

PERPINDAHAN MASSA SELAMA PROSES VACUUM IMPREGNATION BUAH PEPAYA DALAM LARUTAN SUKROSA

Mass Transfer Characteristics During Vacuum Impregnation Process of Papaya Fruit in Sucrose Solution

Rini Yulianingsih^{1*}, Yusron Sugiarto¹, dan Angky Wahyu Putranto¹

¹Jurusan Keteknikan Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian - Universitas Brawijaya
Jl. Veteran - Malang 65145

*Penulis Korespondensi: email: rini2d@ub.ac.id

ABSTRAK

Vacuum Impregnation (VI) adalah teknik untuk memasukkan suatu larutan ke dalam media berpori melalui mekanisme hidrodinamik yang ditimbulkan oleh perubahan tekanan. Penelitian yang telah dilakukan bertujuan untuk mempelajari karakteristik perpindahan massa pada proses VI pada tekanan yang berbeda pada buah pepaya. Buah pepaya yang telah dipotong berbentuk kubus dengan ukuran 60 x 30 x 10 mm, ditempatkan dalam larutan sukrosa 30%, dan di impregnasi pada tekanan 50, 40, dan 30 mBar, serta tekanan atmosfer sebagai kontrol, selama 5, 10, 15, dan 20 menit. Data penelitian menunjukkan bahwa perlakuan VI pada buah pepaya dalam larutan sukrosa, memberikan nilai koefisien perpindahan gula yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan dehidrasi osmosis, yaitu berkisar antara 10.4–37.11/m²h pada VI dan 7.85–15.319/m²h pada dehidrasi osmosis, sedangkan untuk perpindahan massa air nilai koefisien pindah massa berkisar 12.264–15.267/m² pada dehidrasi osmosis dan 0.612–12.317/m² pada perlakuan impregnasi 40 dan 50 mBar, sedangkan pada perlakuan tekanan 30 mBar terjadi penambahan kandungan air dengan koefisien pindah massa air -1.732 -9.8/m².

Kata kunci : Pepaya, Sukrosa, Transfer Massa, *Vacuum Impregnation*

ABSTRACT

Vacuum impregnation (VI) is a technique to introduce a solution into the porous medium through hydrodynamic mechanism induced by changes in pressure. The research aimed to study the mass transfer characteristics of the VI processes at different pressures on papaya. Cuboid papaya fruit sized 60 x 30 x 10 mm was placed in a solution of sucrose 30%, and impregnated at pressure of 50, 40, and 30 mBar, and atmospheric pressure as a control, for 5, 10, 15, and 20 minutes. Data showed that the VI treatment of papaya fruits in sucrose solution have higher value of coefficient mass transfer of sucrose than osmosis dehydration treatment, ranged between 10.4-37.11/m²h for VI and 7.85-15.319/m²h for osmosis dehydration. The coefficient mass transfer of water ranged from 12.264–15.267/m²h on osmotic dehydration and 0.612-12.317/m²h on treatment of vacuum impregnation of 40 and 50 mBar, whereas the treatment pressure of 30 mBar, there was the addition of a water content by coefficient of -1.732-9.8/m²h.

Keywords: Mass Transfer, Papaya, Sucrose, *Vacuum Impregnation*

PENDAHULUAN

Pepaya (*Carica papaya* L.) mengandung 4–10% gula, sangat berair ($\pm$ 90%), dan mengandung zat gizi seperti kalsium, fosfor, zat besi, dan berbagai macam vitamin. Pepaya merupakan sumber serat, mineral, dan phytoalbumin yang memiliki sifat antiok-

sidan. Sebagaimana buah tropis lain, pepaya merupakan buah yang sangat mudah rusak dan memerlukan teknik pengawetan untuk meningkatkan daya simpan. Pada beberapa tahun terakhir, dehidrasi osmosis sering digunakan untuk pengawetan buah dan sayuran, karena potensinya untuk menjaga karakteristik sensori dan nutrisi menyeru-

pai buah dan sayuran segar (Prothon *et al.*, 2001). Proses ini memiliki beberapa kelemahan antara lain proses perendaman memerlukan waktu yang lama jika dilakukan pada suhu kamar, larutan yang digunakan harus larutan hypertonik dimana konsentrasi larutan harus lebih tinggi dari konsentrasi dalam buah, karena proses pemasukan larutan dalam bahan berlangsung karena adanya perbedaan konsentrasi, penetrasi larutan kedalam bahan dapat mencuci nutrisi dari jaringan, jika dilakukan pada suhu lebih tinggi dapat menimbulkan kerusakan akibat perlakuan panas dan membutuhkan energi untuk proses pemanasan, dan memungkinkan terjadinya reaksi oksidasi selama proses. Solusi yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan menggantikan proses perendaman dengan aplikasi *Vacuum Impregnation* (VI).

Teknik VI dapat diaplikasikan secara luas untuk buah dan sayuran, karena fungsinya dapat digunakan untuk mengeluarkan air dan formulasi. Aplikasi ini meliputi prehidrasi buah dan sayuran, pre-treatment sebelum pembekuan, modifikasi fortified fruits, dan nutrisi sayuran, pengembangan buah dan sayuran olahan minimal untuk meningkatkan kualitas dan stabilitas, serta dapat dikombinasikan dengan teknik lain melalui *hurdle technology* untuk memperpanjang masa simpan.

Keuntungan aplikasi VI adalah peningkatan kualitas karena proses berlangsung pada suhu rendah, sehingga meminimalisasi kerusakan akibat panas dan mempertahankan nutrisi, warna, dan aroma (Chiralt *et al.*, 1999; Alzamora *et al.*, 2000; Occhino *et al.*, 2011), menyediakan proses osmosis yang lebih cepat karena adanya kombinasi mekanisme hidrodinamik dan fenomena relaksasi deformasi (Fito *et al.*, 2000; Shi *et al.*, 1995), hemat energi karena air dipindahkan tanpa pemanasan dan kebutuhan energi yang diperlukan pada tahap selanjutnya lebih rendah (Canovas dan Mercado, 1996; Jayaraman dan Gupta, 1992), menurunkan reaksi oksidasi karena konsentrasi oksigen menurun oleh perlakuan vakum (Leunda *et al.*, 2000; Xie dan Zhao, 2003), modifikasi sifat termal karena komposisi bahan berubah (Martinez *et al.*, 2000), memperkaya nutrisi esensial, dapat mempergunakan larutan dengan konsentrasi yang sama ataupun lebih rendah.

Penelitian yang akan dilakukan bertujuan untuk mempelajari perpindahan

massa yang terjadi selama proses VI untuk buah pepaya dalam larutan sukrosa 30% pada tekanan 30, 40, dan 50 mBar.

BAHAN DAN METODE

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan meliputi pepaya Thailand, sukrosa, asam sitrat, dan aquades, sedangkan alat utama yang digunakan meliputi oven vakum Memmert VO 400, pengering rak, dan *texture analyzer*. Oven vakum digunakan untuk proses VI, sehingga proses dapat dilakukan pada tekanan yang terkendali.

Persiapan Bahan

Bahan yang digunakan adalah pepaya Thailand yang memiliki tingkat kematangan seragam, dengan derajat Brix, yaitu 7-8 °Brix. Pepaya di kupas dan di potong menjadi bentuk balok dengan ukuran 60 mm x 30 mm x 10 mm. Larutan yang digunakan adalah sukrosa dengan konsentrasi 30% (w/w) dan ditambah asam sitrat sampai pH mencapai 3. Pepaya yang digunakan memiliki kadar air 91% dan kandungan gula 7.38-7.49%.

Proses Impregnasi Vakum

Bahan ditempatkan dalam unit VI dengan perbandingan bahan:larutan adalah 1:4, kemudian diaplikasikan tekanan vakum sebesar 30, 40, dan 50 mBar selama 5, 10, 15, dan 20 menit, dan diikuti dengan tekanan atmosfer selama 20 menit. Sebagai pembandingan, digunakan perlakuan dehidrasi osmosis yaitu dengan melakukan perendaman pada tekanan atmosfer menggunakan larutan dan perbandingan yang sama. Keluaran dari proses VI ini adalah konsentrasi air dan sukrosa dari bahan dan larutan, sebelum dan sesudah proses VI. Data ini akan digunakan untuk menghitung koefisien pindah massa efektif air dan sukrosa.

Penentuan Koefisien Pindah Massa Efektif

Keseimbangan massa pada buah dilakukan dengan mempertimbangkan transfer massa air dari buah menuju larutan dan transfer massa gula dari larutan ke dalam buah, dengan menggunakan persamaan 1 dan 2, dengan M adalah massa (g), K_m adalah koefisien pindah massa efektif, A adalah luas permukaan (m^2), C sebagai konsentrasi massa (g/m^3), V adalah volume (m^3) dan subskrip FR adalah buah, OS adalah larutan, su-

$$\frac{dM_{FR}^W}{dt} = -K_m^W \cdot A_{FR} \cdot (C_{FR}^W - C_{OS}^W) \cdot V_{FR} \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{dM_{FR}^S}{dt} = -K_m^S \cdot A_{FR} \cdot (C_{FR}^S - C_{OS}^S) \cdot V_{FR} \dots\dots\dots (2)$$

perskrip S adalah sukrosa (Fernandes, 2005).

Buah pepaya yang digunakan memiliki volume $1.8 \text{ m}^3 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ dan luas permukaan $5.4 \text{ m}^2 \times 10^{-3} \text{ m}^2$. Pada awalnya buah pepaya di timbang massanya dan di analisa kandungan air dan sukrosa, sehingga dapat diperoleh konsentrasi massa sukrosa dan air buah, serta massa awal sukrosa dan air pada buah. Setelah proses VI selesai pada waktu yang telah ditentukan, dilakukan analisa kandungan sukrosa dan air buah untuk mendapatkan massa akhir sukrosa dan air dalam buah, sehingga didapatkan laju perubahannya.

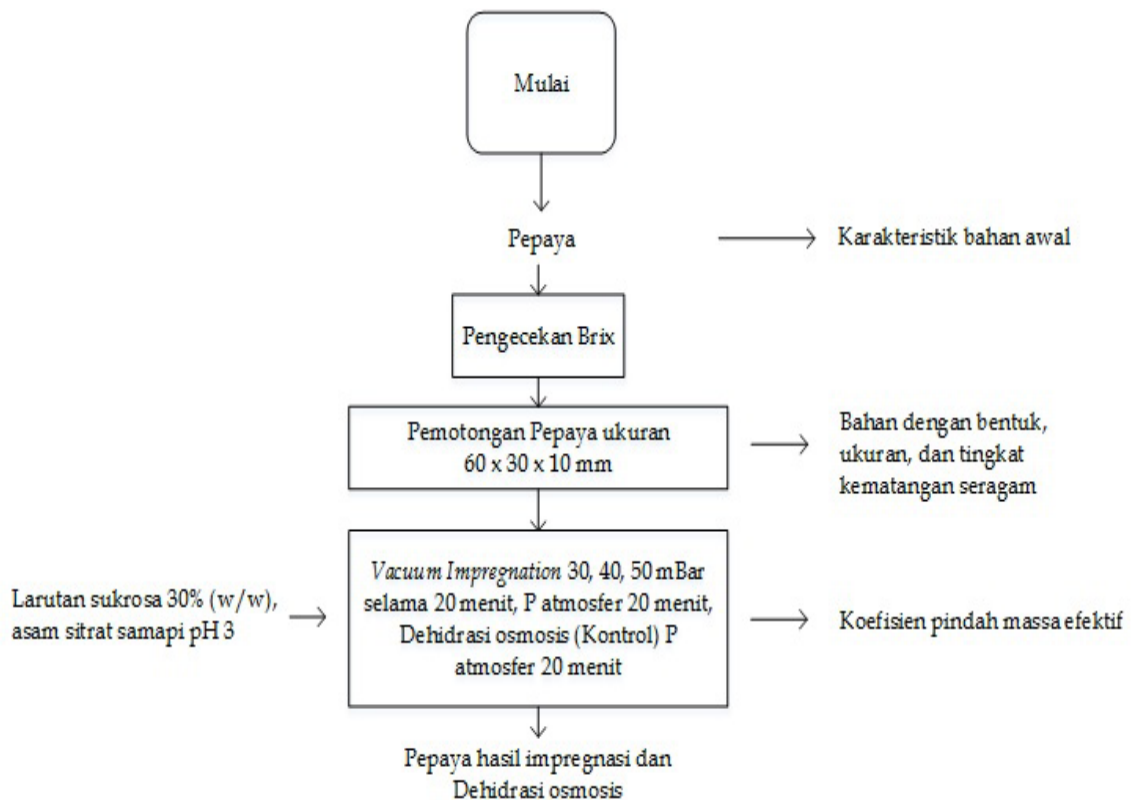
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perpindahan massa sukrosa dan air ke dalam buah pepaya sangat dipengaruhi oleh tekanan vakum yang diaplikasikan selama

proses. Hal ini dapat dilihat pada nilai koefisien pindah massa sukrosa dan air terdapat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1 menunjukkan bahwa semakin rendah tekanan (30 mBar), memberikan nilai koefisien pindah massa yang semakin besar, yaitu $37.11/\text{m}^2\text{h}$ untuk 5 menit pertama dan menurun pada menit ke 20 menjadi $12.11/\text{m}^2\text{h}$. Nilai koefisien perpindahan massa gula semakin kecil dengan semakin tingginya tekanan, yaitu $27.5/\text{m}^2\text{h}$ pada waktu 5 menit dan $13.06/\text{m}^2\text{h}$ pada waktu 20 menit pada tekanan 50 mBar. Semakin menurunnya koefisien perpindahan massa pada tekanan yang lebih tinggi disebabkan karena pada tekanan tinggi gradien tekanan yang dimiliki lebih kecil jika dibanding dengan tekanan rendah. Pada saat bahan direndam dalam larutan, tekanan di dalam dan diluar kapiler sama dengan tekanan atmosfer dan dalam kondisi seimbang. Pada saat tekanan vakum diaplikasikan, maka terjadi perbedaan tekanan antara tekanan di dalam dan diluar kapiler sehingga udara dalam bahan keluar.

Perubahan tekanan pada bagian luar menyebabkan deformasi dan ekspansi kapiler, dimana ini merupakan bagian awal



Gambar 1. Alur penelitian

Tabel 1. Koefisien pindah massa efektif sukrosa

Waktu (menit)	Nilai K (1/m ² h)			
	Dehidrasi Osmosis	V 50	V 40	V 30
5	15.3199	27.5013	34.41357	37.11327
10	8.818349	22.32684	16.03641	20.97206
15	9.068095	15.61114	12.12577	13.01417
20	7.856939	13.06717	10.40618	12.11723

Tabel 2. Koefisien pindah massa efektif air

Waktu (menit)	Nilai K (1/m ² h)			
	Dehidrasi Osmosis	V 50	V 40	V 30
5	15.267	4.112	0.612	9.823
10	13.079	3.240	3.799	-0.042
15	10.069	9.392	9.052	2.516
20	12.264	12.317	12.167	-1.732

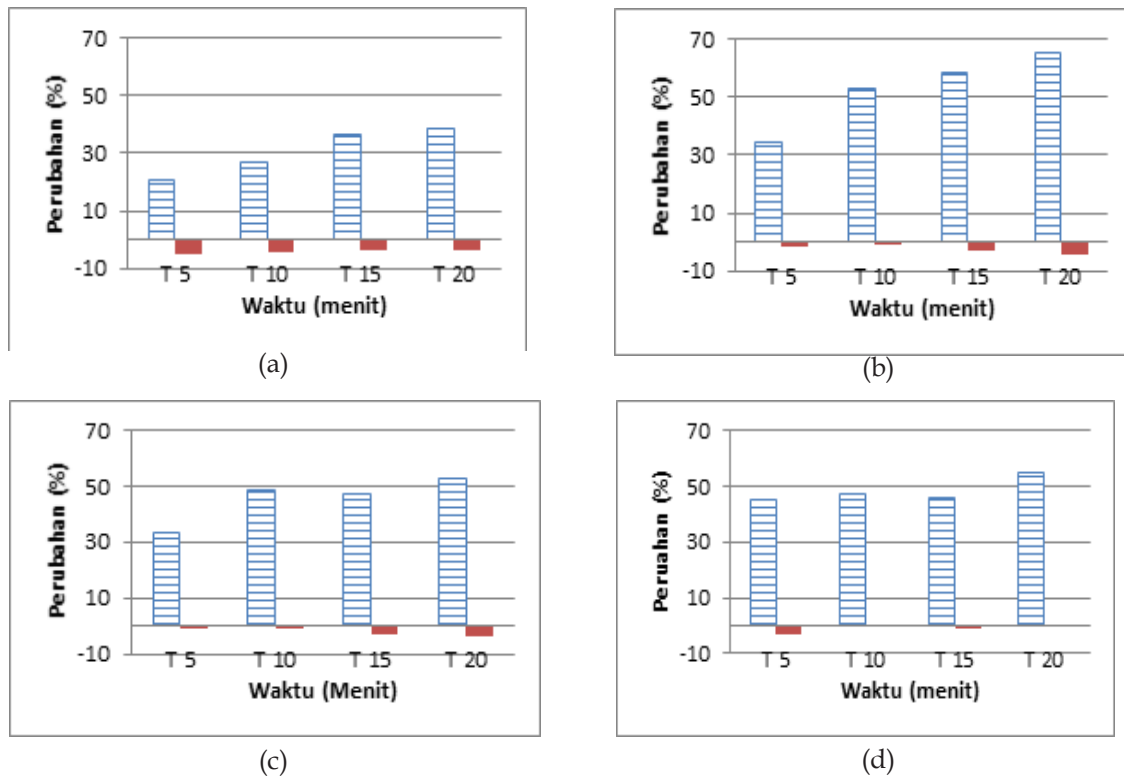
deformasi-relaksasi. Volume kapiler akan bertambah sementara volume bebasnya akan berkurang akibat masuknya larutan ke dalam bahan, sehingga semakin rendah tekanan yang digunakan, maka gradien tekanan juga semakin besar, sehingga jumlah udara yang keluar semakin banyak dan deformasi juga semakin besar. Pada saat tekanan dinaikkan kembali ke tekanan atmosfer, akan terjadi penyusutan kapiler meskipun volumenya lebih besar dari sebelumnya, dan pada saat yang bersamaan akan terjadi aliran larutan ke dalam bahan sebagai akibat dari aksi tekanan kapiler dan dekompresi. Fase relaksasi ini merupakan bagian yang penting karena impregnasi jaringan terjadi pada fase ini (Radziejewska-Kubzdela *et al.*, 2014; Fito *et al.*, 1996; Salvatory *et al.*, 1996). Besar kecilnya perubahan tekanan pada fase relaksasi akan performansi transfer massa sukrosa dan air.

Nilai koefisien pindah massa sukrosa sangat berbeda jika dibandingkan dengan dehidrasi osmosis biasa, yang hanya memiliki nilai 15.32/m²h pada waktu 5 menit dan 7.86/m²h pada waktu 20 menit. Perbedaan yang cukup besar ini disebabkan karena pada dehidrasi osmosis, perpindahan massa disebabkan karena perbedaan konsentrasi, dimana larutan yang digunakan pada penelitian ini adalah larutan sukrosa 30%.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Fernandes *et al.* (2006) yang meneliti koefisien perpindahan massa pada dehidrasi osmosis pada pepaya menggunakan larutan sukrosa 50% dan 70%, serta pada suhu 50 °C dan 70 °C selama 3 jam, memberikan nilai koefisien pindah massa efektif pada suhu 50 °C adalah 20.12 dan 24.86/m²h untuk konsentrasi 50% dan 70%, sedangkan pada suhu 70 °C, nilai koefisien adalah 25.89 dan 37.47/m²h. Jika dibandingkan dengan perlakuan VI, perlakuan dehidrasi osmosis dengan menggunakan larutan sukrosa 70% dengan suhu perendaman 70 °C memberikan nilai koefisien pindah massa sukrosa yang hampir sama dengan perlakuan VI dengan menggunakan tekanan 30 mBar konsentrasi larutan 30% dalam waktu 5 menit. Pada proses VI, perpindahan massa disebabkan karena adanya mekanisme hidrodinamis akibat adanya perubahan tekanan, sehingga sangat dimungkinkan perpindahan massa yang efektif meskipun perbedaan konsentrasi tidak terlalu tinggi.

Koefisien perpindahan massa air yang terdapat pada Tabel 2 menunjukkan bahwa perpindahan air pada proses VI pada tekanan 40 dan 50 mBar, yang memiliki koefisien pindah massa air yang semakin tinggi dengan semakin lamanya waktu proses VI, yaitu antara 0.61-12.31/m²h. Koefisien pindah massa air untuk tekanan vakum rendah (30 mBar), menunjukkan nilai yang tidak beraturan. Hal ini diduga karena rendahnya

perpindahan massa pada proses VI pada tekanan 40 dan 50 mBar, yang memiliki koefisien pindah massa air yang semakin tinggi dengan semakin lamanya waktu proses VI, yaitu antara 0.61-12.31/m²h. Koefisien pindah massa air untuk tekanan vakum rendah (30 mBar), menunjukkan nilai yang tidak beraturan. Hal ini diduga karena rendahnya



Keterangan gambar : ■ sukrosa; ■ air

Gambar 2. Persentase perubahan kandungan gula dan air selama proses; (a) tekanan atmosfer; (b) tekanan 50 mBar; (c) 40 mBar; (d) 30 mBar;

tekanan vakum menyebabkan deformasi bahan yang tinggi sehingga membentuk ruang bebas dalam jumlah yang tinggi dan melebihi kehilangan air, dan ketika tekanan di lepas dan kembali ke tekanan atmosfer, maka volume bebas yang terbentuk terisi dengan larutan eksternal. Fenomena ini dapat dilihat pula dari nilai perubahan kandungan air sebagaimana terlihat pada Gambar 1.

Perubahan Kandungan Sukrosa dan Air

Persentase perubahan kandungan gula dan air selama proses VI pada tekanan 50, 40, 30 mBar, serta tekanan atmosfer, dapat dilihat pada Gambar 2a-2d. Perubahan kandungan gula pada dehidrasi osmosis terlihat cenderung linier, dengan laju perubahan 0.1368%/menit. Laju perubahan kandungan gula pada tekanan 30 dan 40 mBar pada 5 menit pertama memiliki nilai yang hampir sama yaitu 0.689 dan 0.678%/menit, namun pada menit berikutnya, kedua tekanan cenderung memiliki kandungan sukrosa yang konstan, dengan kandungan sukrosa pada tekanan 30 mBar lebih tinggi. Penggunaan tekanan 50 mBar memberikan laju perubahan pada awal

proses 0.533%/menit pada 5 menit pertama, namun pada menit berikutnya, laju perubahan sukrosa lebih tinggi dibanding dengan penggunaan tekanan 30 dan 40 mBar. Hal ini diperkirakan karena pada tekanan 50 mBar, perbedaan tekanan yang terjadi tidak terlalu tinggi, sedangkan pada tekanan 30 dan 40 mBar terjadi perubahan tekanan yang cukup besar, yang dapat menyebabkan terjadinya deformasi permanen pada bahan dan menyebabkan menurunnya performansi impregnasi. Selain itu, perubahan tekanan yang tiba-tiba pada saat relaksasi dapat menimbulkan penutupan kapiler dan juga akan menurunkan impregnasi.

Chiralt *et al.* (2000) menyatakan bahwa ketika bahan dengan tekanan atmosfer di tempatkan dalam wadah bertekanan vakum, maka akan terjadi mekanisme hidro dinamis, dimana ini akan menyebabkan penetrasi cairan eksternal. Fraksi volume yang di penetrasi oleh cairan eksternal dipengaruhi oleh perbedaan tekanan dan porositas, dimana semakin besar porositas dan perbedaan tekanan, maka fraksi volume yang terpenetrasi akan semakin besar pula. Tekanan kapiler

dalam bahan, kontribusinya dapat diabaikan dibanding dengan tekanan vakum yang di aplikasikan. Semakin besar tingkat vakum yang diberikan, maka akan semakin besar juga derajat impregnasi ketika sistem dikembalikan ke tekanan normal. Disisi lain, Fito *et al.* (1996) menjelaskan bahwa penggunaan tekanan absolut yang terlalu rendah atau tingkat vakum tinggi dapat menimbulkan deformasi jaringan permanen, sehingga menurunkan jumlah ruang bebas untuk larutan sehingga menurunkan tingkat impregnasi.

Tingginya kandungan gula pada pepaya hasil VI ini sesuai dengan beberapa penelitian aplikasi VI yang telah dilakukan sebelumnya, di antaranya peningkatan keasaman pada cabai (Derossi *et al.*, 2010), jamur (Derossi *et al.*, 2013) dan zucchini (Occhino *et al.*, 2011) yang menyatakan bahwa tingkat tekanan vakum sangat berpengaruh terhadap tingkat impregnasi.

Perubahan kandungan air dalam bahan, memiliki fenomena yang berbeda dengan perubahan kandungan gula. Perubahan air dalam bahan pada tekanan atmosfer terlihat konstan dan berkisar dari -3.3% hingga -4.8%, sedangkan pada tekanan 50 mBar dan 40 mBar, secara berturut-turut berkisar antara -1.0% hingga -4%, dan mulai dari -0.19% hingga -3.93%. Hal yang sangat berbeda terlihat pada tekanan 30 mBar, dimana perubahan kandungan air pada 5 menit pertama adalah -3.2% dan pada menit ke 20 adalah 0.5%.

Pada tekanan 40 dan 50 mBar, masih terlihat adanya kecenderungan penurunan kandungan air dalam bahan seiring dengan berjalannya waktu impregnasi, sedangkan pada tekanan 30 mBar, semakin lama waktu impregnasi menunjukkan kecenderungan pertambahan kandungan air dalam produk. Fenomena ini juga terdapat pada penelitian yang dilakukan oleh Mujica-Paz *et al.* (2003), dimana buah apel yang di impregnasi pada konsentrasi larutan di bawah 50 Brix, mengalami pertambahan kandungan air, namun pada impregnasi pada larutan di atas 50 Brix terjadi pengurangan kandungan air. Penambahan kandungan air disebabkan karena pada konsentrasi rendah, akan terjadi perpindahan larutan secara besar besaran sehingga mengakibatkan penambahan kandungan air dalam bahan. Pada penelitian ini, penambahan kandungan air terjadi pada tekanan 30 mBar, hal ini disebabkan karena perbedaan tekanan yang besar akan semakin

memicu terjadinya impregnasi secara besar-besaran.

Proses transfer massa air pada proses VI berbeda dengan proses pada dehidrasi osmosis. Pada dehidrasi osmosis, perbedaan konsentrasi merupakan penyebab terjadinya transfer massa, sehingga semakin tinggi konsentrasi larutan, maka akan semakin banyak padatan yang masuk dan semakin banyak penurunan kandungan air. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Najafi *et al.* (2014) yang meneliti tentang dehidrasi osmosis untuk buah pepaya dan menggunakan larutan sukrosa dengan konsentrasi 40, 50, dan 60%. Hal serupa juga telah di buktikan oleh Fernandes *et al.* (2006), dimana penurunan kadar air pepaya semakin tinggi pada pepaya yang di dehidrasi osmosis pada larutan gula 70% dari pada 50%. Penurunan kandungan air pada penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan larutan sukrosa 30%, memberikan nilai penurunan yang kecil, hal ini disebabkan karena perbedaan konsentrasi kecil.

Perubahan kandungan air pada proses VI, tidak dapat diprediksi kecenderungannya sebagaimana pada dehidrasi osmosis, karena proses pindah massa dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain porositas, konsentrasi larutan dan perbedaan tekanan. Hasil yang didapatkan dari penelitian menunjukkan bahwa semakin rendah vakum tekanan (tekanan absolut 30 mBar), maka ada kecenderungan air masuk ke dalam bahan, ketika proses berjalan dalam waktu yang lama. Hal ini diduga disebabkan karena perbedaan tekanan yang terlalu tinggi menyebabkan fenomena deformasi terjadi secara ekstrim, sehingga ketika di vakum, banyak udara yang keluar bahan, dan volume ruang bebas dalam bahan juga tinggi akibat tinggi tingkat deformasi. Ketika tekanan berubah secara tiba-tiba, maka larutan eksternal akan masuk ke dalam bahan, termasuk air dalam larutan. Fenomena ini juga terdapat pada penelitian VI buah apel dan manga sebagaimana telah di teliti oleh Mujica-Paz *et al.* (2003).

Mujica-Pas *et al.* (2003) telah mempelajari pengaruh tekanan vakum dalam rentang 135–674 mBar pada buah peach, pepaya, dan melon dalam larutan 40, 45, 50, 55, dan 60 °Brix. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan vakum, memberikan tingkat impregnasi bahan yang semakin tinggi pula. Untuk penurunan berat, melon dan mangga memiliki nilai penurunan berat

yang positif, sedangkan apel negatif pada larutan < 55 °Brix. Penurunan berat negatif menunjukkan bahwa setelah impregnasi, terdapat pertambahan massa bahan. Hal ini sejalan dengan nilai kehilangan air, dimana manga dan melon memiliki nilai kehilangan air positif sedangkan apel negatif, atau dengan kata lain kandungan air bertambah.

SIMPULAN

Perlakuan impregnasi vakum menghasilkan koefisien perpindahan massa yang berbeda dengan perpindahan massa pada dehidrasi osmosis. Pada perpindahan massa sukrosa, semakin tinggi tingkat vakum (tekanan 30 dan 40 mBar) menghasilkan koefisien pindah massa yang lebih tinggi pada lima menit pertama, sedangkan pada menit selanjutnya tekanan 50 mBar memiliki nilai yang lebih besar, yang di duga terjadi deformasi permanen pada tekanan 30 dan 40 mBar.

Pada perpindahan air, perlakuan tekanan yang rendah (30 mBar) memberikan dampak peningkatan massa bahan dan kandungan air akibat tingginya volume bebas akibat perbedaan tekanan yang besar, yang melebihi kehilangan air. Perlakuan pada tekanan 50 mBar selama 20 menit memberikan hasil kandungan sukrosa yang paling tinggi dan kandungan air yang paling rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Alzamora, S, M, Tapia, M, S, Leunda, A, Guerrero, S, N, Rojas, A, M, Gerschenson, L, N, Parada-Arias, E. 2000. 'Minimal preservation of fruits: A cited project'. Dalam J, E. Lozano, C, Anon, E, Parada-Arias, G, V, Barbosa-Canovas (Eds.). *Trends in Food Engineering*. Technomic Publishing Company., Pennsylvania
- Canovas BGV, Mercado, V, H. 1996. *Dehydration of Foods*. International Thomson Publishing.
- Chiralt, A, Fito, P, Andres, A, Barat, JM, Martinez-Monzo, J, Martinez-Navarette, N. 1999. 'Vacuum Impregnation: A Tool in Minimally Processing of Foods'. Dalam FAR. Oliviera, JC. Oliviera (Eds.), *Processing of foods: Quality optimization and process Assessment*. FL CRC Press LLC, Boca Raton.
- Chiralt, A, Fito, P, Andres, A, Barat, J, M, Martinez-Gonzalez I, and Escriche, M, M, Camacho. 2001. Use of vacuum impregnation in food salting process. *Journal of Food Engineering*. 49(2-3):141-151.
- Derossi, A, de Pilli, T, Severini, C. 2010. Reduction in the pH of vegetables by vacuum impregnation: A study on pepper. *Journal of Food Engineering*. 99(1):9-15.
- Derossi, A, de Pilli, T, Severini, C. 2013. Application of pulsed vacuum acidification for the pH reduction of mushrooms. *LWT Food Science and Technology*. 54(2):585-591.
- Fernandes A, A, N, Rodrigues, S, Gaspareto O, C, P, Oliveira E, L. 2006. Optimization of osmotic dehydration of papaya followed by air-drying. *Food Research International*. 39(4):492-498.
- Fito, P, Andrés, A, Chiralt, A, Pardo, P. 1996. Coupling of hydrodynamic mechanism and deformation-relaxation phenomena during vacuum treatments in solid porous food-liquid systems. *J. Food Eng.* 27(3):229-240.
- Jayaraman, K, S, Das Gupta, D, K. 1992. Dehydration of fruit and vegetables – Recent developments in principles and techniques. *J. Drying Tech.* 10(1):1-50.
- Leunda, M, A, Guerrero, S, N, Alzamora, S, M. 2000. Color and chlorophyll content changes of minimally processed kiwifruit. *Journal of Food Processing and Preservation*. 24:17-38.
- Martinez-Monzo, J, Barat, J, M, Gonzalez-Martinez, C, Chiralt, A, Fito, P. 2000. Changes in thermal properties of apple due to vacuum impregnation. *Journal of Food Engineering*. 43(4):213-218.
- Mujica-Paz, H, Valdez-Fragoso, A, Lopez-Malo, A, Palou, E, Welte-Chanes, J. 2003. Impregnation properties of some fruits at vacuum pressure. *Journal of Food Engineering*. 56(4):307-314.
- Prothon, F, Ahrne, L, M, Funebo, T, Kidman, S, Langton, M, Sjöholm, I. 2001. Effects of combined osmotic and microwave dehydration of apple on texture, microstructure and rehydration characteristics. *LWT Food Science and Technology*. 34(2):95:101.
- Radziejewska-Kubzdela, E, Biegańska-Marecik, R, Kidoń, M. 2014. Appli-

cability of vacuum impregnation to modify physico-chemical, sensory and nutritive characteristics of plant Origin products-a review. *Int. J. Mol. Sci.* 15(9): 16577-16610.

Salvatori, D, Andrés, A, Chiralt, A, Fito, P. 1999. Osmotic dehydration progression in apple tissue I: spatial distribution of solutes and moisture content. *Journal of Food Engineering.* 42(3):125-132.