

## Perbandingan Proses Pengeringan Beku Vakum pada Tekanan Diatas dan Dibawah Tekanan Triple Point pada Tentacle Ubur-ubur

Muhamad Yulianto<sup>1</sup>, M. Idrus Alhamid<sup>2</sup>, Nasruddin<sup>2</sup>, dan Engkos A. Kosasih<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Doktoral Laboratorium Refrigerasi dan Tata Udara,

<sup>2</sup>Staff Pengajar Laboratorium Refrigerasi dan Tata Udara

<sup>3</sup>Staff Pengajar Laboratorium Perpindahan Panas

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

Jalan Kampus baru UI Depok, 16424

E-mail : muhamad\_yulianto@yahoo.com

### Abstrak

Pengaruh tekanan ruangan pada proses pengeringan beku vakum mempunyai peranan yang sangat signifikan terhadap konsumsi energi dan kualitas akhir hasil pengeringan beku vakum. Pada artikel ini akan dibahas perbandingan proses pengeringan beku vakum pada tekanan diatas dan dibawah tekanan *triple point* (6.1 mbar) untuk material 50 g *tentacle* ubur-ubur dengan temperatur pada ruang pengering adalah temperatur ruangan 25°C diletakan pada sebuah wadah dari teflon yang sudah diisolasi. Timbangan yang digunakan adalah timbangan digital dengan akurasi 0.01 g dengan daerah ukur 0 sampai 500 g. Temperatur diukur dengan menggunakan Thermocouple tipe K, sedangkan tekanan diukur dengan menggunakan pressure transmitter dengan akurasi 0.1 mbar dan batas ukur dari 0 sampai 1500 mbar, 0 sampai 4 Bar, 0 sampai 40 bar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada proses pengeringan beku vakum pada tekanan ruangan 20 mbar, membutuhkan waktu pengeringan selama 12.8 jam dengan hasil akhir bahan kering adalah 2.125 g dan temperatur pada produk adalah 2°C. Sedangkan yang pada proses pengeringan beku vakum dengan tekanan 4 mbar membutuhkan waktu pengeringan 11.73 jam dengan hasil akhir bahan kering adalah 1.8 g dan temperatur Produk adalah -5°C. Pada hasil akhir pengeringan dapat dilihat juga bahwa hasil akhir produk pada tekanan dibawah tekanan *triple point* yaitu pada tekanan 4 mbar warnanya lebih putih dan bersih jika dibandingkan dengan proses pengeringan beku vakum pada tekanan 20 mbar. Jika dilihat dari jumlah konsumsi energi proses pengeringan beku vakum pada dibawah dan diatas tekanan *triple point* dapat menghemat konsumsi energi sebesar 8.3%. Sedangkan perbedaan tekanan pada saat proses pengeringan tidak berdampak terhadap temperatur *coldtrap* yang pada kedua percobaan tersebut masih pada kisaran -35°C sampai dengan -40°C dengan komposisi refrigeran pada sisi High stage adalah R22 dan pada sisi Low Stage adalah campuran antara CO<sub>2</sub> 20% dan propane 80%. Dari hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa untuk proses pengeringan beku vakum agar mempunyai kualitas hasil akhir yang baik dan konsumsi energi yang rendah, maka proses pengeringan beku vakum harus berlangsung pada tekanan dibawah tekanan *triple point* agar proses yang terjadi adalah proses sublimasi bukan proses evaporasi seperti pada proses pengeringan lain pada umumnya.

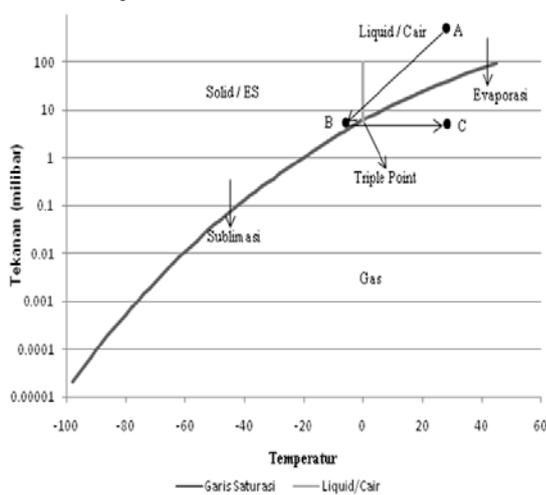
**Keywords:** Pengeringan Beku vakum, Tekanan triple point, Tentakel ubur-ubur, Konsumsi Energi

### Pendahuluan

Proses Pengeringan beku vakum adalah teknologi pengeringan terbaik dalam proses pengeringan saat ini karena dapat mempertahankan rasa, gizi, warna dan struktur hasil pengeringannya (George et al, 2002). Pengeringan beku vakum juga digambarkan sebagai suatu metode pengeringan dengan laju pengeringan tinggi dikarenakan oleh titik didih air di dalam produk atau material dan terjadi pada tekanan rendah (dibawah titik triple point pada tekanan 6.1 mbar, temperatur 0°C)(Chakraborty et al, 2006). Secara umum, proses pengeringan beku vakum terdiri dari 3

proses yaitu proses pembekuan, proses pengeringan primer dan proses pengeringan sekunder (Ghio et al, 2000) . Proses pembekuan dengan vakum terjadi seperti digambarkan pada gambar 1 dimana terjadi dari titik A (Tekanan 1000 mbar dan temperatur 27°C) sampai ke titik B (Tekanan dibawah 6.1 mbar dan temperatur dibawah 0°C). Kemudian setelah itu dilanjutkan dengan proses pengeringan primer dan sekunder dari titik B sampai ketitik C (Tekanan dibawah 6.1 mbar dan temperatur 27°C). Pada pengeringan primer, kandungan air yang dipindahkan ke lingkungan adalah kandungan air yang tidak terikat (unbound water), sedangkan pada pengeringan

sekunder kandungan air yang dipindahkan kelingkuangan adalah dalam kondisi terikat (bound water)(Oetjen et al, 2004).



Gambar 1. Proses Diagram air proses pengeringan beku vakum

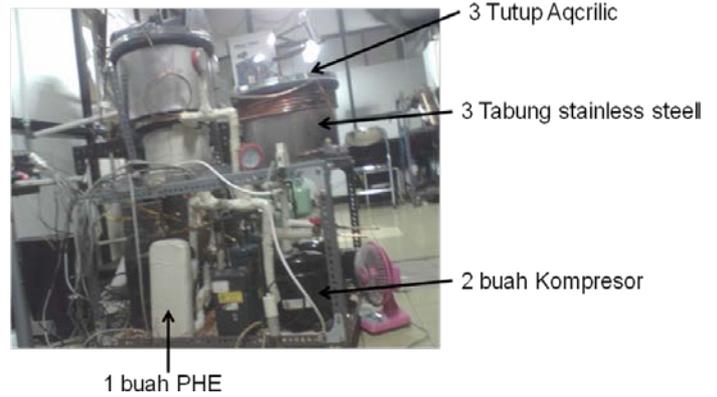
Pengembangan sistem pengeringan lainnya ada juga pengembangan yang dilakukan untuk proses pengeringan dengan vakum diatas tekanan triple point yang biasa disebut sebagai pengeringan vakum. Metode ini melalui proses evaporasi selama proses pengeringan bukan melalui proses sublimasi. Dalam penerapan di dalam dunia farmasi, proses pengeringan dengan jalan evaporasi dapat menghilangkan kandungan gizi yang ada di dalam bahan dasar obat, karena kandungan gizi yang ada di dalamnya ikut terevaporasi tidak terikat di dalamnya (Mujumdar et al, 2004).

Sementara itu, saat ini banyak dikembangkan obat-obatan yang bahan dasarnya dari alam contohnya tentakel ubur-ubur. Tentakel Ubur-ubur diduga mempunyai kemampuan untuk menghambat pertumbuhan sel kanker (Faulknerl 2000 dan Xiao et al., 2009). Sehingga objektifitas dari penelitian ini adalah untuk membandingkan proses pengeringan beku vakum diatas triple point dan dibawah triple point atau yang biasa disebut sebagai pengeringan vakum.

**Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan**

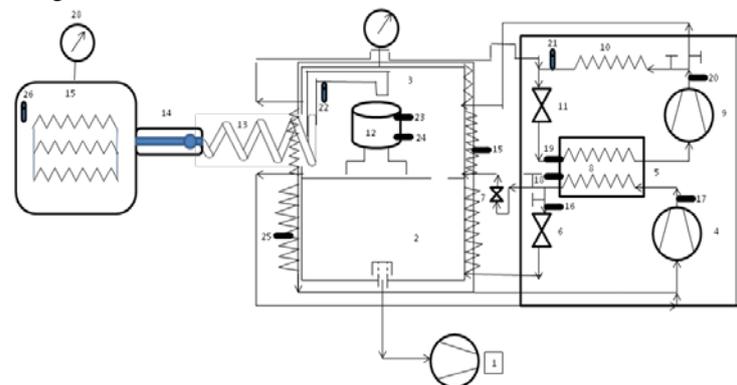
Skema alat pengeringan beku vakum yang dibuat di Laboratorium Refrigerasi dan Tata Udara Universitas Indonesia seperti yang terlihat pada gambar 2 adalah mesin pengeringan beku yang dikategorikan dalam tingkatan compact krn ukurannya yang relatif lebih kecil dibanding mesin pengeringan beku yang sudah dikembangkan oleh pihak-pihak lain. Mesin pengeringan beku vakum type compact ini terdiri dari 2 ruangan utama yaitu ruangan pengering dan

ruangan cold trap (system rerfrigerasi dengan sistem cascade).



Gambar 2. Mesin Pengeringan Beku vakum

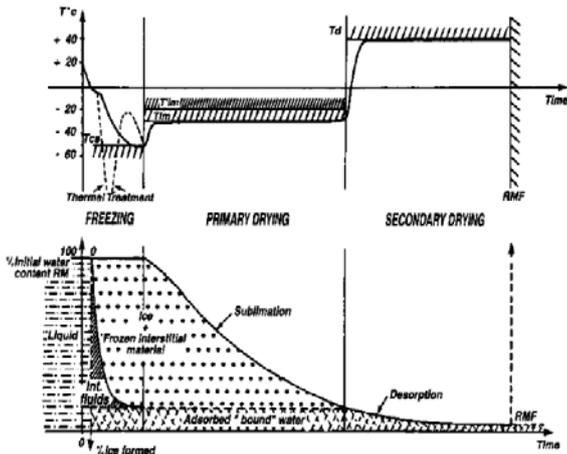
Sedangkan pada skematik pada gambar 3 terlihat bahwa di bagian ruang pengering terdapat tempat material yang diisolasi dengan harmaflex untuk menghindari perpindahan panas dari dinding yang dilengkapi dengan 2 buah thermocouple tipe K (TEX/TEX-30-KK) pada bagian atas dan bawah dengan akurasi 0.4%. Pada bagian penutup diberi pressure transmitter PTX 1400 untuk mengetahui tekanan diruangan pengering dan coldtrap. Pressure transmitter ini mempunyai batas ukur dari 0 – 2600 mbar dengan akurasi 0.4%.



Gambar 3. Skema pengujian mesin pengeringan beku vakum. Dengan sistem refrigerasi sisi high stage 1. Pompa Vakum, 2. Coldtrap, 3. Ruang Pengering, 4. Kompresor sisi LS, 5. PHE, 6. Katup Ekspansi (Needle Valve), 7. Check Valve, 8. Evaporator HS, 9. Kompresor HS, 10. Evaporator HS, 11. Katup Ekspansi HS (Needle Valve), 12. Tempat Material, 13. Pipa Kapiler, 14. Flow Meter, 15. Reservoir Udara Panas, 16-26. Thermocouple, 27-28. Pressure Transmitter

**Skema Numerik**

Secara umum proses pengeringan beku vakum dapat digambarkan profilnya seperti gambar 4.



Gambar 4. Profil temperatur proses pengeringan beku vakum

Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa awal proses pengeringan beku vakum adalah proses pembekuan yang pada penelitian ini menggunakan metode pembekuan vakum atau yang pembekuan dengan jalan evaporasi panas latent material. Kemudian proses selanjutnya yaitu proses pengeringan primer yang melibatkan proses sublimasi pada permukaan materi untuk memindahkan kandungan air yang tidak terikat. Setelah itu, proses pengeringan sekunder yang melibatkan proses desorpsi untuk memindahkan kandungan air yang dalam kondisi terikat.

Untuk menghitung daya listrik untuk 1 phase dan 3 phase dihitung dengan persamaan berikut (Ngamnikom et al 2011) :

$$P = \left( AxVxP.F / 1000 \right) \text{ (Untuk 1 Phase)} \quad (1)$$

$$P = \left( AxVx1.73xP.F / 1000 \right) \text{ (Untuk 3 Phase)} \quad (2)$$

Sedangkan untuk konsumsi eneri listrik selama proses pengeringan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$E = Pxt \quad (3)$$

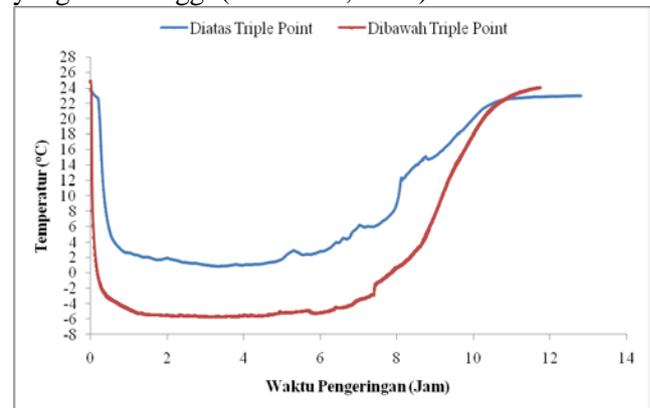
Sehingga konsumsi energi spesifik untuk proses pengeringan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Es = E / WRS$$

**Hasil dan Pembahasan**

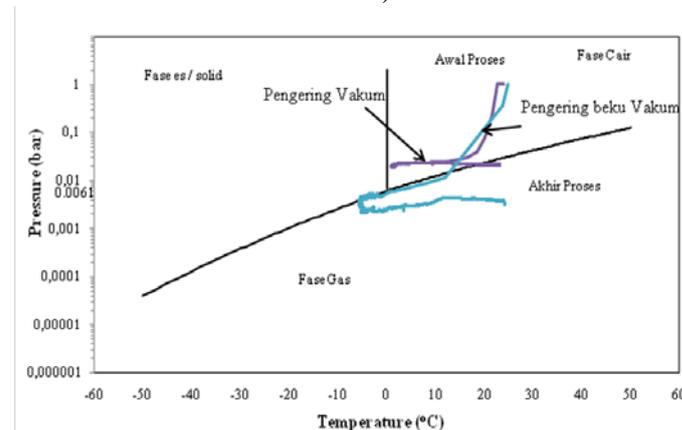
Pada gambar 5 dapat dilihat profil temperatur antara proses pengeringan yang diatas triple point (pengeringan vakum) dan pengeringan yang dibawah triple point (pengeringan beku vakum). Pada gambar tersebut sama-sama memperlihatkan 3 daerah proses yaitu proses pembekuan / pendinginan, proses pengeringan primer dan proses pengeringan sekunder. Pada proses diatas triple point temperatur ubur-ubur hanya mencapai paling rendah 1°C, sedangkan pada temperatur dibawah triple point menunjukkan temperatur sampai dengan -5°C. Sedangkan dari segi waktu dapat dilihat bahwa proses pengeringan diatas triple point membutuhkan waktu pengeringan selama 12,8 jam sedangkan untuk pengeringan dibawah triple point membutuhkan waktu pengeringan selama 11,73

jam. Hal ini sesuai dengan pernyataan oleh peneliti lain bahwa pada proses pengeringan beku vakum jika dapar tercapai tekanan paling rendah maka waktu pengeringan yang dihasilkan akan lebih sedikit dibandingkan dengan jika dilakukan pada tekanan yang lebih tinggi (Boss et al, 2004).



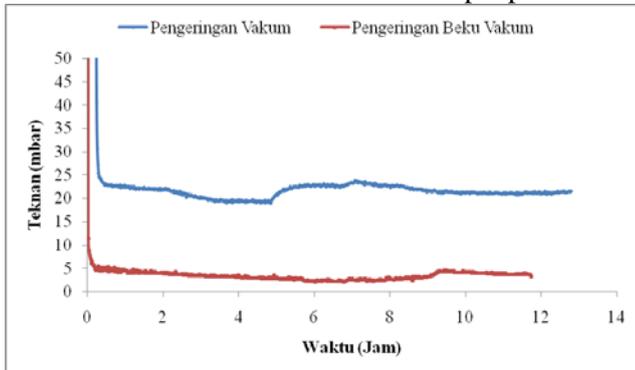
Gambar 5. Profil Temperatur Tentakel Ubur-ubur.

Sedangkan pada gambar 6. Dapat dilihat proses perubahan fase antara proses pengeringan diatas kondisi triple point (Pengeringan Vakum) dan yang dibawah triple point (pengeringan beku vakum). Pada proses pengeringan vakum terjadi perubahan fase secara evaporasi. Dimana tentakel ubur-ubur berubah fase dari fase cair ke gas, hal inilah yang tidak diharapkan pada saat proses pengeringan bahan dasar obat-obatan. Sedangkan pada proses pengeringan beku vakum dapat dilihat dengan jelas bahwa perubahan fase terjadi melalui 2 proses yaitu proses pembekuan dimana material dari fase cair berubah menjadi padat (es) kemudian berubah fase kembali menjadi gas. Walaupun demikian proses evaporasi tetap terjadi pada pengeringan beku vakum terutama disaat awal perubahan fase dari cair ke padat, hal ini terjadi karena penurunan titik didih air sehingga menyebabkan pengambilan panas dari tentakel ubur-ubur yang biasanya disebut sebaga proses flashing (Nasruddin et al 2011 dan Alhamid et al 2012).



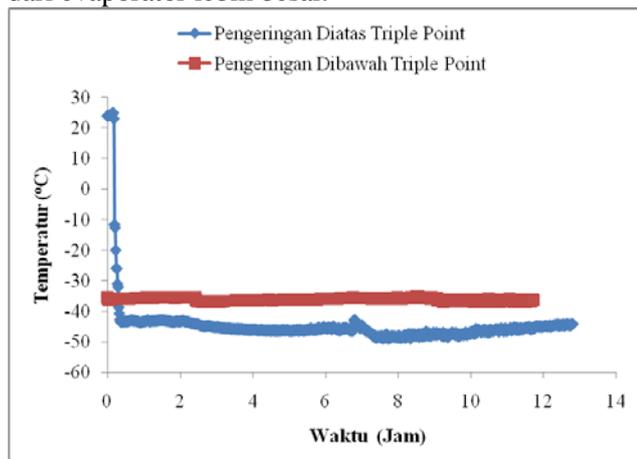
Gambar 6. Proses perubahan fase tentakel ubur-ubur

Sedangkan pada gambar 7 dapat dilihat profil tekanan antara kedua proses pengeringan tersebut. Pada proses pengeringan vakum tekanan yang tercapai pada percobaan ini adalah pada kisara 20 mbar dimana hal ini merupakan posisi diatas triple point (Tekanan 6,1 mbar). Sedangkan pada proses pengeringan beku vakum tekanan yang dapat dicapai pada percobaan ini mencapai tekanan pada kisaran 4 mbar dimana hal tersebut berarti berada dibawah titik triple point.



Gambar 7. Profil Tekanan pada proses pengeringan vakum dan pengeringan beku vakum

Pada gambar 8 dapat dilihat profil temperatur cold trap yang dalam percobaan menggunakan sistem refrigerasi cascade dengan refrigeran pada sisi HS (High Stage) adalah R22 sedangkan pada sisi LS (Low Stage) adalah campuran antara CO<sub>2</sub> sebanyak 20% dan hidrocarbon HCR 22 sebanyak 80%. Pada pengeringan diatas triple point, temperatur yang dapat dicapai adalah - 49°C sedangkan pada pengeringan dibawah triple point adalah - 38°C. Hal ini terjadi karena pada proses pengeringan dibawah triple point mempunyai massa yang yang dipindahkan lebih besar hal sehingga menyebabkan beban pendinginan dari evaporator lebih besar.



Gambar 8. Profil temperatur coldtrap cascade

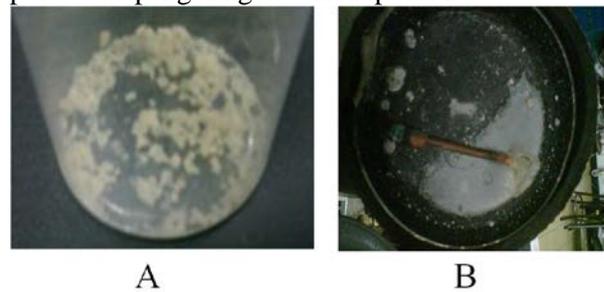
Pada tabel 1. Dapat dilihat konsumsi energi dan Massa setelah proses pengeringan dengan 2 metode pengeringan tersebut. Dapat dilihat bahwa konsumsi energi spesifik untuk pengeringan diatas triple point membutuhkan konsumsi sebesar 1.124.352 kJ/kg sedangkan untuk pengeringan dibawah triple point

membutuhkan konsumsi energi sebesar 1030363 kJ/kg. Sehingga jika dibandingkan dengan pengeringan dibawah triple point dapat menghemat konsumsi energi spesifik sebesar 8.3% dengan kemampuan mengeringkan 11% lebih tinggi dibandingkan dengan pengeringan vakum.

Tabel 1. Konsumsi energi spesifik

No	Metode Pengeringan	Massa Awal	Massa Akhir	Konsumsi Energi Spesifik
1	Diatas Triple Point	50 g	2.125	1.124.352
2	Dibawah Triple Point	50 g	1.89	1.030.363

Sedangkan pada gambar 8. Dapat dilihat produk hasil pengeringan antara 2 metode pengeringan yaitu pengeringan di atas triple point dan pengeringan dibawah triple point. Dari pengamatan secara visual dapat dilihat bahwa proses pengeringan beku vakum (dibawah triple point) pada point A dengan massa akhir yang lebih sedikit dan mempunyai kandungan air lebih sedikit dibandingkan dengan proses diatas triple point atau pengeringan vakum point B.



Gambar 8. Hasi Akhir Proses Pengeringan Tentakel Ubur-ubur, A. Dibawah triple Point, B. Diatas Triple Point

**Kesimpulan**

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Pengeringan dibawah triple point atau pengeringan beku vakum mempunyai waktu pengeringan lebih cepat dibandingkan dengan pengeringan diatas triple point atau pengeringan vakum
2. Konsumsi energi spesifik untuk pengeringan dibawah triple point lebih hemat 8.3% dibandingkan dengan pengeringan diatas triple point
3. Kemampuan mengeringkan material untuk proses pengeringan dibawah triple point lebih besar 11% jika dibandingkan dengan pengeringan diatas triple point jika dilihat dari massa akhir yang dihasilkan oleh proses pengeringan kedua metode tersebut.

## Ucapan Terima kasih

Penelitian ini merupakan bagian dari topik penelitian yang di danai oleh DIKTI. Terima kasih kepada DIKTI yang telah mempercayakan penelitian ini melalui Hibah Strategis nasional tahun anggaran 2012 dengan no kontrak : 3398 / H2.R12/HKP.05.00/2012

## Nomenklatur

P	= daya (kW)
A	= Arus (ampere)
V	= Voltage (Volt)
P.F	= Contants/ Cos Phi (tidak ada satuan)
E	= Energi (kJ)
t	= waktu (s)
WRS	= Berat sampel (kg)
Es	= Energi Spesifik (kJ/kg)

## Referensi

Artnaseaw, Apichart., Somnuk Theerakulpisut., Chatchai Benjapiyaporn. 2010. Drying characteristics of shiitake mushroom and jinda chili during vacuum heat pump drying. Elsevier food and bioproducts processing. (88) 105-114

Belyamin, Tambunan, A.H., Hadi, K., Purwadaria, & M.I. Alhamid, 2007, "The application of freeze vacuum and heating from top and bottom on freeze vacuum drying", *Journal of Agricultural Engineering, Association of Agricultural Engineering Indonesia*, Vol. 21, 235-248

Boss, E.A., Filho, R.M., de Toledo, E.C.V., 2004. Freeze-drying process: real time model and optimization. *Chemical Engineering and Processing* 43, 1475-1485

Chakraborty,R.,A,K,Saha.,P, Bhattacharya. 2006. Modeling and simulation of parametric sensitivity in primary freeze-drying of foodstuffs. Elsevier Separation and Purification Technology (49), 258-263

D. John Faulkner. 2000. Highlights of marine natural products chemistry (1972-1999). *Nat. Prod. Rep.* 17: 1-6.

George.J,P., A,K,Datta., 2002. Development and validation of heat and mass transfer models for freeze-drying of vegetable slices. Elsevier Journal of Food Engineering (52), 89-93

George-Wilhelm Oetjen., Peter Haseley., 2004. Freeze Drying Second, Completely Revised and Extended Edition. WILEY-VCH Verlag GmbH&Co. KGaA, Weinheim ISBN: 978-3-527-30620-6

Ghio, S., A,A, Barresi, G, Rovero.2000. A comparison of evaporative and conventional freezing prior to freeze-drying of fruits and vegetables. *ICChem Journal.*, 0960-3085

Jackman, Patrick., Da-wen Sun., Jivun Zheng., 2007. Effect of combined vacuum cooling and air blast cooling on processing time and cooling loss of large cooked beef joints. Elsevir International Journal of Food Engineering. (32). 266-271.

Mujumdar, A.S., 2004. Guide to Industrial Drying, second ed. Colour Publications Pvt. Ltd., Mumbai.

Xiao, Liang., Qian He., Yufeng Guo., Jing Zhang., Fei Nie., Yue Li., Xiaofei., Liming zhang. 2009. *Cyanea capillata* tentacle-only extract as a potential alternative of nematocyst venom: its cardiovascular toxicity and tolerance to isolation and purification procedure. *Toxicon* 53. Elsevier. 146-152