

PENGERINGAN PUFFING SAYURAN DENGAN GAS KARBON DIOKSIDA

Puffing Dehydrated Vegetable With Carbon Dioxide

Daniel Saputra¹

Abstract

The objective of this research was to determine if CO₂ puffing process could be applied to Indonesian vegetables which resulted in the largest increase in bulk specific volume (BSV) and rehydration ratio (RR). This research also was intended to reduce the residence time and CO₂ pressure needed to puff the product. Several vegetables which were common in the Indonesian's instant food were puffed dried using CO₂ gas at the pressure of 3.72, 5.10, and 6.48 MPa and residence time of 4 and 8 minutes and were then dried using a fluidized bed drier. This technology had successfully dried the carrot, potato, and Siamese squash cube with the size of 6x6x6 mm³, and green bean chunk in the length of 6 mm. The bulk specific volume and rehydration ratio of the sample tried were significantly higher than the hot air dried one (1.3 to 5 times for BSV and 1.2 to 1.5 for RR) and were 0.6 to 0.95 times the freeze dried product. The residence time, and pressure used for puffing with CO₂ could be reduced by soaking the sample into 2% Na₂HPO₄ before puffing. The optimal process was soaking the sample into 2% Na₂HPO₄, moisture content of 40 to 50%, residence time of 4 to 8 minutes, and CO₂ pressure of 5.10 to 6.48 MPa.

Keywords: CO₂, puffing, vegetables, rehydration ratio

PENDAHULUAN

Pengeringan merupakan salah satu metoda pengawetan hasil pertanian dan pangan yang paling banyak digunakan teristimewa di negara-negara sedang berkembang. Hasil pertanian dan pangan yang dikeringkan mempunyai keuntungan dibandingkan terhadap metoda pengawetan pangan lainnya karena dapat meningkatkan lama simpan (shelf life), mengurangi biaya pendinginan, menurunkan biaya transportasi, dan mengurangi biaya penyimpanan.

Sayuran kering seperti wortel, kentang, paprika, dan buncis telah digunakan sebagai bahan dan bumbu tambahan pada banyak makanan instan seperti sup instan, mie instan, dan makanan instan lainnya. Survey yang dilakukan oleh tim dari Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Sriwijaya menemukan bahwa lebih dari 60 % masyarakat di pedesaan dan di pinggiran kota Palembang mengkonsumsi mie instan sebagai makanan sarapan. Saputra, et al. (1997) menemukan bahwa dari survey pasar ditemukan bahwa

¹ Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Kampus Indralaya, Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km 32, Indralaya, Ogan Ilir-Palembang 30662, drdsaputra@yahoo.com

beberapa mie instan mengandung sayuran dalam daftar bumbu tetapi sayangnya harga mie instan yang seperti itu secara relatif 1,5 ke 3 kali lebih mahal daripada yang dikonsumsi oleh masyarakat umum. Selain itu juga ditemukan bahwa belum ada mie instan yang menggunakan potongan sayuran yang lebih tebal dari 3 mm. Dengan semakin meningkatnya jumlah perempuan yang bekerja di luar rumah, semakin tinggi juga kebutuhan akan makanan yang mudah diolah dan cepat disajikan. Pengembangan sayuran kering yang dapat berehidrasi dengan cepat akan memfasilitasi pemformulasian produk ini.

Metoda yang umum digunakan orang untuk mengeringkan buah dan sayuran adalah menggunakan udara panas dan pengeringan beku. Pengeringan menggunakan aliran udara panas memakan waktu yang relatif lama, khususnya untuk potongan yang besar. Kendala waktu yang dibutuhkan untuk pengeringan, penciutan produk dan rehidrasi kembali membatasi ukuran produk yang dikeringkan. Mutu produk khususnya aroma dan cita rasa menjadi rendah karena lamanya waktu yang dibutuhkan produk bersentuhan dengan udara panas.

Pengeringan beku menghasilkan produk dengan mutu prima karena produk yang dihasilkan masih mempunyai volume, warna, dan aroma produk asli serta mempunyai rasio rehidrasi yang tinggi. Produk yang dihasilkan pengeringan beku tidak pernah bersentuhan dengan suhu tinggi dan struktur selulernya utuh karena dalam prosesnya air yang ada di dalam produk dibekukan terlebih dahulu dan dikeluarkan dengan proses sublimasi. Teknologi ini mahal karena diperlukan energi ekstra untuk membekukan produk dan kemudian diperlukan suatu tabung khusus yang tahan tekanan tinggi akibat tekanan rendah (vakum) yang diperlukan untuk proses sublimasi. Teknologi pengeringan

beku, karena relatif mahal, hanya digunakan untuk produk-produk yang mempunyai nilai ekonomi relatif tinggi.

Harga produk pengeringan beku biasanya sekitar empat kali lipat produk yang dikeringkan dengan menggunakan aliran udara panas (Saputra et al., 1991). Perbedaan harga yang besar ini memberikan motif untuk melakukan pengembangan proses atau metoda alternatif untuk menghasilkan produk dengan mutu kompetitif. Berbagai metoda telah dikembangkan untuk mengatasi penurunan mutu sebagai akibat pengeringan menggunakan aliran udara panas. Salah satu alternatif terhadap proses pengeringan beku adalah proses kombinasi yang dikembangkan oleh California Vegetable Concentrate (CVC, Modesto, California, 1985). Proses ini menggunakan pengeringan aliran udara panas untuk mengeluarkan sebagian besar air yang dikandung bahan dan kemudian dibekukan sampai suhu dibawah nol yang dilanjutkan dengan proses pengeringan beku. Karena masih menggunakan pengeringan beku teknologi ini secara relatif masih mahal

Alternatif lain adalah teknologi puffing yang didefinisikan sebagai proses pengeringan udara dimana sebagian besar air telah dikeluarkan dengan pengeringan udara panas dan kemudian gas/uap ditiupkan kembali ke dalam pori bahan secara cepat sehingga porositas asal dapat dipertahankan yang kemudian dilanjutkan dengan pengeringan udara panas. Berdasarkan gas yang digunakan maka puffing dapat dibagi menjadi dua tipe. Tipe pertama adalah teknologi puffing yang dikembangkan oleh Sullivan dan Craig Jr. (1984). Puffing tipe pertama ini menggunakan uap air sebagai media puffing. Teknologi ini mempunyai kelemahan yaitu bahan yang dikeringkan mendapat panas yang relatif tinggi pada proses pengeringan awal, pada proses puffing atau peniupan/pengembangan dengan uap air (steam) yang mempunyai

suhu tinggi, dan terakhir dilanjutkan kembali dengan aliran udara panas sampai kadar air yang diinginkan. Akibat suhu tinggi ini maka dikuatkan nilai gizi dan aroma bahan menjadi turun. Untuk mengurangi perlakuan panas yang diterima produk maka Saputra et al. (1991) telah mengembangkan suatu metoda alternatif pengeringan menggunakan gas CO₂ sebagai media puffing. Perlakuan gas CO₂ mengakibatkan produk tertiuip, termasuk pembuluh kapilernya, sehingga pengkerutan dan penciutan yang terjadi akibat pengeringan awal tertiuip oleh gas CO₂ dan menghasilkan bahan yang volumenya hampir sama dengan volume awal. Proses peniuipan ini terjadi karena mengembangnya gas yang terperangkap di dalam sampel pada waktu tekanan dilepaskan secara mendadak (Saputra et al., 1991). Dengan metode ini ditemukan bahwa pengeringan puffing paprika dengan gas karbondioksida dipengaruhi oleh ukuran bahan, tekanan gas karbon dioksida, waktu peram paprika dengan gas karbon dioksida, dan kadar air produk sebelum di puffing. Paprika kering puffing CO₂ mempunyai nilai volume dan rehidrasi yang relatif lebih baik dari paprika yang dikeringkan menggunakan aliran udara panas. Tabeidi et al. (1992) menemukan bahwa kentang yang dikering puffing dengan gas CO₂ mempunyai rasio rehidrasi, volume spesifik kamba, dan tekstur yang lebih baik dari kentang yang dikeringkan menggunakan aliran udara panas. Proses penyerapan gas oleh sampel terjadi akibat proses adsorpsi yang dipengaruhi oleh konsentrasi bahan-bahan penyerap gas yang ada didalam bahan. Berbagai bahan tambahan makanan seperti fosfat memperbaiki banyak sifat makanan yang tentu juga akan mempengaruhi sampel yang dipuffing (Dzlezak, 1990).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah teknik pengeringan puffing dengan gas CO₂ juga dapat

diterapkan untuk sayuran yang banyak digunakan di produk makanan instan Indonesia seperti wortel, buncis, kentang, dan labu siam serta mempunyai volume spesifik kamba dan rasio rehidrasi yang relatif tinggi jika dibandingkan dengan sayuran yang dikeringkan dengan teknologi aliran udara panas dan pengeringan beku. Selain itu penelitian ini juga bertujuan untuk mencari bahan additif yang dapat menurunkan waktu peram dan tekanan gas CO₂ yang digunakan.

BAHAN DAN METODE

Penyiapan Bahan dan Prosedur Puffing

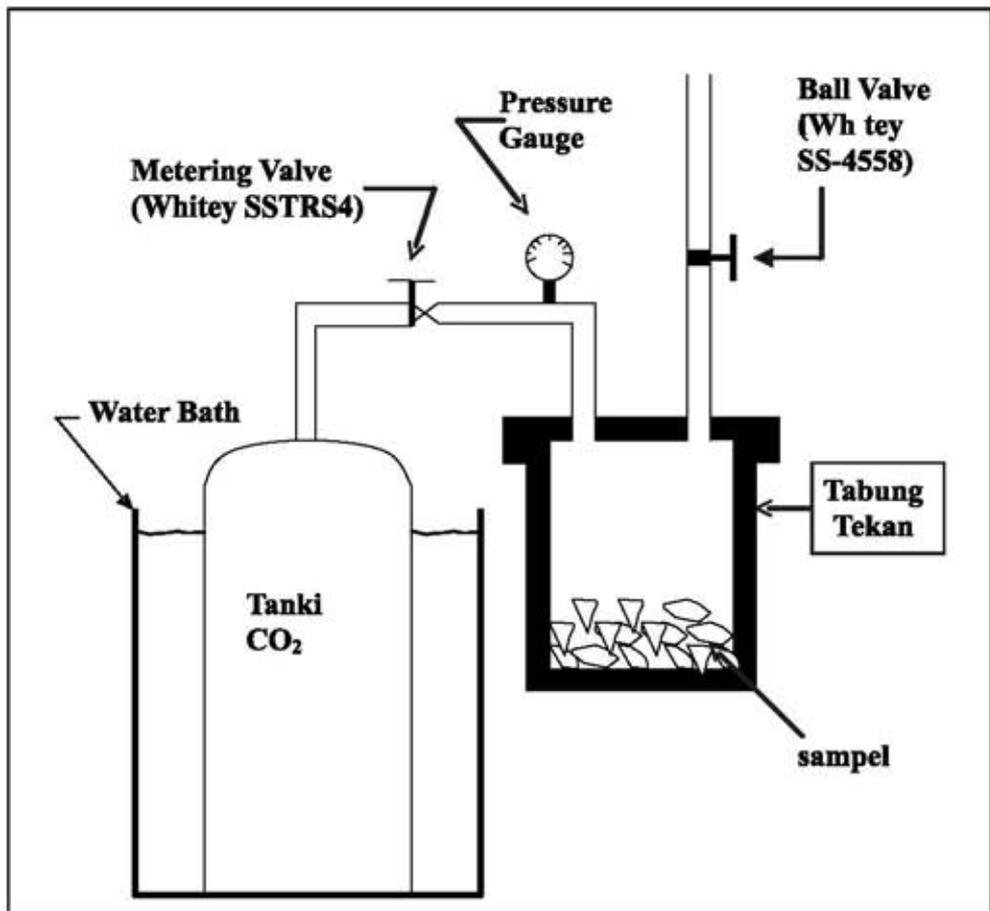
Wortel, kentang, dan labu siam diliris menjadi bentuk lembaran dan kemudian dipotong-potong menjadi bentuk dadu dengan ukuran 6 x 6 x 6 mm³. Buncis dipotong dengan panjang 6 mm. Sayuran ini kemudian direndam dalam larutan 5% asam askorbat selama satu jam untuk mencegah proses pencoklatan enzimatis (browning). Khusus untuk kentang pencegahan reaksi pencoklatan ditambahkan dengan perlakuan *blanching* menggunakan air panas (100 °C) selama tiga menit dan kemudian segera mendinginkannya dengan cara mencelupkan sampel ke dalam larutan air dingin (5 °C). Kemudian masing-masing sayuran ini dikeringkan menggunakan alat pengering lantal terfluidisasi yang dibuat khusus untuk penelitian ini pada suhu 55 °C sampai ke kadar air 50% basis basah (Saputra et al., 1991). Kadar air bahan dikonfirmasi dengan menggunakan metode oven. Sayuran kemudian disimpan dalam alat pendingin (refrigerator) pada suhu 5 °C selama 24 jam untuk menyeimbangkan kadar air di dalam potongan sayuran dan antar sayuran. Setelah proses ini sayuran di kering puffing.

Sayuran yang dikeringkan dengan

menggunakan teknologi aliran udara panas dan pengeringan beku diperlakukan sama sampai perendaman dengan asam askorbat. Sayuran yang dikeringkan menggunakan aliran udara panas kemudian dikeringkan ke kadar air 10% basis basah menggunakan alat pengering terfluidisasi dengan suhu 50 °C. Sampel kemudian disimpan dalam desikator untuk menghilangkan air yang tersisa. Sampel untuk pengeringan beku setelah perendaman dalam asam askorbat dibekukan ke suhu -18 °C selama 48 jam dan kemudian dikeringkan beku menggunakan alat pengering beku skala laboratorium. Sampel hasil pengeringan beku kemudian disimpan

dalam desikator.

Proses puffing dengan gas karbon dioksida dilakukan menggunakan alat seperti yang dilakukan oleh Saputra et al., (1997). Sampel dimasukkan ke dalam tabung baja stainless yang mampu menahan tekanan 15 MPa (Gambar 1). Kemudian setelah tabung ditutup aliran gas CO₂ dimasukkan dengan membuka katup pengukur (Metering valve, Whitey SSTRS4). Untuk memastikan bahwa gas yang ada di dalam tabung benar-benar gas CO₂, tabung dibilas dengan mengeluarkan gas CO₂ sebanyak tiga kali dengan memutar katup bola pembuangan (Ball valve, Whitey SS-4558). Tekanan gas diukur menggunakan



Gambar 1. Gambar Skematik Alat Puffing dengan Gas CO

Pressure gauge (Matheson 63-2233) yang juga diparalelkan dengan *Pressure transducer* (Omega PS 302- 15KGV) untuk mencatat perubahan tekanan. Untuk mempertahankan tekanan sumber gas CO₂ relatif konstan maka tabung sumber gas CO₂ direndam didalam penangas air (water bath) dengan suhu 25 °C. Setelah tekanan gas CO₂ di dalam tabung mencapai 6.48 MPa aliran gas ditutup. Puffing dilaksanakan setelah sampel diperam selama 8 menit pada tekanan 6.48 MPa dengan cara membuka katup pembuangan dalam waktu kurang dari satu detik (Saputra, 1988). Akibat pelepasan tekanan CO₂ secara mendadak, gas yang terperangkap di dalam sampel akan mengembang dan meniup sampel ke bentuk semula. Sampel kemudian dikeringkan menggunakan alat pengering lantai terfluidisasi dengan suhu 70 °C selama 60 menit dan kemudian setelah itu disimpan dalam desikator sampai dianalisa.

Optimasi Proses Puffing

Untuk menurunkan waktu peram dan tekanan yang digunakan dalam proses puffing tetapi tetap menghasilkan volume spesifik kamba dan rasio rehidrasi yang optimal, maka satu jenis sampel diuji cobakan menggunakan berbagai bahan batu kimia (NaHPO₄, CaCl₂, CaCO₃, CaHPO₄, dan tanpa bahan bantu kimia). Bahan bantu kimia yang digunakan adalah bahan bantu yang diizinkan digunakan sebagai bahan tambahan makanan. Penelitian dilakukan menggunakan rancangan percobaan *split-plot* dengan bahan bantu kimia sebagai petak utama, dan anak petaknya adalah lama peram (4 dan 8 menit) dan tekanan gas CO₂ (3.72, 5.10, dan 6.48 MPa).

Sampel untuk proses optimasi puffing sebelum diberi perlakuan seperti pada rancangan mendapat perlakuan standar *blanching* untuk mencegah terjadinya

reaksi pencoklatan enzimatis. Kemudian sampel diberi perlakuan kimia sesuai perlakuan dengan merendamnya dalam larutan bahan bantu kimia menggunakan air dingin (27 °C) selama 60 menit kemudian dikeringkan sampai mencapai kadar air 50% basis basah. Setelah itu disimpan di lemari pendingin untuk menyeimbangkan kadar air bahan. Selanjutnya produk diberi perlakuan puffing dengan tekanan gas CO₂ dan lama peram sesuai perlakuan. Bahan kemudian diukur volume spesifik kamba dan rasio rehidrasinya dan selanjutnya dianalisis secara statistik menggunakan PROC GLM pada program paket statistik SAS.

Pengukuran Volume Spesifik Kamba dan Rasio Rehidrasi

Pengukuran volume spesifik kamba dilakukan dengan cara menimbang sekitar 20 gram sampel yang telah dikering puffing dan kemudian sampel dimasukkan ke dalam gelas ukur 500 mL. Gelas ukur kemudian digoncang dengan cara mengetukkan dengan perlahan ke meja sebanyak tiga kali dan kemudian volumenya dicatat. Pengukuran volume dilakukan tiga kali dengan cara mengeluarkan sampel dan kemudian dimasukkan kembali ke dalam gelas ukur seperti sebelumnya. Nilai volume yang diambil adalah rata-rata dari tiga pengukuran ini.

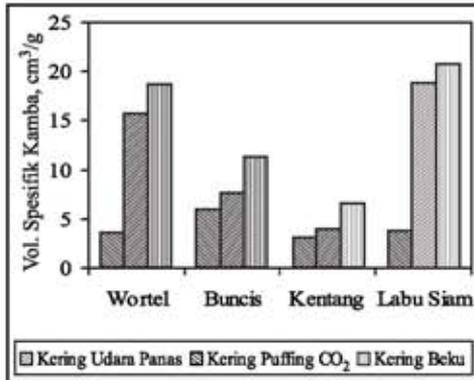
Pengukuran rasio rehidrasi dilakukan dengan cara memasukkan sampel sebanyak sekitar 20 gram ke dalam keranjang yang telah dibuat khusus untuk pengukuran ini dan kemudian mencelupkannya ke dalam air dingin (28 °C) selama 5 menit. Keranjang kemudian diangkat dan diketukkan sebanyak tiga kali dan sampel kemudian dikeluarkan dan ditimbang. Laju rehidrasi didefinisikan sebagai rasio massa sampel yang telah dibasahkan terhadap massa sample kering. Setiap uji dilakukan sebanyak tiga kali dan hasilnya dirata-ratakan. Sampel

untuk pengeringan aliran udara panas dan pengeringan beku juga diuji dengan cara yang sama.

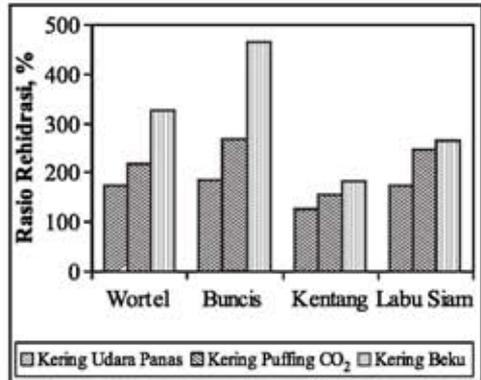
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil rata-rata puffing dengan gas CO₂ untuk wortel, kentang, buncis, dan

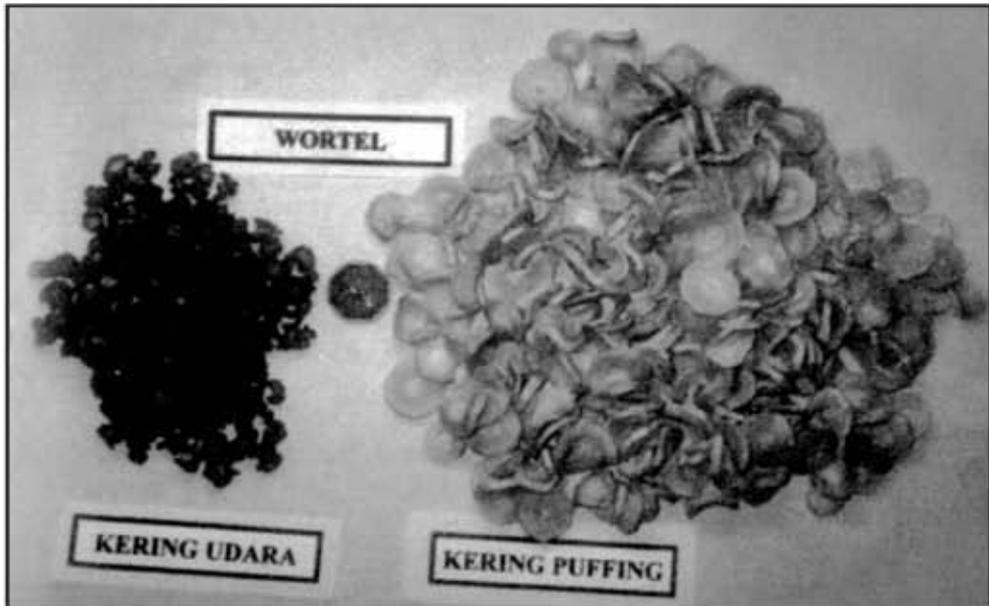
labu siam diperlihatkan pada Gambar 2 dan 3. Dapat dilihat bahwa sampel yang dikering puffing menggunakan gas CO₂ mempunyai nilai volume spesifik kamba (VSK) dan rasio rehidrasi (RR) yang relatif baik. Secara umum sampel yang dikering puffing CO₂ mempunyai VSK sebesar 1.3 sampai 5 kali VSK yang dikeringkan menggunakan aliran udara panas;



Gambar 2. Perbandingan Volume Spesifik Kamba Wortel, Buncis, Kentang, dan Labu Siam Menggunakan Tiga Metode Pengeringan



Gambar 3. Perbandingan Rasio Rehidrasi Wortel, Buncis, Kentang, dan Labu Siam Menggunakan Tiga Metode Pengeringan



Gambar 4. Foto hasil pengeringan wortel dengan pengeringan aliran udara panas dan puffing dengan gas CO₂

Tabel 1. Pengaruh Bahan Bantu Kimia Terhadap Rata-Rata Volume Spesifik Kamba Dan Rasio Rehidrasi Wortel Yang Dikering Puffing Dengan Gas CO₂.*

Bahan Bantu Kimia	Waktu Peram, menit	VSK, cm ³ /g	Rasio Rehidrasi, %
2%Na ₂ HPO ₄	4	15.9	328.8
2%Na ₂ HPO ₄	8	16.6	344.3
4% CaCl ₂	4	14.7	265.3
4% CaCl ₂	8	13.7	233.0
4% CaCO ₃	4	13.2	244.0
4% CaCO ₃	8	16.0	298.3
4% CaHPO ₄	4	14.0	272.4
4% CaHPO ₄	8	15.0	272.4
Tanpa bahan bantu	4	10.9	302.5
Tanpa bahan bantu	8	12.5	304.8

* Data pada tekanan 3.72, 5.10, dan 6.48 MPa telah diintegrasikan kedalam data yang disajikan.

sedangkan jika dibandingkan dengan sampel yang dikering bekukan mempunyai VSK dalam kisaran 0.60 ke 0.96 bahkan untuk labu siam VSK nya hampir sama dengan VSK labu siam yang dikering bekukan. Gambar 4 memperlihatkan foto perbandingan produk yang dikering puffing dengan yang dikeringkan menggunakan aliran udara panas.

Sampel yang dikering puffing dengan gas CO₂ mempunyai rasio rehidrasi (RR) sebesar 1.2 sampai 1,5 kali sampel yang dikeringkan menggunakan aliran udara panas; dan dalam selang 0.60 ke 0.93 jika dibandingkan dengan sampel yang dikering bekukan. Sama seperti pada pengukuran volume spesifik kamba, RR labu siam juga hampir menyamai besaran RR labu siam yang dikering bekukan. Rasio rehidrasi buncis yang dikering bekukan secara relatif jauh lebih besar dari RR buncis yang dikering puffing dengan gas CO₂ dan aliran udara panas. Hal ini mungkin disebabkan cara penanganan bahan. Pada buncis yang dikering bekukan selama proses pengering beku sampel tidak pernah mengalami loncatan-loncatan pada saat

dikeringkan menggunakan alat pengering lantai terfluidisasi yang membuat biji dan bagian dalamnya tetap utuh. Biji di dalam sample tentu saja akan menyerap air secara signifikan pada waktu pengujian rasio rehidrasi. Sebaliknya buncis yang dikering puffing dengan gas CO₂, sebelum dan sesudah proses puffing, mengalami loncatan-loncatan karena dikeringkan menggunakan alat pengering lantai terfluidisasi sehingga sebagian biji dan bagian dalam buncis akan hilang dan pada waktu pengujian rasio rehidrasi tidak menyerap air. Hal yang sama juga dapat diamati pada buncis yang dikeringkan menggunakan aliran udara panas.

Pengaruh bahan bantu kimia terhadap penurunan waktu peram dan tekanan CO₂ dicobakan menggunakan sayuran wortel. Pemilihan bahan ini didasarkan dari survey yang menunjukkan penggunaan wortel pada banyak makanan instan. Berdasarkan analisis statistik dan data rata-rata rasio rehidrasi dan volume spesifik kamba (Tabel 1) diketahui bahwa proses puffing dengan gas CO₂ dipengaruhi secara nyata oleh jenis bahan bantu kimia, tekanan gas CO₂ dan waktu peram. Dari Tabel 1 juga

Tabel 2. Perbandingan Hasil Rata-rata Puffing dengan Gas CO₂ Antara Penggunaan Bahan Bantu Kimia Dengan Tanpa Bahan Bantu Kimia*

Pengurangan	VSK, cm ³ /g	RR, %
Tanpa – 2% NaHPO ₄	-4.95	-32.64
Tanpa – 4% CaHPO ₄	-3.09	31.26
Tanpa – 4% CaCO ₃	-3.13	34.28
Tanpa – 4% CaCl ₂	-2.83	54.49
2% NaHPO ₄ – 4% CaHPO ₄	1.85	63.90
2% NaHPO ₄ – 4% CaCO ₃	1.82	66.92
2% NaHPO ₄ – 4% CaCl ₂	2.11	87.13
4% CaHPO ₄ – 4% CaCO ₃	-0.04	3.02
4% CaHPO ₄ – 4% CaCl ₂	0.26	23.23

* Data adalah rata-rata dari 78 pengamatan diintegrasikan terhadap waktu peram dan tekanan.

dapat dilihat bahwa waktu peram 8 menit memberikan hasil VSK dan RR yang selalu lebih tinggi dari waktu peram 4 menit. Walaupun nilai VSK untuk waktu peram 4 dan 8 menit berbeda nyata secara statistik tetapi secara praktis tidak jauh berbeda khusus untuk VSK menggunakan bahan bantu kimia 2% NaHPO₄, 4% CaCl₂, dan 4% CaHPO₄.

Bahan bantu kimia secara nyata dapat meningkatkan volume spesifik kamba dengan 2% Na₂HPO₄ memberikan data rata-rata volume spesifik kamba hampir mendekati volume spesifik kamba standar masing-masing 15.6 dan 16.9 cm³/g untuk waktu peram 4 dan 8 menit. Bahan bantu kimia yang lain juga mempunyai volume spesifik kamba yang lebih baik dibandingkan dengan tanpa bahan bantu kimia tetapi tidak sebaik 2% Na₂HPO₄. Demikian pula dengan rasio rehidrasi, 2% Na₂HPO₄ dapat memperbaiki rasio rehidrasi menjadi sama dengan rasio rehidrasi

wortel kering beku. Sayangnya rasio rehidrasi wortel yang diberi perlakuan bahan bantu lainnya tidak dapat lebih baik dari rasio rehidrasi wortel yang tanpa bahan bantu (Tabel 2). Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai RR untuk perbandingan tanpa bahan bantu dengan 2% NaHPO₄ mempunyai nilai negatif yang berarti RR 2% Na₂HPO₄ lebih besar dari nilai RR tanpa bahan bantu. Demikian pula jika dibandingkan dengan RR menggunakan bahan bantu lainnya nilai RR 2% NaHPO₄ selalu lebih besar. Nilai VSK secara menyeluruh memperlihatkan VSK dengan bahan bantu mempunyai VSK lebih besar dari VSK tanpa bahan bantu dengan VSK 2% NaHPO₄ mempunyai nilai tertinggi.

Untuk setiap jenis bahan bantu kimia yang digunakan dapat dilihat bahwa sampel yang diberi bahan bantu kimia yang mengandung pospat tidak memberikan beda nyata antara waktu peram 4 dan 8 menit (Tabel 1) dalam VSK dan RR. Demikian pula dari analisis statistik didapat bahwa sampel yang mendapat perlakuan bahan bantu kimia mengandung pospat tidak terdapat beda yang nyata antara tekanan 5.10 dan 6.48 MPa dalam menghasilkan VSK, tetapi pada rasio rehidrasi hanya wortel yang diberi perlakuan 2% Na₂HPO₄ saja yang tidak mempunyai perbedaan rasio rehidrasi untuk tekanan 5.10 dan 6.48 MPa. Sehingga untuk optimalisasi proses puffing dengan gas CO₂ disimpulkan menggunakan bahan bantu 2% Na₂HPO₄, waktu peram antara 4 ke 8 menit dan tekanan antara 5.10 ke 6.48 MPa.

KESIMPULAN

1. Teknologi Pengeringan Puffing menggunakan gas CO₂ telah berhasil mengeringkan sayuran yang banyak dipakai di makanan instan Indonesia (wortel, buncis, kentang, dan labu siam) dengan volume spesifik kamba dan rasio rehidrasi yang lebih baik

- dari pengeringan aliran udara panas (1.3 ke 5 kali lipat untuk BSV; dan 1.2 ke 1.5 untuk RR) dan mendekati BSV dan RR produk yang dikeringkan dengan pengeringan beku (0.6 ke 0.95 kali lipat).
2. Masa peram dan tekanan gas CO₂ yang digunakan dapat diturunkan dengan memberi perlakuan perendaman wortel dalam 2% Na₂HPO₄.
 3. Proses optimal dalam pengeringan puffing menggunakan gas CO₂ adalah proses yang memberikan perlakuan perendaman sampel dengan 2% Na₂HPO₄, waktu peram antara 4 ke 8 menit, dan tekanan antara 5.10 ke 6.48 MPa.
- Comelius. 1992. Puffing Potato Pieces with CO₂. Transaction of ASAE. Vol. 35(6): 1935-1940.
- Sullivan, J.F., dan J. C. Craig, Jr. 1984. The development of explosion puffing. Food Technology 38(2): 52-55, 131.

DAFTAR PUSTAKA

- CVC. 1985. Dehy-lites. A Publication of California Vegetable Concentrates, Modesto, Ca. 24(1).
- Dziedzak, J.D. 1990. Phosphates improve many foods. Food Technology: April, 1990.
- Saputra, D. 2000. Survey produk Mie Instan. Pengamatan Pribadi.
- Saputra, D., B. Hamzah, dan R. Pambayun. 1997. Teknologi Puffing dengan Gas Karbon Dioksida (CO₂) Sebagai Suatu Alternatif Pengeringan Hasil Hortikultura untuk Bahan Baku Makanan Instan. Laporan Akhir Penelitian Riset Unggulan Terpadu (RUT) III. Kantor Menristek dan LIPI.
- Saputra, D. 1988. Puffing Diced Green Bell Peppers with Carbon Dioxide. Unpublished M.S. Thesis, Dept. of Agricultural Engineering, University of Kentucky.
- Saputra, D., F.A. Payne, and P.L. Cornelius. 1991. Puffing Dehydrated Green Bell Peppers With Carbon Dioxide. Transaction of ASAE. Vol. 34(2): 475-480.
- Tabeidi, Z., F. A. Payne, dan P.L.

