiede nl. digoksien, digitoksien	Kardiotoniese glikosiede
Atropa belladonna, Datura stramonium	Belladonna alkaloiëde nl. atropien, skopolamien en hiossien	Parasimpatolitika
Papaver somniferum (Opium papawer)	Opium alkaloiëde nl. kodeïen, morfien	Analgetika (Opiate)
Rauvolfia serpentina	Reserpien	Antihipertensiewe en psigotrope middels
Cantharanthus roseus (Madagaskar maagdepalm)	Vinchristien, vinblastien	Antikanker agense
Physostigma venenosum (Kalabar boontjie)	Fisostigmien	Parasimpatomimetika
Pilocarpus sp.	Pilokarpien	Parasimpatomimetika
Cinchona sp.	Kinien, kinidien	Anti-aritmiese en antimalariale agense
Colchicum autumnale (Herfs krokus)	Kolgisien	Anti-jig agens
Erythroxyton coca	Kokaïen	Lokaalverdower
Strychnos sp., Chondodendron tomentosum	Kurare (d-tubokurarien)	Skeletspier verslapper

**Bylaag D : Verwerking van literatuur olie opbrengste verkry by verskillende voghoudswaardes**

Die hoeveelhede plantmateriaal wat ondersoek is by die verskillende plantmateriaal voghoudswaardes tydens water- en mikrogolfdistillasie (Terblanché, 1995) word getoon in Tabel D.1.

**Tabel D.1. : Hoeveelhede plantmateriaal ondersoek**

<i>Plantmateriaal</i>	<i>Voghoud (%)</i>	<i>Hoeveelheid materiaal (g)<sup>1</sup></i>	<i>Hoeveelheid materiaal (g)<sup>2</sup></i>
<i>Droë blare</i>	9.2	397.7	127.0
<i>Droë blomhofies</i>	9.8	200.4	200.1
<i>Vars blare</i>	69.7	400.1	440.4
<i>Vars blomhofies</i>	61.4	400.2	400.9

*Nota: Boskrif (1) verwys na waterdistillasie en boskrif (2) na mikrogolfdistillasie.*

*Bg. hoeveelhede plantmateriaal kan elkeen in verband gebring word met 'n sekere massa*

**Tabel D.2. : Ooreenstemmende hoeveelhede droë plantmateriaal**

<i>Plantmateriaal</i>	<i>Droë materiaal (g) (Waterdistillasie)</i>	<i>Droë materiaal (g) (Mikrogolfdistillasie)</i>
<i>Droë blare</i>	361.1	115.3
<i>Droë blomhofies</i>	180.8	180.5
<i>Vars blare</i>	121.2	133.4
<i>Vars blomhofies</i>	154.5	154.7



plantmateriaal wat oor geen voginhoud sal beskik nie maar in ooreenstemming is met die hoeveelheid materiaal en voginhoud in Tabel D.1. genoteer. Hierdie ooreenstemmende massas verteenwoordig die totale hoeveelhede droë plantmateriaal wat aanwesig was en word weergegee in Tabel D.2. Die hoeveelhede olie wat herwin is vanuit hierdie plantmateriaal (Terblanché, 1995) word verskaf in Tabel D.3.

**Tabel D.3. : Hoeveelhede olie herwin**

<i>Plantmateriaal</i>	<i>Olie verkry (g) (Waterdistillasie)</i>	<i>Olie verkry (g) (Mikrogolfdistillasie)</i>
<i>Droë blare</i>	0.77	0.29
<i>Droë blomhofies</i>	2.69	1.50
<i>Vars blare</i>	1.42	0.53
<i>Vars blomhofies</i>	2.42	1.29

Vergelykbare olie opbrengswaardes word verkry deur die waardes van Tabel D.3. te deel deur die ooreenstemmende hoeveelhede droë plantmateriaal waaruit dit verkry is (soos getoon in Tabel D.2.) Die olie opbrengste só bereken word getoon in Tabel D.4.

**Tabel D.4. : Vergelykbare olie opbrengswaardes**

<i>Plantmateriaal</i>	<i>Olie opbrengs (%) (Waterdistillasie)</i>	<i>Olie opbrengs (%) (Mikrogolfdistillasie)</i>
<i>Droë blare</i>	0.21	0.25
<i>Droë blomhofies</i>	1.49	0.83
<i>Vars blare</i>	1.17	0.40
<i>Vars blomhofies</i>	1.57	0.83

**Enkelladingsmikrogolfdestillasie veranderlikes ondersoek**

**Tabel A.1. : Effek van tydsduur van irradiasie op opbrengs**

<i><b>Totale irradiasietyd (min)</b></i>	<i><b>Olie verkry (g)</b></i>	<i><b>% Olie opbrengs (g olie/g plant)</b></i>
6	0.72	0.36
9	1.40	0.70
12	1.65	0.83
15	1.73	0.87
18	1.86	0.93
21	1.95	0.98
24	2.59	1.30

**Tabel A.2. : Effek van verhouding water tot plantmateriaal gebruik op opbrengs**

<i><b>Water/Plantmateriaal (ml/g)</b></i>	<i><b>Olie verkry (g)</b></i>	<i><b>% Olie opbrengs (g olie/g plant)</b></i>
1.25	1.16	0.58
1.875	1.82	0.91
2.25	1.87	0.94
2.75	2.24	1.12
3.125	1.92	0.96

**Tabel A.3. : Effek van voginhoud op opbrengs**

<b>Vog (%)</b>	<b>Droë materiaal<sup>1</sup> (g)</b>	<b>Olie verkry (g)</b>	<b>% Olie opbrengs<sup>2</sup> (g olie/g plant)</b>
12	176	1.63	0.93 (0.82)
24	152	1.04	0.68 (0.52)
51	98	0.67	0.68 (0.34)
77	46	0.36	0.78 (0.18)

*Notas: (1) Vir elke eksperimentele datapunt is 200 g plantmateriaal met 'n bepaalde voginhoud gebruik. Die hoeveelhede droë plantmateriaal gelys in kolom twee stem ooreen met hierdie 200 g plantmateriaal en is verkry deur die voginhoudspersentasies van kolom een in berekening te bring.*

*(2) Die persentasies olie opbrengste tussen hakies in kolom vier verteenwoordig die opbrengs uitgedruk as 200 g plantmateriaal beskou word. Die persentasies olie opbrengste in kolom vier sonder hakies is die olie opbrengs uitgedruk i.t.v. die droë plantmateriaalmassas gelys in kolom twee.*

**Tabel A.4. : Effek van hersirkulasiewater op opbrengs**

<b><i>Hersirkulasiewater gebruik (%)</i></b>	<b><i>Olie verkry (g)</i></b>	<b><i>% Olie opbrengs (g olie/g plant)</i></b>
0	1.77	0.89
10	1.90	0.95
20	2.24	1.12
30	2.41	1.21
40	2.41	1.21
50	2.50	1.25
60	2.66	1.33
70	2.78	1.39
80	3.26	1.63
90	3.28	1.64
100	3.54	1.77

**Tabel A.5. : Effek van verdelingsgraad op opbrengs**

<b><i>Verdelingsgraad (mm)</i></b>	<b><i>Olie verkry (g)</i></b>	<b><i>% Olie opbrengs (g olie/g plant)</i></b>
<i>Heel materiaal</i>	1.76	0.88
<i>4 tot 10</i>	1.97	0.99
<i>1.4 tot 4</i>	2.08	1.04
<i>1 tot 1.4</i>	2.13	1.07
<i>kleiner as 1</i>	2.46	1.23

