

EKSPERIMEN DAN MODEL EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI DENGAN BAHAN *CYMBOPOGON SP.* MENGGUNAKAN HIDROSTEAM DISTILLATION

Zuhdi Ma'sum¹⁾, Pramono Sasongko²⁾

¹⁾Program studi Teknik Kimia, ²⁾Program studi Teknologi Industri Pertanian

Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang

Zuhdimasum49@gmail.com, Pramono.sasongko@gmail.com

ABSTRACT

This work has as objective to modeled time extraction and yield of the citronella oil extraction processes from stems by hydrosteam distillation. The process variables evaluated in this study were extraction time, and material weight. The yield is calculated from the relation between mass essential oil obtained and the raw material mass used in the extraction and the quantitative and qualitative analyses of the oils were performed by capillary GC/MS. The experimental condition for the maximum yield, 0.36 %, is the following one: extraction time, 4 h, natural plant. The modeling of these results is proposed from the description of the mass transfer from a single plate particle. Yield curves for all studied conditions were fairly well fitted using one adjustable parameter of the model and the experimental monitoring of oil composition as function of extraction time was realized in laboratory steam distillation apparatus and compared with industrial scale results.

Key Words : *Cymbopogon Sp.*, *hidrosteam distillasi*, *modeling*, *eksperiment*, *extraction*

PENDAHULUAN

Essential Oil merupakan produk yang telah dikenal luas dan telah menjadi bagian dalam kehidupan sehari-hari. Produk ini telah diolah dan dipergunakan untuk menghasilkan produk makanan, bahan kosmetik dan obat, produk kebersihan rumah dan tembakau. Pada perkembangan terakhir penggunaan Essential Oil telah dikembangkan pada produk antijamur, anti mikroba dan penolak serangga. Dengan potensi yang demikian besar maka Essential Oil sumber produk alami yang memiliki nilai potensial ekonomi yang tinggi pada perdagangan.

Essential Oil yang lebih kita kenal dengan minyak atsiri didapatkan dengan cara mengekstrak tanaman beraroma. Salah satu tanaman beraroma yang dikenal sejak jaman dahulu dan memiliki banyak spesies adalah *Cymbopogon* atau lebih dikenal

dimasyarakat sebagai tanaman serai. Pada umumnya bagian yang diekstrak pada *cymbopogon* adalah daun dan bagian bawah tanaman. Hal ini disebabkan karena minyak atsiri yang di dapatkan pada bagian ini memiliki nilai komersial yang tinggi di pasar global. Spesies *cymbopogon* memiliki potensi yang besar dalam menghasilkan minyak atsiri yang berkualitas. Beberapa spesies cymbopogon yang kita kenal di wilayah asia adalah *C. Winteratus*, *C.nardus* (Citronella), *C. flexousus* (lemongrass), *C.Citratus*, dan *C.Martinii var.motia* (palmarosa). Hasil ekstraksi pada *C.Winteratus*, *C.nardus* (Citronella) adalah Citronella Oil dimana pada minyak ini terdapat kandungan citronellol, citronellal, dan geraniol. Komponen utama dari hasil ekstraksi *C.flexousus* (lemongrass), dan *C.Citratus* adalah citral. Sedangkan pada *C.Martinii*

var.motia komponen utama yang dihasilkan adalah geraniol.

Penyulingan minyak serai dapur "*lemongrass oil*" secara umum dilakukan dengan metode konvensional. Ekstraksi secara konvensional memerlukan energi yang besar, pelarut dalam jumlah yang banyak, dan waktu ekstraksi yang cukup lama. Penyulingan minyak atsiri pada proses tradisional dilakukan untuk mendapatkan minyak atsiri dari batang. Walaupun metode tradisional kurang efisien namun metode ini tergolong murah bila dibandingkan dengan metode berteknologi maju sebagai ekstraksi fluida superkritis.

Pengembangan model untuk memprediksi hasil sebelum proses ekstraksi dilakukan sangat penting untuk dilakukan guna meningkatkan efisiensi proses. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk pengembangan permodelan ekstraksi. Permodelan dibutuhkan untuk memprediksi hasil minyak atsiri yang di dapatkan dari ekstraksi sebelum dilakukan proses ekstraksi. Pemodelan matematika dari destilasi uap diperlukan untuk merancang pabrik industri dengan kondisi operasional yang baik .

METODE PENELITIAN

Dalam literatur dan penelitian terdahulu ekstraksi minyak dengan uap dan destilasi air [16] menunjukkan hasil mereka dalam hal model teori steady - state ekstraksi. Spiro dan Selwood menyajikan pengaruh ukuran partikel pada koefisien difusi kafein dalam biji kopi partikel sebesar $10^{-11} \text{m}^2/\text{s}$. Pada penelitian lanjutan [24] mempelajari hidrodinamika yang aspek kinetika pada mekanisme kafein infus dari biji kopi. Besaran coefficient difusi dari kafein didapatkan pada nilai $2 \times 10^{-11} \text{m}^2/\text{s}$. Kinetika dari ekstraksi dari ginger rhizome

dari dichloromethane, ethanol, 2-propanol dan campuran aceton-air dianalisa [25]. Dalam permodelan yang dikembangkan spiro didapatkan fase cepat di awal proses ekstraksi dan terjadi perlambatan dari pertengahan proses dan cenderung stagnan hingga akhir proses dengan perbedaan koefisien difusi pada setiap bagian. Pada proses difusi lambat didapatkan koefisien difusi larutan memasuki partikel pada interval 10^{-13} hingga $10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$ dan pada proses difusi cepat koefisien difusi larutan terjadi pada interval 10^{-13} hingga $10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$. Benyoussef [26] menggambarkan permodelan minyak esensial ketumbar dengan destilasi uap menggunakan dua model difusional : yang pertama hanya memperhitungkan waktu difusi , dalam kedua tambahan model pada proses perpindahan. Dalam penelitian ini permodelan matematika dilakukan dengan menggunakan model berdasarkan mekanisme difusi yang berkaitan dengan perpindahan massa.

Experiments

Minyak atsiri yang diekstrak menggunakan batang tanaman yang ditanam dan dikumpulkan dari perkebunan Universitas Tribhuwana Tungadewi di Malang Jawa Timur. Penelitian ini dilakukan pada skala relatif besar. Ekstraksi dilakukan dengan perbandingan jumlah tanaman diekstrak dan waktu ekstraksi. Jumlah tanaman yang diekstrak yaitu 5kg, 10kg dan 15kg masing masing dengan perbandingan waktu proses 4jam dan 6jam.

Mathematical Modeling

Dalam penelitian ini pengendalian proses dilakukan pada tahap difusi partikel pada bahan baku. Permodelan matematis dilakukan menggunakan hukum Fick's pada

kondisi tetap untuk satu dimensi pada geometri tabung dengan asumsi bahwa pada kondisi awal konsentrasi minyak atsiri seragam pada semua bahan baku. Formulasi matematis dinyatakan sebagai :

$$\frac{\partial^2 c_A}{\partial x^2} = \frac{1}{D} \frac{\partial c_A}{\partial t} \quad (1)$$

pada $0 \leq x \leq L$, dengan kondisi awal $C_A = C_{A0}$ pada $t = 0$

Kondisi batas ditentukan dengan : $C_A = 0$ pada $x = 0$ dan $C_A = 0$ pada $x = L$ dimana L adalah ketebalan dan D adalah koefisien difusi. Persamaan diatas menggunakan Sturn Liouville dan pemisahan variabel seperti pada penelitian sebelumnya [28] maka di dapatkan :

$$C_A(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4C_{A0}}{n\pi} \text{sen}(\beta_{nx}) e^{-D\beta_n^2 t} \quad (2)$$

Dimana $\beta_n = \frac{n\pi}{L}$ dengan $n = 1.2.3....$

Laju alir massa sebagai fungsi waktu dinyatakan oleh laju alir massa pada kondisi batas dikalikan dengan area permukaan normal dan menghasilkan :

$$\dot{m}_A(t) = \frac{4C_{A0}DA}{L} \sum_{n=1}^{\infty} e^{-D\beta_n^2 t} \quad (3)$$

Kelarutan minyak terekstrak dalam larutan dinyatakan dengan :

$$\dot{m}_A(t) = \frac{8m_{A0}}{\pi^2} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\left(1 - e^{-\frac{(2m+1)^2 \pi^2 D t}{L^2}}\right)}{(2m+1)^2} \quad (4)$$

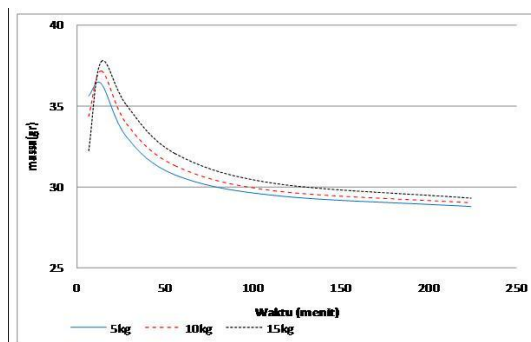
Derajat ekstraksi dinyatakan dengan :

$$e(t) = \frac{\dot{m}_A(t)}{\dot{m}_A(\infty)} = \frac{\sum_{m=0}^{\infty} \frac{\left(1 - e^{-\frac{(2m+1)^2 \pi^2 D t}{L^2}}\right)}{(2m+1)^2}}{\sum_{m=0}^{\infty} \frac{1}{(2m+1)^2}} \quad (5)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Minyak Atsiri

Komposisi minyak atsiri yang dihasilkan dari ekstraksi ini analisa menggunakan GC_MS. Total komponen yang didapatkan dari penelitian adalah 54 komponen (gambar 1). Hasil ini lebih sedikit dibandingkan data sebelumnya [29] yang menunjukkan terdapat 158 komponen yang didapatkan dari berbagai penelitian. Hal ini terjadi karena komponen yang terdapat pada setiap tanaman *cymbopogon sp.* di tiap negara secara alami akan memiliki komposisi yang berbeda. Namun demikian komposisi utama dari minyak atsiri *cymbopogon sp.* seperti citral, linalool dan geraniol berhasil terdeteksi. Citral terdeteksi pada retention time 24.79 (45.01%) geraniol dan linalool masing-masing pada retention time 23.83 (20.87%) dan 14.89(1.65%). Nilai geraniol dan linalool cukup rendah sehingga secara komersial kurang menguntungkan. Sebaliknya nilai citral cukup tinggi untuk diperhitungkan sebagai produk komersial. Hasil analisa menggunakan GC-MS minyak atsiri yang diekstrak pada peralatan destilasi uap dan data dari hasil percobaan ditunjukkan pada Gambar 1



Gambar 1. Grafik modeling ekstraksi minyak atsiri dengan bahan batang cumbopogon sp pada kapasitas 5kg, 10kg dan 15kg.

Yields ekstraksi

Yields dihitung dari perbandingan antara massa minyak atsiri yang dihasilkan dan massa bahan baku ekstraksi. Pada penelitian ini di dapatkan minyak kekuningan dari sampel seberat 5kg, 10kg dan 15kg dengan yields masing-masing 0.36%, 0.30% dan 0.27% pada proses 4 jam ekstraksi. Pada proses ekstraksi selama 6 jam dengan berat sampel yang sama didapatkan yields masing-masing 0.31%, 0.30% dan 0.26%. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti terdahulu yang menyatakan bahwa yields yang di dapatkan dari proses ekstraksi hidro_steam distillation antara 0.28% sampai 1.4% [17 – 22]. Perbandingan yields antara waktu proses 4 jam dan 6 jam tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Dengan mempertimbangkan efektifitas proses dan efisiensi energy maka waktu 4 jam dipilih menjadi proses terbaik. Hasil ini menunjukkan hasil yang sama untuk proses pada skala laboratorium yakni lama waktu proses sampai seluruh minyak terekstrak adalah selama 4 jam [30].

Namun perbandingan yields menunjukkan perbedaan yang signifikan. Hal ini terjadi karena yields minyak tidak hanya dipengaruhi oleh varietas suatu tanaman, tetapi juga perolehan minyak secara total dapat dipengaruhi oleh pertumbuhan tanaman itu sendiri. Varietas tanaman yang ditanam pada lahan di penelitian ini kurang bisa dimanfaatkan secara komersial. Keadaan ini dipengaruhi pula dengan penanaman yang dilakukan pada lahan, tidak dilakukan perlakuan khusus melainkan tumbuh secara alami.

Permodelan dan eksperimen

Kurva yield yang dibuat pada penelitian 0,04 kg sampel [30] didapat

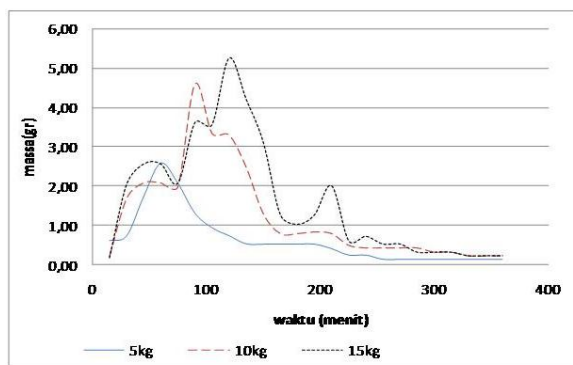
seperti pada model difusi digunakan persamaan 5 dan hasil terbaik didapatkan pada $1.60 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$. Perhitungan model menggunakan metode Nelder - Mead Simplex [28] dan model dilakukan menggunakan MATLAB versi 6. Model dibuat untuk menentukan kesesuaian kurva model dan eksperimen.

Dengan menggunakan metode yang sama namun pada skala yang lebih besar, penelitian ini menghasilkan hasil yang cukup baik. Pada kurva model (gambar 2) terlihat grafik yang mewakili tiga berat sampel yaitu 5kg, 10kg, 15kg. Model kurva pada grafik gambar 2 menunjukkan prediksi pada 3 fase yaitu fase awal, fase menanjak dan fase landai.

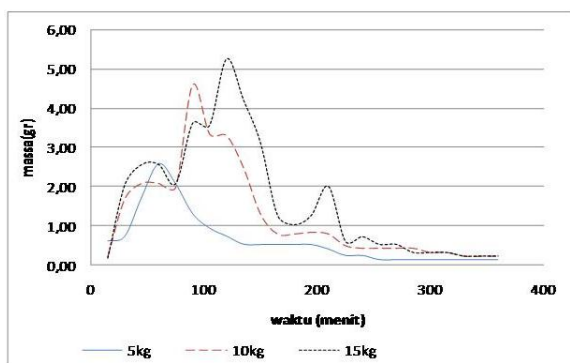
Fase awal yang dimaksud dalam hal ini adalah saat tetesan destilat mengandung minyak keluar dari kondensor. Pada fase awal, model memprediksi tidak ada perbedaan pada ketiga berat bahan terhadap waktu namun terdapat perbedaan dalam yields. Model memprediksi yields pada fase awal akan mengikuti semakin banyak jumlah sampel akan menghasilkan yields lebih sedikit.

Hal ini terjadi karena semakin banyak sampel maka steam akan melewati tumpukan yang semakin tinggi. Kondisi ini menyebabkan hanya sebagian kecil steam yang mengandung minyak akan terkondensasi sehingga pada kondisi sampel yang banyak akan menghasilkan yields lebih sedikit. Pada fase menanjak, model memprediksi ada perbedaan pada ketiga berat bahan terhadap waktu dalam yields. Fase menanjak yang dimaksud pada uraian ini adalah fase dimana jumlah minyak atsiri yang dihasilkan meningkat cepat sampai dengan jumlah terbanyak minyak atsiri terekstrak. Model memprediksi adanya pergeseran puncak kurva yields terhadap

waktu. Hal ini berkebalikan dengan fase awal dimana jumlah minyak yang dihasilkan lebih banyak untuk sampel yang lebih besar. Kondisi ini terjadi karena semakin banyak steam terdorong keluar seiring dengan tekanan uap yang semakin meningkat. Sebagian besar steam yang mengandung minyak akan terkondensasi sehingga pada kondisi sampel yang banyak akan menghasilkan yields lebih banyak. Fase ketiga adalah fase melandai. Fase melandai yang dimaksud pada uraian ini adalah fase dimana minyak yang terekstrak semakin berkurang sampai tidak dapat lagi diukur. Model memprediksi fase melandai terjadi hingga menit ke 240.



Gambar 3. Grafik hasil ekstraksi minyak atsiri dengan bahan batang cumbopogon sp pada kapasitas 5kg, 10 kg dan 15kg, dengan waktu ekstraksi 360 menit



Gambar 4. Grafik hasil ekstraksi minyak atsiri dengan bahan batang cumbopogon sp pada kapasitas 5kg, 10kg dan 15kg, dengan waktu ekstraksi 360 menit

Tabel 1. komposisi minyak atsiri dari batang cymbopogon sp pada ekstraksi menggunakan metode hidrosteam distillation

No	Retention Time	Component	Relative Amount (%)
		Stem	
1	6.301	α -pinene	0,280
2	6.806	camphene	0,706
3	8.503	6-methyl-5-hepten-2-one	0,542
4	14.295	linalool L	0,737
5	22.250	6-okten-1-ol 3,7-dimethyl	0,466
6	23.823	z citral	13,600
7	23.832	geraniol	1,048
8	24.795	e-citral	20,877
9	25.055	butanoic acid	1,139
10	25.376	1,2-diazetidin-3-one	0,683
11	25.980	4-pluorophenylhydrazine	0,314
12	26.774	2,6 octadien-1-ol 3,7-dimethyl	0,291
13	28.692	octanenitrile	0,448
14	29.609	bomeol	0,306
15	30.358	geranic acid	1,118
16	30.427	5-dihidritiophene	0,240
17	30.916	β elemene,geraniol acetat	0,457
18	31.474	nepetalactone	0,492
19	32.620	2-norpinene	0,544
20	34.111	β selinene	0,745
21	34.393	benzenemetamine	0,277
22	34.508	valence	0,292
23	34.668	9a-menthano-1-benzosephine	0,902
24	34.798	benzene	0,212
25	35.096	γ cadinene	1,586
26	35.410	Δ cadinene	0,680
27	36.166	cyclohexanemethanol	0,422
28	36.678	2,6-dimethoxytoluene	0,243
29	36.770	toluene,2,6-dimetoksi	0,377
30	36.984	caryophyllene oxide	0,519
31	37.122	rosifoliol	0,296
32	37.672	2-naphthalenemethanol	2,524
33	38.000	Selina-6-en-4-ol	16,219
34	38.390	ethanone	1,909
35	38.596	α cadinol	4,208
36	38.711	copaene	0,782
37	38.917	α cadinol	12,030
38	39.628	tetrahidroionone	0,280
39	40.001	(Z,E)-farnesal	0,526
40	40.331	5-hepten-3-yn-2-ol	0,884
41	40.606	2-burenal	0,257
42	40.842	isopropilbicyclo nonane	0,776
43	41.378	trimetozine	0,966
44	41.661	morpholine	0,627
45	42.310	3-carene-2-ol	0,392
46	42.502	1,4-methanoazulene-9-methanol	1,647
47	42.884	hydroxymethyl	2,548
48	44.932	acetamide	0,267
49	45.182	benzenamine,cafein	0,826
50	48.806	benzothiazolol	0,429
51	48.951	succinimide	0,231
52	55.348	ethanone	0,270
53	55.913	aromadendrene	0,239
54	56.563	viridiflorol	0,324
			100,000

Hasil eksperimen ditunjukkan dengan gambar 3 dan 4 dan masing-masing mewakili waktu ekstraksi 4 jam dan 6 jam. Perbandingan antara kurva model dan hasil eksperimen menunjukkan kesesuaian pola pada kurva ekstraksi. Pergeseran puncak puncak ekstraksi pada ekperimen serta hasil awal ekstraksi sesuai dengan model yang

telah dibuat. Namun demikian terdapat perbedaan yang cukup signifikan terhadap waktu terjadinya pergeseran puncak ekstraksi. Perbedaan waktu pada pergeseran ini dipengaruhi oleh transfer massa setelah proses difusi melewati jarak yang berbeda sebelum terjadi kondensasi pada kolom kondensor. Kondisi ini sangat dipengaruhi jumlah setiap sampel. Pada jumlah sampel yang semakin banyak akan memperpanjang jarak campuran uap menuju kolom kondensor sehingga kondensasi awal terjadi pada tumpukan sampel. Tekanan uap pada sampel ukuran 10kg dan 15kg tidak cukup kuat mendorong campuran minyak dan uap untuk secara kontinyu terkondensasi pada kolom kondensor.

Sebagian campuran minyak dan uap akan tertahan pada bahan dan terkondensasi. Hal ini terlihat pada data eksperimen dimana terdapat puncak-puncak kurva yang tidak kontinu. Pada fase akhir ekstraksi terdapat kesesuaian antara model dan eksperimen dimana hasil ekstraksi. Secara keseluruhan penelitian ini sesuai

dengan model dan eksperimen yang diberikan spiro [16][24][25].

KESIMPULAN

Ekstraksi minyak atsiri dengan bahan *Cymbopogon Sp.* menggunakan hidrosteam distillation memberikan hasil sesuai standar dalam yields dan komponen minyak atsiri *cymbopogon sp.* Yields yang dihasilkan cukup baik yaitu antara 0,26% – 0,36% dan 54 komponen. Waktu ekstraksi terbaik sesuai dengan hasil model dan eksperimen yang sama yang dilakukan pada skala laboratorium. Penelitian ini memberikan kapasitas ekstraksi yang lebih besar.

Kesesuaian pola kurva model dan eksperimen ditampilkan dengan cukup baik dan menghasilkan prediksi awal ekstraksi, kanaan puncak ekstraksi dan akhir ekstraksi. Pemberian tekanan udara selama proses ekstraksi secara eksperimen diperlukan guna memperbaiki transfer massa sehingga terjadi kondensasi secara kontinyu pada kolom kondensor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asdarina Yahya, Rosli Mohd Yunus, (2013), "Influence of Sample Preparation and Extraction Time on Chemical Composition of Steam Distillation Derived Patchouli Oil", *Procedia Engineering* 53 1 – 6, The Authors. Published by Elsevier Ltd.
- [2] Baser, K. H. C, Gerhard Buchbauer, (2010) "Handbook of essential oils : science, technology, and applications". Taylor and Francis Group, LLCRC
- [3] De Simon, et al. 14 juni 1977., United States Patent 4,029,709
- [4] E. Bruce Nauman, (2008). "*Chemical Reactor Design, Optimization, and Scaleup*", 2nd ed., A. John Wiley & Son, Inc., Publication, USA.
- [5] E. Cassel, R.M.F. Vargas, N. Martinez, D. Lorenzo, E. Dellacassa, (2009) "Steam distillation modeling for essential oil extraction process", *Industrial Crops and Products, Volume 29, Issue 1, January 2009, Pages 171-176*

- [6] Egi Agustian, Asep Kadarohman dan Anny Sulaswatty, (2004). "Fractionation of Citro-nellal From Citronella Oil Using Vacuum Distillation Technique", Seminar Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia 2004", Surabaya.
- [7] Guenther E., (1950) , "The essential oils", 4th ed., p20-64.
- [8] Hamdi A. Taha (1982). *"Operations Research an Introduction "*, Macmillan publishing Co., Inc., USA.
- [9] H.C. Man, M.H. Hamzah, H. Jamaludin, Z. Z. Abidin (2012). *"Preliminary Study: Kinetics of Extraction from Citronella grass by Ohmic Heated hydro Distillation "*, ICCCP 2012: 5-6 may 2012, Kuala Lumpur, Malaysia.
- [10] L.F Hu, S.P. Li, H. Cao, J.J. Liu, J.L. Gao F.Q. Yang, Y.T Wang. 2005. GC-MS Fingerprint of Pogostemon Cablin in China. Institute of Chinese Medical Science, University of Macau.
- [11] Perry, R.H & D. Green. (2008). Perry's Chemical Engineering Handbook, 8th ed., Mc Graw-Hill Company, New York.
- [12] Richard G. Rice., Duong D. Do., (2012) "Applied Mathematics and Modeling for Chemical Engineering", 2nd ed, John Wiley & Son, Inc, Publication., Hoboken, New jersey, Canada
- [13] R. Byron Bird, Warren E. Steward, Edwin N. Lightfoot, (2002), *"Transport Phenomena"*, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., USA.
- [14] S.A. Rezzoug, C. Boutekedjiret, K. Allaf "Optimization of operating conditions of rosemary essential oil extraction by a fast controlled pressure drop process using response surface methodology" *Journal of Food Engineering, Volume 71, Issue 1, November 2005, Pages 9-17*
- [15] Clay, D.V.; Dixon, F.L.; Willoughby, I. *Forestry* **2005**, 78, 1-9.
- [16] Spiro, M.; Selwood, R. M. *J. Sci. Food Agric.* **1984**, 35, 915-924
- [17] SILVA, G.A.B.; BAUER, L. Óleo essencial de Cymbopogon Citratus no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Farmácia*, v.52, n.4, p.193-6, 1971.
- [18] CICOONA JUNIOR, O.; MANCINI, B.; JORGE NETO, J. Influência do tempo de destilação na composição qualitativa e quantitativa de óleos essenciais. Essências de cravo-da-índia e capim-limão. *Revista da Faculdade de Ciências Farmacêuticas*, v. 8/9, p.173-81, 1986/1987.
- [19] SARGENTI, S.R.; LANCAS, F.M. Supercritical fluid extraction of Cymbopogon citratus (DC) Stapf. *Chromatographia*, v.46, n.5/6, p.285-90, 1997.
- [20] SIDIBE, L.; CHALCHAT, J.C.; GARRY, R.P. Aromatic plants of Mali (IV): Chemical composition of essential oils of Cymbopogon citratus (DC) Stapf. and C.

- Giganfeus (Hochst) Chiov. Journal of Essential Oil Research, v. 13, n.2, p.110-2, 2001.
- [21] KASALI, A.A.; OYEDEJI, A.O.; ASHILOKUN, A.O. Volatile leaf oi constituents of Cymbopogon citratus (DC) Stapf. Flavour and Fragrance Journal, v. 6, n.5, p.377-8, 2001.
- [22] CIMANGA, K. et al. Chemical composition and antifungal activity of essential oils of some aromatic medicinal plants growing in the Democratic Republic of Congo. Journal of Essential Oil Research, v.14, n.5, p.382-7, 2002a.
- [23] Kreider, D.L., Kuller, R.G., Ostberg, D.R., Perkins, F.W. *An Introduction to Linear Analysis*. Addison-Wesley Company Inc., Massachusetts, **1966**
- [24] Spiro, M.; Page, C. *J. Sci. Food Agric.* **1984**, 35, 925-930
- [25] Spiro, M., Kandiah, M.; Price, W. *J. Food Sci. Tech.* **1990**, 25, 157-167.
- [26] Benyoussef, E. H.; Hasni, S.; Belabbes, R.; Bessiere, J. M. *Chem. Eng. J.* **2002**, 85, 1-5.
- [27] Adams, R. P. *Identification of Essential Oil Components by GasChromatography/mass Spectrometry*. Allured: Illinois, **1995**.
- [28] Nelder, J.; Mead, R. *Comput. J.* **1965**, 7, 308, 1965.
- [29] Rajeswara Rao, B.R.. Biological activities and medicinal uses of the essential oil and extracts of lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*, *C. citratus*, *C. pendulus* and *C. species*. In: Recent progress in Medicinal Plants, Vol. 36. Essential oils of medicinal importance. Edts. J.N. Govil and S. Bhattacharya, Studium Press LLC, Houston, USA, pp. 213-257(2013)
- [30] C. Eduardo, V. Ruben. M.F., 2006 "Experiments and Modeling of the *Cymbopogon winterianus* Essential Oil Extraction by Steam Distillation". *J. Mex. Chem. Soc.*, 50(3).p.126-129.