

PENGARUH KONSENTRASI MALTODEKSTRIN PADA ADONAN BEKU TINGGI PROTEIN TERHADAP KARAKTERISTIK ROTI

[The Effect of Maltodextrin Concentration in High Protein Frozen Dough on Bread Characteristics]

Desiana Nuriza Putri*, Okta Pringga Pakpahan, Damat, Ari Rizki Yuspita Ningrum, dan Erika Novena Santoso

Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian-Peternakan, Universitas Muhammadiyah Malang, Malang

Diterima 22 Juni 2020 / Disetujui 10 November 2021

ABSTRACT

The maltodextrin in frozen dough functions as the cryoprotectant to keep the structure of dough and yeast viability during freezing. This study investigated the optimum maltodextrin concentration in the high-protein frozen dough to obtain the best characteristics of sweet bread. The experimental design was a simple, completely randomized design (CRD) with one factor, i.e., maltodextrin concentrations of 0, 1, and 2% w/w. The experiment was done in triplicates with 0% maltodextrin as the control. During ten days of frozen storage, it was found that the addition of maltodextrin significantly affected the number of viable yeast after freezing. Furthermore, the addition of 2% maltodextrin produces the best bread characteristics. Furthermore, the addition of maltodextrin to the frozen dough also protects the water content during proofing which was shown by loaf volume 85.80% and water content of 15.30%. Furthermore, yeast viability and the gluten content in bread profoundly impacted the optimum elasticity crumb firmness value 2.00 N/mm².

Keywords: cryoprotectant, frozen dough, maltodextrin, sweet bread

ABSTRAK

Maltodekstrin pada adonan berfungsi sebagai krioprotektan untuk melindungi struktur adonan dan viabilitas ragi selama pembekuan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji konsentrasi maltodekstrin optimum dalam adonan protein tinggi untuk menghasilkan karakteristik roti manis terbaik. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) sederhana dengan satu factor yaitu konsentrasi maltodekstrin (0, 1 dan 2% b/b). Setiap perlakuan diulang tiga kali dan perlakuan maltodekstrin 0% ditetapkan sebagai control. Selama sepuluh hari penyimpanan beku, didapatkan hasil bahwa penambahan maltodekstrin berpengaruh nyata terhadap jumlah khamir yang hidup setelah pembekuan. Penambahan maltodekstrin 2% menghasilkan karakteristik roti terbaik. Selain itu, penambahan maltodekstrin pada adonan beku juga mempertahankan kadar air saat proofing time ditunjukkan dari volume roti 85,80% dan kadar air 15,30%. Selanjutnya, viabilitas ragi dan kandungan gluten dalam roti sangat mempengaruhi nilai elastisitas remah yang optimum 2,00 N/mm².

Kata kunci: adonan beku, krioprotektan, maltodekstrin, roti manis

PENDAHULUAN

Roti manis menjadi salah satu jenis roti yang digemari masyarakat Indonesia, hal ini terlihat dari peningkatan konsumsi roti manis perkapita tahun 2015 berkisar 0,376 kg/minggu menjadi 0,548 kg/minggu pada tahun 2019 (BPS, 2020). Tingginya potensi permintaan pasar terhadap roti manis

menuntut perusahaan untuk meningkatkan efisiensi produksi yang dapat mempertahankan standar mutu produk. Pembuatan roti manis dengan teknologi adonan beku (*frozen dough*) mampu meningkatkan efisiensi karena tidak membutuhkan banyak tenaga kerja dan mudah diolah menjadi *fresh bread* sehingga mampu menghasilkan produk dengan mutu yang homogen di setiap tempat. Selain itu, adonan beku menawarkan beberapa keuntungan seperti penurunan biaya produksi karena proses produksi yang terpusat, masa simpan lebih lama karena

*Penulis Korespondensi:
E-mail: desiana@umm.ac.id

disimpan pada suhu beku dan distribusi adonan skala besar yang lebih mudah karena pendistribusian sudah dalam bentuk adonan beku bukan bahan mentah (de la Cruz-Gavia *et al.*, 2018).

Senyawa krioprotektan digunakan pada makanan untuk mengontrol nukleasi air tidak berubah menjadi bentuk es didalam struktur makanan (Seetapan *et al.*, 2015). Pada pembuatan *frozen dough*, senyawa krioprotektan ditambahkan untuk melindungi ragi dan mempertahankan kadar air selama penyimpanan pada suhu beku. Hal ini terjadi dengan mekanisme krioprotektan melindungi ikatan matriks gluten yang mencegah ekskresi air keluar dari sel ragi (Momose *et al.*, 2010). Maity *et al.* (2011) dalam studinya menjelaskan bahwa penambahan senyawa krioprotektan berperan dalam proses penahanan air dan viskoelastik untuk melindungi struktur produk makanan saat penyimpanan suhu beku. Senyawa krioprotektan yang sering digunakan pada negara di kawasan Asia adalah jenis maltodekstrin (Abd-El-Khalek, 2020). Sze-Yin dan Lai-Hoong (2013) pada penelitiannya telah membuktikan bahwa maltodekstrin dengan konsentrasi 2% dapat mengurangi tingkat kerusakan ragi pada adonan ketika pembekuan. Namun, hal tersebut masih memiliki permasalahan dengan adonan yang menggunakan tepung protein lebih dari 35% (>4,84 g) dari berat adonan yang disebabkan oleh kristal es. Selama penyimpanan beku, kelebihan protein mampu menggumpalkan amilosa dengan cepat sehingga terjadi interaksi berlebihan antara pati dan gluten. Kondisi ini menyebabkan kristalisasi pada *crumb* (Witczak *et al.*, 2010).

Lebih lanjut, Leray *et al.* (2010) menjelaskan kristal es akan berpengaruh ketika proses thawing yang berdampak pada penurunan retensi gas selama fermentasi. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan maltodekstrin sebagai krioprotektan (1-2%) terhadap karakteristik roti manis.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Tepung gandum berprotein tinggi (13%) (Merck, Indonesia), tepung gandum berprotein sedang (11-12,5%) (PT Indofood Sukses Makmur Tbk, Indonesia), gula, garam, *emulsifier*, maltodekstrin DE 16 (Lihua Starch, Cina) dengan tingkat kemurnian 100% yang diperoleh dari Laboratorium Ilmu dan Teknologi Pangan, Universitas Muhammadiyah Malang, ragi instan, telur ayam ras, mentega, margarin, susu skim, aquadest dingin, Bahan kimia yang digunakan adalah NaOH (Merck, Jerman), H₂SO₄ (Merck, Jerman) dan aquades.

Pembuatan roti manis (Damat *et al.*, 2017 dengan modifikasi)

Formula roti manis terdiri dari empat level variabel bebas yaitu roti tanpa penambahan maltodekstrin (0%), penambahan 1% maltodekstrin, penambahan 2% maltodekstrin dan tanpa pembekuan (Tabel 1). Prosedur pembuatan roti manis yaitu dengan mencampurkan bahan kering (tepung terigu, gula, ragi), telur dan air kemudian diaduk dengan *dough mixer* (kecepatan rendah, ±10 menit) kemudian ditambahkan garam dan mentega diaduk dengan kecepatan tinggi (±20 menit). Adonan kemudian dibagi menjadi beberapa bagian (*dividing*) dengan berat 20 g dan dibulatkan (*moulding*).

Adonan dimasukkan ke dalam loyang plastik yang dilanjutkan ditutup dengan plastik *wrap* dilanjutkan dengan pembekuan pada *chest freezer* (Electrolux ECM2100 WA-XE, Cina) dengan suhu -20°C, dan disimpan selama 10 hari. Adonan di *thawing* menggunakan *proofing* (Getra FX-15J, Cina) (30°C, 1 jam) dan dilanjutkan fermentasi menggunakan *proofing* (40°C, 1 jam) dengan kelembapan relatif (RH) 80-85%.

Tabel 1. Formulasi roti manis metode *frozen dough*

Komposisi (g)	Kontrol 1	1 Maltodekstrin	2 Maltodekstrin	Kontrol 2
Terigu protein tinggi	80	80	80	80
Terigu protein sedang	20	20	20	20
Air es	45	45	45	45
Margarin	0	0	0	0
Mentega	10	10	10	10
Telur	20	20	20	20
Susu bubuk	20	20	20	20
Gula pasir	20	20	20	20
<i>emulsifier</i>	0,5	0,5	0,5	0,5
Ragi Instant	2	2	2	2
Garam	1	1	1	1
Maltodekstrin	0	1	2	0
Proses Pembekuan	Ya	Ya	Ya	Tidak

Tahap terakhir adalah pengovenan (RFL-36, Cina) (150°C, 15 menit) hingga warna roti manis menjadi kuning kecokelatan. Sampel dianalisis setelah pendinginan selama satu jam. Pengambilan sampel untuk dianalisis jumlah ragi yang hidup, sifat pengembangan roti, volume spesifik, kekerasan, kadar air, kadar abu dan sifat organoleptik dilakukan pada hari ke-0 (sebelum pembekuan) dan penyimpanan beku hari ke-10.

Hardness analysis (Mandala et al., 2007)

Roti manis dipotong dengan bentuk kubus dengan ukuran 2x2x2 cm lalu sampel ditekan dengan menggunakan silinder probe dengan diameter 10 mm menggunakan alat *Texture Analyzer* (Shimadzu EZ-100 Test model SM-500N-168, Jepang), dengan prinsip daya tekan pada alat atau mempunyai bahan untuk kembali ke posisi semula setelah tekanan dihilangkan (satuan N/mm²).

Elastisitas (Anggraeni et al., 2017)

Prosedur pengujian *Texture Analyze* yaitu *knife probe* P/2 dan meja sampel HDP/90 dipasang. Model *texture analyzer* diatur sebagai *measure force in compression*. Sampel roti diukur diameter dan ketebalannya lalu diletakkan pada meja sampel. Probe pemotong menyentuh roti hingga terjadi *fracture* dan kembali ke posisi semula.

Uji volume pengembangan (Imami dan Sutrisno, 2018)

Volume pengembangan dihitung dengan cara membagi volume roti dengan volume adonan, volume pengembangan dihitung dengan satuan persen (%). Volume dihitung dengan rumus setengah bola ($1/2(4/3\pi r^3)$). Lebar bawah roti manis diukur di diameter dengan jangka sorong dan rata-rata dicatat.

Uji keseragaman pori (*crumb*) roti manis

Sampel adonan panggang diiris secara vertikal dan gambar relatifnya diambil menggunakan kamera handphone VIVO tipe V5s dengan resolusi Super HD dan diamati lubang pori yang terlihat.

Uji viabilitas ragi (Noroul et al., 2013)

Peralatan pengujian, aquades dan media PDA disterilisasi menggunakan autoklaf (121°C, 15 menit). Sampel sebanyak 1 g diencerkan hingga pengenceran 10⁻⁴ di dalam tabung reaksi berisi 9 mL akuades. Isolat *yeast* pada pengenceran keempat sebanyak 1 mL, dipindahkan ke media PDA. Kemudian diinkubasi (35°C, 72 jam). Ragi yang tumbuh dihitung jumlahnya menggunakan metode perhitungan *total plate count*.

Uji organoleptik (Pusuma et al., 2018)

Pengujian organoleptik dilakukan dengan metode hedonik (kesukaan) meliputi kesukaan terhadap rasa, tekstur dan kesukaan secara keseluruhan. Dalam pengujian ini, panelis memberikan penilaian berdasarkan tingkat kesukaan. Skor yang digunakan adalah 5 (sangat suka), 4 (suka), 3 (cukup suka), 2 (tidak suka), 1 (sangat tidak suka). Pengujian organoleptik dilakukan oleh 30 orang panelis (19 wanita, 11 laki-laki) tidak terlatih (umur 19-22 tahun).

Analisis statistik

Rancangan percobaan penelitian ini adalah rancangan acak lengkap sederhana (RAL) dengan faktor perlakuan yaitu penambahan maltodekstrin (0, 1, dan 2% b/b) dengan tiga ulangan, 0% sebagai kontrol (tanpa penambahan maltodekstrin). Analisis karakteristik roti dilakukan pada sampel tanpa penyimpanan beku dan setelah 10 hari penyimpanan beku. Hasil pengujian karakteristik roti manis dianalisis secara statistik menggunakan perangkat lunak SPSS 20 kemudian dilanjutkan dengan uji lanjut metode *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf kepercayaan 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan baku maltodekstrin

Analisis bahan baku bertujuan untuk mengetahui kandungan kimia suatu bahan sebelum ditambahkan dalam pembuatan adonan beku sehingga dapat diketahui pengaruh yang dapat ditimbulkan dari penggunaan bahan terhadap karakteristik fisiko-kimia produk roti manis. Spesifikasi maltodekstrin terdapat pada Tabel 2. Maltodekstrin merupakan produk hidrolisis pati yang memiliki nilai DE sesuai dengan berat molekul. Nilai DE yang lebih tinggi menunjukkan derajat hidrolisis yang lebih tinggi dan sebagian besar terdiri dari polimer glukosa dengan berat molekul lebih kecil, seperti glukosa dan oligosakarida (Harnkarnsujarit et al., 2012). Berdasarkan hasil analisis, spesifikasi mutu maltodekstrin berwarna putih dengan kandungan gula reduksi sebesar 7,61%. Pada proses hidrolisis pati, ketika ukuran molekul menurun, jumlah gula reduksi dan DE meningkat, dan diikuti oleh peningkatan reaksi Maillard (Honary dan Zahir, 2013).

Tabel 2. Spesifikasi mutu maltodekstrin

Parameter	Maltodekstrin Penelitian
Kadar air	7,57%
Gula reduksi	7,61%
Warna	Putih
Rasa	Hambar
DE	16

Gula reduksi dipengaruhi oleh konsentrasi pati dan enzim, semakin tinggi konsentrasi pati dan enzim semakin tinggi gula reduksi. Nilai DE *Dextrose Equivalent* (DE) maltodekstrin menggambarkan kandungan gula pereduksi. Maltodekstrin dengan nilai DE tinggi mengandung molekul dengan berat molekul lebih kecil dari maltodekstrin dengan nilai DE rendah. Maltodekstrin DE tinggi lebih mudah menyerap air dan menghasilkan proses degradasi (Yamashita *et al.*, 2017).

Volume pengembangan roti manis

Penambahan maltodekstrin 2% efektif dalam mempertahankan volume pengembangan roti manis setelah pembekuan sepuluh hari, sedangkan perlakuan tanpa penambahan maltodekstrin terjadi penurunan sebesar 58%. Penambahan maltodekstrin dapat meningkatkan volume pengembangan pada roti manis dengan perlakuan pembekuan. Sampel tanpa pembekuan memiliki volume pengembangan lebih besar yaitu 187%, sedangkan volume pengembangan sampel dengan perlakuan maltodekstrin berkisar 78-160%, volume pengembangan turun secara signifikan selama penyimpanan beku ($P < 0,05$). Volume pengembangan sampel tanpa penambahan maltodekstrin menunjukkan penurunan tajam selama 10 hari penyimpanan. Roti manis dengan volume pengembangan tertinggi pada hari ke 0 yaitu pada perlakuan tanpa pembekuan diikuti dengan perlakuan maltodekstrin 0% berturut-turut yaitu sebesar 187,08 dan 167,81% (Tabel 3). Volume pengembangan tertinggi pada hari ke 10 yaitu pada perlakuan tanpa pembekuan sebesar 187,08% diikuti dengan perlakuan maltodekstrin 2% sebesar 85,80%. Sejalan dengan hasil penelitian ini, penelitian Chandralekha *et al.* (2016) yang mempelajari pengaruh bahan pembawa yang berbeda untuk melindungi sel *Saccharomyces cerevisiae* selama proses *spray drying* dan *freeze drying*, hasil penelitian menyimpulkan bahwa sel-sel ragi menunjukkan perlindungan yang lebih tinggi (85% sel hidup) selama waktu penyimpanan ketika menggunakan kombinasi pati jagung dan maltodekstrin sebagai bahan pembawa.

Hasil penelitian lain Sze-Yin dan Lai-Hoong (2013) menyatakan bahwa campuran antara treha-

lose 0,1% dan maltodekstrin 1 atau 2% dapat meningkatkan volume spesifik *Chinese Steamed Bread* yang terbuat dari adonan beku dibandingkan dengan perlakuan penambahan trehalosa sebesar 0,2%. Menurut Nopianti *et al.* (2012) krioprotektan berperan mencegah protein terdenaturasi selama penyimpanan beku. Menurut Kondakci *et al.* (2015) pembekuan adonan dapat menurunkan volume pengembangan karena terjadi penurunan kekuatan jaringan gluten didalam adonan selama penyimpanan beku yang dapat menyebabkan penurunan retensi gas dengan dua kemungkinan mekanisme, pertama, ketersediaan molekul karbohidrat yang dapat difermentasi oleh ragi (Ghoshal *et al.*, 2016). Kedua, selama proses pemanggangan glukukan dengan derajat polimerisasi yang tinggi memberikan pengaruh negatif pada struktur adonan (Eduardo *et al.*, 2016).

Tekstur roti manis

Penambahan maltodekstrin berpengaruh tidak signifikan terhadap kekerasan roti ($P > 0,05$) dan tidak terjadi penurunan tekstur yang signifikan setelah pembekuan sepuluh hari (Tabel 4), hal ini dikarenakan maltodekstrin dapat bekerja melindungi ragi sehingga tekstur roti bisa dipertahankan selama penyimpanan beku. Hasil ini berbeda dengan penelitian Topaloglu (2015) yang menyatakan bahwa setelah 7 hari penyimpanan produk, kekerasan meningkat sekitar 67% yang disebabkan oleh peningkatan kehilangan kandungan air. Hasil penelitian Sze-Yin dan Lai-Hoong (2013) menunjukkan bahwa penyimpanan beku dapat meningkatkan tekstur pada *Chinese Steamed Bread* dari adonan beku dengan penambahan krioprotektan dari campuran trehalosa dan maltodekstrin. Penambahan krioprotektan trehalosa dan maltodekstrin dengan konsentrasi 0,2 dan 2% dengan *freezing time* selama 5 bulan menghasilkan tekstur roti kukus dari adonan beku yang paling lembut atau tekstur yang relatif lebih rendah. Penambahan krioprotektan yang sesuai dan optimal sangat penting untuk mengontrol pelelehan es dan rekristalisasi pada adonan selama penyimpanan beku (Sze-Yin dan Lai-Hoong, 2013) dan penambahan krioprotektan yang terlalu banyak dapat merusak tekstur roti.

Tabel 3. Volume pengembangan roti manis di awal dan akhir pembekuan

Perlakuan	Volume Pengembangan (%)		
	Hari ke 0	Hari ke 10	Selisih (%)
Maltodekstrin 0%	167,81±10,91 ^b	68,20±23,6 ^a	58 ^b
Maltodekstrin 1%	127,70±59,13 ^{ab}	75,01±12,15 ^a	40 ^{ab}
Maltodekstrin 2%	78,23±13,42 ^a	85,80±15,09 ^a	0 ^a
Tanpa pembekuan	187,08±26,33 ^b	187,08±26,33 ^b	0 ^a

Keterangan: Data merupakan hasil rata-rata dari 3 ulangan dan angka diikuti oleh huruf abjad yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji DMRT $\alpha = 5\%$

Tabel 4. Tekstur roti manis di awal dan akhir pembekuan

Perlakuan	Tekstur (N/mm ²)		
	Hari ke 0	Hari ke 10	Selisih
Maltodekstrin 0%	0,46±0,12 ^a	0,40±0,09 ^a	0,07±0,08 ^a
Maltodekstrin 1%	0,51±0,12 ^a	0,80±0,32 ^a	-0,29±0,39 ^a
Maltodekstrin 2%	0,70±0,07 ^a	0,81±0,03 ^a	-0,11±0,06 ^a
Tanpa pembekuan	5,11±1,03 ^b	5,11±1,03 ^b	0,07±0 ^a

Keterangan: Data merupakan hasil rata-rata dari 3 ulangan dan angka diikuti oleh huruf abjad yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji DMRT $\alpha=5\%$

Elastisitas roti manis

Penambahan maltodekstrin 1% efektif untuk mempertahankan elastisitas roti dibandingkan tanpa penambahan maltodekstrin setelah pembekuan sepuluh hari. Penambahan maltodekstrin berpengaruh nyata terhadap elastisitas roti ($P<0,05$). Elastisitas roti manis mengalami penurunan setelah 10 hari pembekuan (Tabel 5). Elastisitas roti menurun sebagai akibat molekul gluten yang terdegradasi atau dehidrasi selama penyimpanan beku. Hasil ini didukung oleh Kohajdová *et al.* (2009) yang menerangkan bahwa dalam produk *bakery*, maltodekstrin berfungsi untuk memperlambat staling, meningkatkan kualitas produk segar, mencegah pertumbuhan kristal es dalam produk selama penyimpanan beku dan mampu meningkatkan stabilitas beku-cair.

Gliadin dalam gluten berperan sebagai perekat sehingga adonan menjadi elastis, sedangkan glutenin berfungsi untuk menahan gas CO₂ yang dihasilkan oleh ragi sehingga adonan dapat mengembang dan membentuk pori-pori, selain itu glutenin mampu mempertahankan adonan agar tetap kokoh (Ayustaningwarno, 2014). Hasil penelitian dengan penambahan maltodekstrin 1% menghasilkan penurunan elastisitas terkecil yaitu sebesar 0,10±0,13. Penambahan krioprotektan yang sesuai dan optimal sangat penting untuk mengontrol pelelehan es dan rekristalisasi pada adonan selama penyimpanan beku dan penambahan krioprotektan yang terlalu banyak dapat merusak tekstur roti (Sze-Yin dan Lai-Hoong, 2013). Menurut Kohajdová *et al.* (2009) penambahan maltodekstrin dapat mencegah pertumbuhan kristal es sehingga kerusakan gluten dapat dicegah. Penambahan krioprotektan yang sesuai dan optimal sangat penting untuk mengontrol pelelehan es dan rekristalisasi pada adonan selama penyimpanan beku (Sze-Yin dan Lai-Hoong, 2013) dan penambahan krioprotektan yang terlalu banyak dapat merusak tekstur roti.

Kenampakan pori (*crumb*)

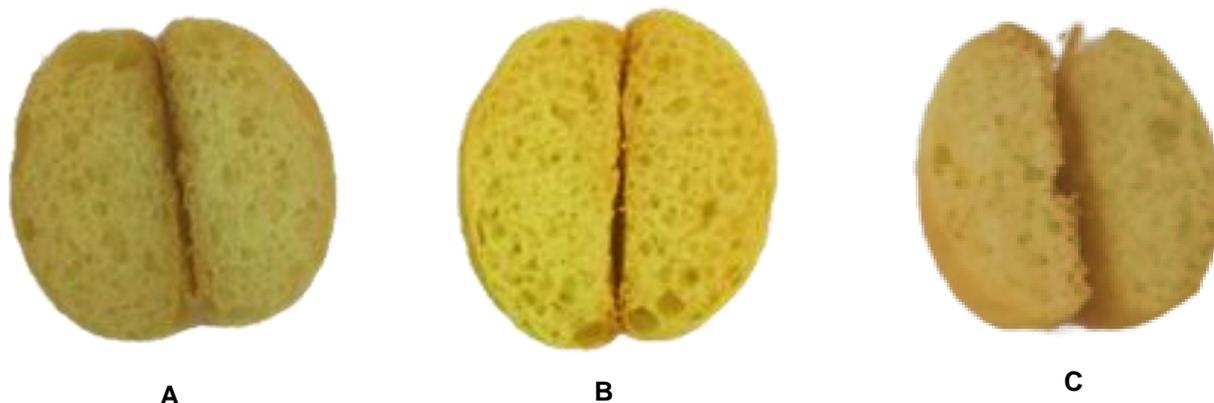
Kenampakan *crumb* pada roti manis setelah penyimpanan beku selama 10 hari secara kualitatif (Gambar 1) yaitu porositas roti tanpa penambahan maltodekstrin dan 2% maltodekstrin tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, roti dengan formulasi 1% maltodekstrin menghasilkan pori yang lebih seragam dari pada roti yang lain, hal ini sesuai

dengan Arendt *et al.* (2011) yang menyatakan bahwa adonan yang dapat mempertahankan CO₂ menghasilkan roti yang lebih berpori. Hal ini disebabkan oleh maltodekstrin yang dapat melindungi ragi dan gluten saat proses pembekuan sehingga gas CO₂ yang dihasilkan ragi dapat dipertahankan. Menurut Phimolsiripol *et al.* (2012) konsumen lebih menyukai roti dengan kenampakan pori yang seragam dan berukuran sedang hingga besar (4,21±0,69 mm). Kenampakan *crumb* dipengaruhi oleh komposisi bahan seperti jenis tepung terigu yang digunakan dan penambahan lemak (mentega atau *shortening*), *emulsifier*, adanya penambahan hidrokoloid, serta kadar abu dan aktivitas metabolisme ragi (Rathnayake *et al.*, 2018).

Penambahan maltodekstrin melindungi kerusakan protein (gluten) dari kristal es akibat pembekuan, perlindungan tersebut berupa pengikatan air sehingga air yang dibutuhkan protein untuk menghasilkan struktur *crumb* yang seragam. Semakin meningkat ukuran kristal es memberikan efek signifikan terhadap penurunan kekuatan jaringan gluten. Penambahan maltodekstrin sebesar 1% menghasilkan *crumb* yang memiliki pori lebih besar dan seragam, sedangkan roti tanpa maltodekstrin memiliki kenampakan *crumb* roti manis yang dihasilkan lebih terlihat halus dan memiliki pori yang lebih seragam namun kecil-kecil. Roti dengan *crumb* kecil mengindikasikan bahwa roti tidak mengembang sempurna atau bantat.

Kadar air roti manis

Penambahan maltodekstrin berpengaruh signifikan terhadap kadar air roti manis (Tabel 6). Penurunan kadar air roti tertinggi setelah pembekuan yaitu pada perlakuan penambahan maltodekstrin 1% sebesar 2,55%. Hal ini karena maltodekstrin mengikat air bebas dalam adonan untuk membentuk jaringan, sehingga penambahan maltodekstrin lebih tinggi mengakibatkan penurunan kadar air adonan, jaringan lebih padat dan struktur roti lebih kaku. Topaloglu (2015) menyatakan bahwa peningkatan jumlah maltodekstrin yang ditambahkan dalam adonan menyebabkan penurunan kadar air pada adonan dan memberikan hasil kadar air roti sekitar 18 dan 16% setelah pembekuan adonan pada hari ke 0 dan ke-10.



Keterangan A= tanpa penambahan maltodekstrin; B= penambahan 1% maltodekstrin; C= penambahan 2% maltodekstrin

Gambar 1. Kenampakan *crumb* roti manis

Tabel 5. Elastisitas roti manis di awal dan akhir pembekuan

Perlakuan	Elastisitas (N/mm ²)		
	Hari ke 0	Hari ke 10	Selisih
Maltodekstrin 0%	1,99±0,25 ^a	1,72±0,26 ^a	0,27±0,05 ^{ab}
Maltodekstrin 1%	2,81±0,71 ^a	2,71±0,63 ^b	0,10±0,13 ^{ab}
Maltodekstrin 2%	2,60±0,38 ^a	2,00±0,20 ^{ab}	0,60±0,57 ^b
Tanpa pembekuan	13,35±0,56 ^b	13,35±0,56 ^c	0,00±0 ^a

Keterangan: Data merupakan hasil rata-rata dari 3 ulangan dan angka diikuti oleh huruf abjad yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji DMRT $\alpha= 5\%$

Tabel 6. Kadar air roti manis di awal dan akhir pembekuan

Perlakuan	Kadar Air (%)		
	Hari ke 0	Hari ke 10	Selisih
Maltodekstrin 0%	15,41±0,144 ^a	15,08±0,56 ^a	0,33±0,49 ^a
Maltodekstrin 1%	17,27±0,69 ^b	14,71±0,26 ^a	2,55±0,89 ^b
Maltodekstrin 2%	15,56±0,32 ^a	15,30±0,35 ^a	0,26±0,65 ^a
Tanpa pembekuan	19,14±0,11 ^c	19,14±0,11 ^b	0,00±0 ^a

Keterangan: Data merupakan hasil rata-rata dari 3 ulangan dan angka diikuti oleh huruf abjad yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji DMRT $\alpha= 5\%$

Hasil penelitian Topaloglu (2015) menghasilkan kadar air lebih tinggi dengan konsentrasi maltodekstrin 7,5%, yaitu menghasilkan kadar air sebesar 18%. Maltodekstrin bersifat higroskopis yang mudah mengikat air sehingga menyebabkan bahan memiliki daya larut dan daya serap yang tinggi terhadap air. Kohajdová *et al.* (2009) menyatakan bahwa molekul maltodekstrin tersusun atas gugus hidroksil yang dapat mengikat air dalam jumlah besar. Gugus hidroksil yang mengikat molekul air dapat menyebabkan molekul air berada dalam granula maltodekstrin sehingga air tidak bersifat bebas. Perubahan kandungan kadar air setelah penyimpanan beku dapat disebabkan oleh kristal es yang terbentuk selama pembekuan dan berdampak pada penurunan daya ikat air (*water holding capacity*) gluten ketika adonan *thawing* kembali. Gluten merupakan protein utama dalam tepung terigu yang terdiri dari

gliadin dan glutenin dan sekitar 30% asam amino gluten adalah hidrofobik.

Penurunan kemampuan gluten untuk mengikat air mengakibatkan air terlepas saat *thawing* sehingga kadar air roti dari adonan beku lebih rendah daripada tanpa pembekuan. Penelitian Topaloglu (2015), kadar air menurun karena penggunaan jumlah maltodekstrin meningkat, sekitar 18 dan 16% pada hari ke-0 dan ke-7. Selain itu, hasil ini juga mengonfirmasi penelitian Pycia *et al.* (2018) yang menggunakan metode analisis farinografi untuk mengetahui pengaruh penambahan maltodekstrin (2-8%) pada 100 g adonan pada struktur adonan. Penambahan maltodekstrin berpengaruh terhadap penyerapan air tepung triticale. Pada tepung yang ditambahkan MLS, nilai rata-rata kadar air lebih rendah sebesar 9,2% dibandingkan dengan sampel kontrol.

Kadar abu roti manis

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan maltodekstrin berpengaruh tidak signifikan terhadap kadar abu roti manis (Tabel 7). Kadar abu roti manis pada penelitian ini yaitu antara 1,36-1,44% (b/b), hasil ini lebih tinggi dari penelitian sebelumnya yaitu Hardoko *et al.* (2010) yang menghasilkan roti tawar dari substitusi ubi ungu dan penambahan emulsifier dengan kadar abu 0,81 sampai 0,93%, dan hasil dalam penelitian ini lebih kecil dibandingkan dengan kadar abu roti hasil penelitian Balarabe *et al.* (2017) yaitu sebesar 6,46%. Kadar abu berhubungan dengan kandungan mineral yang terdapat dalam suatu bahan.

Viabilitas yeast

Penambahan maltodekstrin 1% efektif untuk mengurangi jumlah yeast yang mati selama pembekuan 10 hari yaitu sebesar $\pm 2,4 \times 10^6$ CFU/g (Tabel 8). Penambahan maltodekstrin yang semakin banyak (2%) secara signifikan dapat mengurangi jumlah ragi yang mati sebesar $\pm 0,7 \times 10^6$ CFU/g, sedangkan adonan tanpa penambahan maltodekstrin viabilitas yeast roti manis turun sebesar $3,12 \times 10^6$ CFU/g. Penambahan maltodekstrin berpengaruh signifikan terhadap jumlah ragi yang hidup setelah pembekuan ($P < 0,05$). Analisis viabilitas yeast mengindikasikan jumlah yeast yang hidup selama penyimpanan beku dari hari ke-0 hingga hari ke-10. Jumlah ragi yang mati tertinggi setelah pembekuan 10 hari yaitu pada sampel tanpa penambahan maltodekstrin sebesar $\pm 3,12 \times 10^6$ CFU/g. Hal ini karena penambahan maltodekstrin dapat membatasi proses difusi molekuler sehingga dapat mengurangi pengaruh dari fluktuasi suhu pada makanan beku. Selain itu, maltodekstrin juga sangat penting untuk mengontrol pelelehan es dan rekristalisasi pada adonan selama penyimpanan beku (Sze-Yin dan Lai-Hoong, 2013).

Jumlah sel hidup pada sampel tanpa penambahan maltodekstrin mengalami penurunan secara signifikan ($P < 0,05$) setelah penyimpanan beku 10 hari. Hal ini dikarenakan proses pembekuan dapat merusak membran plasma sehingga sel mengalami inaktivasi parsial dan kematian (de la Cruz-Gavia *et al.*, 2018). Selain itu, proses fermentasi yang lebih lama dan volume roti yang lebih kecil juga menyebabkan sel ragi rusak dan kehilangan kemampuan untuk produksi gas. Fluktuasi suhu selama penyimpanan dan transportasi juga dapat menyebabkan peningkatan ukuran kristal es dan memperburuk kerusakan ragi beku (Shi *et al.*, 2013).

Berdasarkan hasil penelitian ini, maltodekstrin dapat bekerja sebagai krioprotektan yang cocok diaplikasikan pada pembuatan roti meltode adonan beku. Penambahan maltodekstrin dapat mencegah kematian ragi karena sifat maltodekstrin dapat digunakan mengontrol terbentuknya kristal es selama penyimpanan beku. Hasil temuan ini juga sejalan dengan Paulik dan Jekle (2019) yang menyatakan bahwa aplikasi maltodekstrin memungkinkan adanya pengaruh dalam pengendalian pembentukan gas pada adonan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan maltodekstrin adalah alternatif yang layak untuk memperbesar tingkat kelangsungan hidup ragi pada adonan beku.

Organoleptik roti manis

Penambahan maltodekstrin dengan waktu pembekuan yang berbeda tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap sifat organoleptik roti manis dari segi kesukaan terhadap rasa, tekstur dan kesukaan secara keseluruhan. Perlakuan maltodekstrin sebagai *cryoprotectant* (Maltodekstrin 0%, Maltodekstrin 1%, dan Maltodekstrin 2%) menghasilkan roti dengan rasa yang cukup disukai (skor 2,7-3,6) (Gambar 2).

Tabel 7. Kadar abu roti manis di awal dan akhir pembekuan

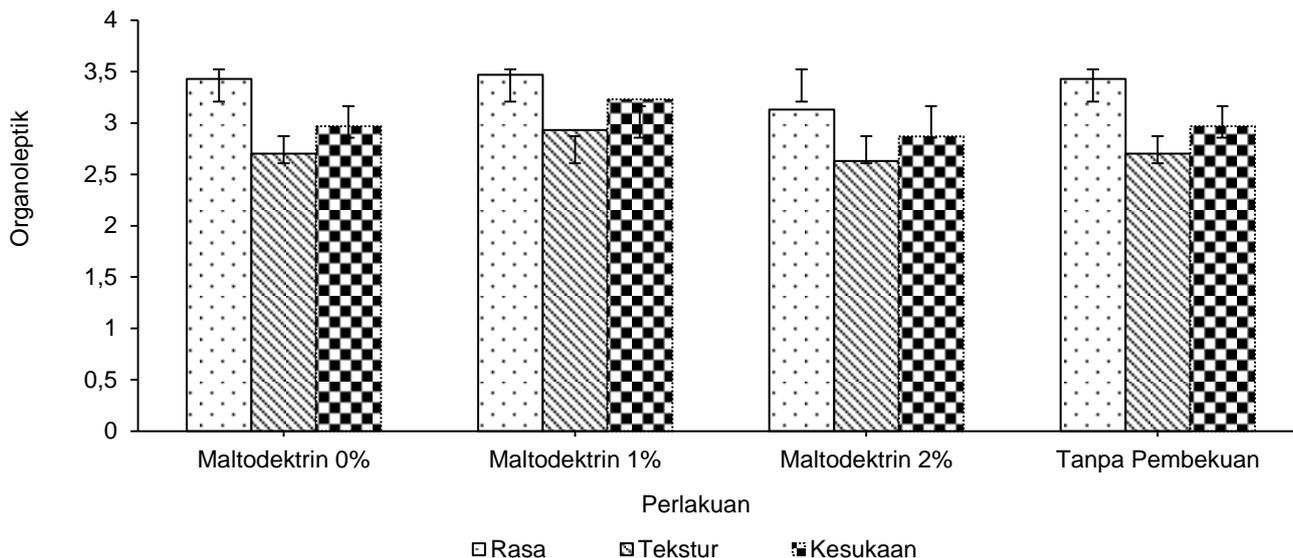
Perlakuan	Kadar Abu (%)		
	Hari ke 0	Hari ke 10	Selisih
Maltodekstrin 0%	1,43 \pm 0,08 ^a	1,36 \pm 0,03 ^a	0,07 \pm 0,06 ^a
Maltodekstrin 1%	1,43 \pm 0,08 ^a	1,36 \pm 0,03 ^a	0,06 \pm 0,06 ^a
Maltodekstrin 2%	1,41 \pm 0,08 ^a	1,36 \pm 0,03 ^a	0,05 \pm 0,06 ^a
Tanpa pembekuan	1,44 \pm 0,06 ^a	1,44 \pm 0 ^b	0,00 \pm 0 ^a

Keterangan: Data merupakan hasil rata-rata dari 3 ulangan dan angka diikuti oleh huruf abjad yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji DMRT $\alpha = 5\%$

Tabel 8. Viabilitas yeast di awal dan akhir pembekuan

Perlakuan	Yeast ($\times 10^6$ CFU/g)		
	Hari ke 0 (10^6)	Hari ke 10 (10^6)	Selisih
Maltodekstrin 0%	5,2 ^a	2,1 ^a	3,12 ^d
Maltodekstrin 1%	5,0 ^{ab}	2,6 ^a	2,4 ^c
Maltodekstrin 2%	3,5 ^a	2,8 ^a	0,7 ^b
Tanpa pembekuan	5,5 ^b	5,5 ^b	0,0 ^a

Keterangan: Data merupakan hasil rata-rata dari 3 ulangan dan angka diikuti oleh huruf abjad yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji DMRT $\alpha = 5\%$



Gambar 2. Karakteristik organoleptik roti manis setelah penyimpanan beku

Maltodekstrin merupakan senyawa hasil hidrolisis pati yang mempunyai tingkat kemanisan rendah, sehingga penggunaan maltodekstrin sebagai krioprotektan tidak memengaruhi rasa roti. Tekstur roti manis setelah penyimpanan beku selama 10 hari menurut panelis memiliki tekstur yang cukup disukai. Maltodekstrin dapat berfungsi sebagai bahan tambahan pangan yang dapat melindungi bahan dari kerusakan. Hal ini sesuai dengan penelitian Topaloglu (2015), setelah 7 hari penyimpanan produk, kekerasan meningkat sekitar 67% dikarenakan meningkatnya hilangnya kandungan air. Penambahan maltodekstrin menghasilkan roti dengan tekstur cukup disukai yang diwakili oleh nilai dengan *range* 3. Hal ini disebabkan maltodekstrin dapat melindungi ragi selama disimpan dalam suhu beku agar tidak rusak dan juga melindungi protein gluten dari kerusakan. Sifat tersebut memberikan tekstur yang kenyal pada roti manis yang dihasilkan sehingga memberikan kesan lembut ketika digigit maupun dikunyah.

KESIMPULAN

Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa konsentrasi maltodekstrin berpengaruh nyata terhadap jumlah khamir yang hidup setelah pembekuan yang berpengaruh terhadap karakteristik lain seperti volume pengembangan, tekstur, dan *crumb* roti. Penggunaan maltodekstrin 2% dari total berat adonan dalam formulasi *frozen dough* dapat meningkatkan potensi perlindungan ragi pada adonan selama 10 hari penyimpanan. Hal ini menunjukkan maltodekstrin bekerja lebih efektif pada adonan dengan tepung berprotein tinggi. Meski demikian

studi lebih lanjut mengenai pengaruh maltodekstrin masih perlu dilakukan lebih detail terhadap protein.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd-El-Khalek MH. 2020. Production of ready-to-bake whole grain barley cake mix with improved quality. *Asian Food Sci J* 18: 24-33. DOI: 10.9734/afsj/2020/v18i330219.
- Arendt EK, Morrissey A, Moore MM, Dal Bello F. 2011. Gluten-free breads. In Arendt EK, Dal Bello F (Eds.). *Gluten-free cereal products and beverages*. 289–304. Academic Press, Amsterdam. DOI: 10.1016/B978-012373739-7.50015-0.
- Anggraeni MC, Nurwantoro, Abduh SBM. 2017. Sifat fisikokimia roti yang dibuat dengan bahan dasar tepung terigu yang ditambah berbagai jenis gula. *J Aplikasi Teknol Pangan* 6: 52-56. DOI: 10.17728/jatp.214.
- Ayustaningwarno F. 2014. *Teknologi Pangan: Teori Praktik dan Aplikasi*. 75. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Balarabe MM, Mohammed SSD, Orukotan A. 2017. Physico-chemical analysis and sensory evaluation of bread produced using different indigenous yeast isolates. *Sci World J* 12: 33-37.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2020. Ringkasan Eksekutif Pengeluaran dan Konsumsi Penduduk Indonesia. Badan Pusat Statistik, Indonesia.
- Chandralekha A, Tavanandi AH, Amrutha N, Hebbar HU, Raghavarao KSMS, Gadre R. 2016. Encapsulation of yeast (*Saccharomyces cerevi-*

- ciae*) by spray drying for extension of shelf life. *Drying Technol* 34: 1307-1318. DOI: 10.1080/07373937.2015.1112808.
- Damat D, Tain A, Handjani H, Khasanah U. 2017. Mikroskopi dan sifat organoleptik kue kering fungsional dari pati garut (*Maranta arundinaceae* L.) termodifikasi. *J Aplikasi Teknologi Pangan* 6: 185-189. DOI: 10.17728/jatp.266.
- de la Cruz-Gavia A, Pérez-Alonso C, Barrera-Díaz CE, Alvarez-Ramírez J, Carrillo-Navas H, Guadarrama-Lezama AY. 2018. Survival of *Saccharomyces cerevisiae* microencapsulated with complex coacervate after freezing process. *Food Hydrocolloid* 82: 45-52. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2018.03.045.
- Eduardo M, Svanberg U, Ahrné L. 2016. Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the shelf-life of composite cassava-maize-wheat bread after storage. *Food Sci Nutr* 4: 636-644. DOI: 10.1002/fsn3.326.
- Ghoshal G, Shivhare US, Banerjee UC. 2016. Thermo-mechanical and micro-structural properties of xylanase containing whole wheat bread. *Food Sci Hum Wellness* 5: 219-229. DOI: 10.1016/j.fshw.2016.09.001.
- Hardoko, Hendarto L, Siregar TM. 2010. Pemanfaatan ubi jalar ungu (*Ipomea batatas* L. Poir) sebagai pengganti sebagian tepung terigu dan sumber antioksidan pada roti tawar. *J Teknol Industri Pangan* 21: 25-32.
- Harnkarnsujarit N, Charoenrein S, Roos YH. 2012. Microstructure formation of maltodextrin and sugar matrices in freeze-dried systems. *Carbohydr Polym* 88: 734-742. DOI: 10.1016/j.carbpol.2012.01.028.
- Honary S, Zahir F. 2013. Effect of zeta potential on the properties of nano-drug delivery systems-a review (Part 1). *Trop J Pharm Res* 12: 255-264. DOI: 10.4314/tjpr.v12i2.19.
- Imami RH, Sutrisno A. 2018. Pengaruh proporsi telur dan gula serta suhu pengovenan terhadap kualitas fisik, kimia, dan organoleptik pada bolu bebas gluten dari pasta ubi kayu (*Manihot esculenta*). *J Pangan Agroindustri* 6: 89-99. DOI: 10.21776/ub.jpa.2018.006.03.10.
- Kohajdová Z, Karovičová J, Schmidt Š. 2009. Significance of emulsifiers and hydrocolloids in bakery industry. *Acta Chimica Slovaca* 2: 46-61.
- Kondakci T, Ang AMY, Zhou W. 2015. Impact of sodium alginate and xanthan gum on the quality of steamed bread made from frozen dough. *Cereal Chem* 92: 236-245. DOI: 10.1094/CHEM-03-14-0036-R.
- Leray G, Oliete B, Mezaize S, Chevallier S, de Lamballerie M. 2010. Effects of freezing and frozen storage conditions on the rheological properties of different formulations of non-yeasted wheat and gluten-free bread dough. *J Food Eng* 100: 70-76. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2010.03.029.
- Lopulalan CGCH, Mailoa M, Sangadji D. 2013. Kajian Formulasi Penambahan Tepung Ampas Tahu terhadap Sifat Organoleptik dan Kimia Cookies [Skripsi]. Maluku: Fakultas Pertanian, Universitas Pattimura.
- Maity T, Raju PS, Bawa AS. 2011. Effect of hydrocolloids on quality of frozen-thawed vegetable curry. *Food Bioproc Technol* 5: 2618-2622. DOI: 10.1007/s11947-011-0605-8.
- Mandala I, Karabela D, Kostaropoulos A. 2007. Physical properties of breads containing hydrocolloids stored at low temperature. I. Effect of chilling. *Food Hydrocolloid* 21: 1397-1406. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2006.11.007.
- Momose Y, Matsumoto R, Maruyama A, Yamaoka M. 2010. Comparative analysis of transcriptional responses to the cryoprotectants, dimethyl sulfoxide and trehalose, which confer tolerance to freeze-thaw stress in *Saccharomyces cerevisiae*. *Cryobiology* 60: 245-261. DOI: 10.1016/j.cryobiol.2010.01.001.
- Nopianti R, Huda N, Noryati I, Fazilah A, Easa AM. 2012. Cryoprotective effect of low-sweetness additives on protein denaturation of thread fin bream surimi (*Nemipterus* spp.) during frozen storage. *CYTA-J Food* 10: 243-250. DOI: 10.1080/19476337.2011.639033.
- Noroul AZ, Ma'aruf AG, Sahilah AM, Mohd Khan A, Wan Aida WM. 2013. A new source of *Saccharomyces cerevisiae* as a leavening agent in bread making. *Int Food Res J* 20: 967-973.
- Paulik S, Jekle M. 2019. Novel approach to investigate the mechanical properties of crumb matrix during storage – Re-engineering of gas-free crumb pellets. *Food Chem* 288: 333-340. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.03.014.
- Phimolsiripol Y, Mukprasirt A, Schoenlechner R. 2012. Quality improvement of rice-based gluten-free bread using different dietary fibre fractions of rice bran. *J Cereal Sci* 56: 389-395. DOI: 10.1016/j.jcs.2012.06.001.
- Pusuma DA, Praptiningsih Y, Choiron M. 2018. Karakteristik roti tawar kaya serat yang disubstitusi menggunakan tepung ampas kelapa. *J Agroteknologi* 12: 29-42. DOI: 10.19184/j-agt.v12i1.7886.

- Pyciaa K, Jaworskaa G, Telegaa J, Sudoła I, Kuźniarb P. 2018. Effect of adding potato maltodextrins on baking properties of triticale flour and quality of bread. *LWT-Food Sci Technol* 96: 199-204. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.05.039.
- Rathnayake HA, Navaratne SB, Navaratne CM. 2018. Porous crumb structure of leavened baked products. *Int J Food Sci* 2018: 1-15. DOI: 10.1155/2018/8187318.
- Seetapan N, Limpanyoon N, Gamonpilas C, Methacanon P, Fuongfuchat A. 2015. Effect of cryogenic freezing on textural properties and microstructure of rice flour/tapioca starch blend gel. *J Food Eng* 151: 51-59.
- Shi K, Yu H, Lee T-C. 2013. A novel approach for improving yeast viability and baking quality of frozen dough by adding bio-genic ice nucleators from *Erwinia herbicola*. *J Cereal Sci* 57: 237-243.
- Sze-Yin S, Lai-Hoong C. 2013. Effects of maltodextrin and trehalose on the physical properties of chinese steamed bread made from frozen doughs. *Int Food Res J* 20: 1529-1535.
- Topaloglu T. 2015. Evaluation of Valution of the Effects of Maltodextrine and Microfluidization onthe Rheological and Textural Properties of Cookie and Cookie Dough [Thesis]. Ankara: Department of Engineering, Middle East Technical University.
- Witczak M, Korus J, Ziobro R, Juszczyk L. 2010. The effects of maltodextrins on gluten-free dough and quality of bread. *J Food Eng* 96: 258-265. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2009.07.022.
- Yamashita C, Chung MMS, dos Santos C, Mayer CRM, Moraes ICF, Branco IG. 2017. Microencapsulation of an anthocyanin-rich blackberry (*Rubus* spp.) by-product extract by freeze-drying. *LWT-Food Sci Technol* 84: 256-262. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.05.063.