

DONDURULMUŞ HAMUR ile KİSMİ OLARAK PİŞİRİLİP DONDURULMUŞ HAMURLARDAN ÜRETİLEN BEYAZ EKMEKLERİN FİZİKSEL TEKSTÜREL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ

Muharrem CERTEL Fundagül EREM^a Ülgen İlknur KONAK Barçın KARAKAŞ
Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 07058 Antalya

Kabul Tarihi: 4 Haziran 2009

Özet

Bu çalışmada, laboratuvar koşullarında üretilen beyaz ekmeğin hamurları ve kısmen pişirilmiş (230°C'de 10 dakika) beyaz ekmeğin hamurları -20°C'de dondurulmuş, aynı sıcaklıkta 10 gün depolanmıştır. Depolamanın 1., 4., 7. ve 10. günlerinde her iki tip üründen eşit sayıda alınmış, bunların yarısı çözülükten sonra diğer yarısı ise çözme işlemi uygulanmadan 230°C'de pişirilmiştir. Ayrıca her analiz gününde kontrol örnekleri taze olarak üretilmiştir. Oda sıcaklığında 1 saat bekletilerek soğutulan ekmeğin nem miktarları belirlenmiş; ağırlık, hacim, kabuk ve iç rengi değerleri ile tekstürel özellikleri (sertlik, kohezif yapışkanlık, elastikiyet, çiğnenebilirlik, esneklik) ölçülmüş, duyuşal değerlendirilmeleri yapılmıştır. Ürünlerin kendi aralarında karşılaştırma sonuçlarına göre ağırlık, hacim, nem miktarı, çiğnenebilirlik, esneklik, ekmeğin iç rengi ve tat/aroma değerleri yalnızca ürün tipine; kabuk rengi (ΔE), iç rengi (ΔE), sertlik, kabuk rengi ve görünümü, ekmeğin iç tekstürü ve gözenek yapısı, ağızda bıraktığı his/çiğnenebilirlik ve beğeni durumu ise hem ürün tipi hem de depolama süresine bağlı olarak farklılık arz etmiştir. Ürünlerin kontrol örnekleri ile karşılaştırma sonuçlarına göre beğeni durumu göz önünde bulundurulduğunda donmuş hamurdan üretilen ekmeğin ilk günden, çözmeden pişirilen kısmi pişmiş ekmeğin 7., çözülerek pişirilen kısmi pişmiş ekmeğin ise 10. günden itibaren kontrol örneklerinden farklılık göstermiştir. Genel olarak, donmuş hamurdan üretilene nazaran, kısmen pişirilerek dondurulan hamurdan üretilen ekmeğin daha üstün nitelikte olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Donmuş Hamur, Kısmi Pişmiş Ekmeğin, Dondurarak Muhafaza, Tekstür, Duyuşal Kalite

Physical Textural and Sensory Characteristics of White Breads Made From Frozen Dough and Frozen Part-Baked Breads

Abstract

In this study, white bread dough and part-baked (10 min at 230°C) white bread dough produced under laboratory conditions were frozen and stored at -20°C for 10 days. Samples were removed at the 1st, 4th, 7th and the 10th day of storage and baked in frozen condition and after thawing along with fresh control breads. After cooling, water content, weight, volume, crust color (CtC), crumb color (CbC) of breads were measured and texture profile analysis (hardness, cohesiveness, springiness, chewiness and resilience) and sensory evaluation were performed. According to the comparison results of four different processed breads weight, volume, water content, chewiness, resilience, CbC, taste/ flavor were significantly affected only by the product type. Significant differences were also observed in CtC (ΔE), CbC (ΔE), hardness, CtC and appearance, crumb texture/porosity, mouthfeel/chewiness and overall appreciation according to both product type and storage period. In comparison to fresh controls, a significant loss in overall appreciation of frozen dough breads were apparent on day 1 and of part-baked breads rebaked as frozen and after thawing on 7th and 10th days respectively. It was generally concluded that bread made from frozen part-baked dough was superior in quality to bread baked from frozen dough.

Keywords: Frozen Dough, Part-baked Bread, Frozen Storage, Texture, Sensory Quality

1.Giriş

Ekmeğin üretimi insanoğlunun bildiği en eski teknolojilerden biridir. Üstün besleyici, duyuşal ve tekstürel özellikleri nedeniyle ekmeğin, her zaman en popüler ve cazip gıda maddelerinden biri olmuştur

(Cauvain, 1999a; Ribotta ve ark., 2006). Ancak taze ekmeğin raf ömrünün kısa olması, depolama sırasında kimyasal ve fiziksel değişimlere uğrayarak duyuşal ve tekstürel özelliklerini yitirmesi, geleneksel

^a İletişim: F. Erem, e-posta: fundagul@akdeniz.edu.tr

ekmek üretim tekniğinin oldukça fazla zaman alması (Barcenas ve ark., 2003; Giannou ve ark., 2003; Carr ve ark., 2006; Ribotta ve ark., 2006; Rosell ve Gomez, 2007), ayrıca üreticinin taze ekmeği daha kısa sürede elde etme ve ekmeğin tazeliğini uzun süre koruyabilme (Giannou ve ark., 2003), tüketicinin ise taze ekmeği her an elde edebilme isteği (Rouille ve ark., 2000; Vulućević ve ark., 2004; Rosell ve Gomez, 2007) nedeniyle son yıllarda üreticiler, ekmek üretiminde dondurarak muhafaza tekniğini kullanmaya başlamışlardır. Bu amaçla kullanılan iki teknikten biri hamurun üretildikten sonra, diğeri ise hamurun kısmi olarak pişirildikten sonra dondurularak depolanmasıdır (Cauvain, 1999b; Rosell ve Gomez, 2007).

Dondurulmuş hamur kullanılarak üretilen ekmeklerin daha kısa sürede elde edilebilmesi, taze ekmeğe çok yakın görünüş ve tada sahip olması, üretimi için yer ve spesifik ekipmana gerek duyulmaması ve uygun fiyatta olması gibi avantajları bulunmaktadır (Giannou ve ark., 2003; Giannou ve Tzia, 2007). Ayrıca bu yöntem hamurların merkezi olarak fazla miktarda üretilip donmuş halde depolanmasına ve küçük ölçekli işletmelere dağıtılmasına olanak sağlamaktadır (Phimolsiripol ve ark., 2008). Bu avantajlarının yanı sıra donmuş hamur tekniğinin, ürünün kalitesini etkileyen ve göz önünde bulundurulması gereken bazı dezavantajları da mevcuttur. Bunlar dondurarak depolama sırasında mayanın yaşama yeteneği ve aktivitesindeki azalma nedeniyle gaz tutma gücünün azalması ve buna bağlı olarak da ekmek hacminin düşük olması ve dondurma sırasında oluşan buz kristallerinin gluten ağına fiziksel olarak zarar vermesidir (Cauvain ve Young, 2000; Rouille ve ark., 2000; Ribotta ve ark., 2006). Donmuş hamurdan üretilen ekmeklerin kalitesini etkileyen faktörler hamur formülasyonu, hamur yoğurma süresi, dondurma hızı, depolama süresi, depolama sırasındaki sıcaklık dalgalanması ve çözme hızı gibi proses parametreleridir (Havet ve ark., 2000; Rouille ve ark., 2000; Bhattacharya ve ark., 2003; Phimolsiripol ve ark., 2008). Ürünün kalitesini geliştirmek amacıyla yapılan bazı çalışmalarda donmuş hamur karışımına amilaz, hemiselülaz,

proteaz, askorbik asit ve gluten gibi farklı katkıları (Ribotta ve Le Bail, 2007a), bitkisel yağlar (Inoue ve ark., 1995; Matuda ve ark., 2005), emülgatörler (Ribotta ve ark., 2004; Matuda ve ark., 2005), farklı hidrokolloidler (Ribotta ve ark., 2004; Asghar ve ark., 2006; Mandala ve ark., 2008) ve yeşil çay ekstraktı (Wang ve ark., 2006) ilave edilmiş ve bunların ürün üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Donmuş hamurdan üretilen ekmeklerle ilgili olarak yapılmış çalışmalara rağmen, hala bu ürünlerin kalitesi ile ilgili bazı problemlerin tamamen çözülememiş olması, üreticileri kısmi pişmiş ekmekleri dondurarak muhafaza etmeye yöneltmiştir. Ayrıca bu yöntem, hamurların tartılıp şekillendirilmesi ve kısmi olarak pişirildikten sonra dondurularak muhafaza edilmesi ile ürünlerin üretim sürecini önemli ölçüde kısaltmaktadır (Rosell ve Gomez, 2007). Bu ekmeklerde gözlenen en önemli olumsuzluk ise kabuk soyulmasıdır (Le Bail ve ark., 2005; Rosell ve Gomez, 2007). Bunun dışında bu ekmeklerin taze ekmeğe göre daha düşük spesifik hacme, pürüzlü yüzeye, daha sıkı iç yapıya sahip olması ve daha hızlı bayatlaması gözlenen diğer olumsuzluklardır (Carr ve ark., 2006).

Kısmi pişmiş ekmeklerin kalitesini etkileyen proses parametreleri fermentasyon, kısmi pişirme, dondurma ve son pişirme koşullarıdır (Fik ve Surowka, 2002; Le Bail ve ark., 2005). Bu ürünlerle ilgili olarak yapılan bazı çalışmalarda hidrokolloidlerin (Barcenas ve ark., 2004; Mandala ve ark., 2008), maya ve bitkisel yağların (Carr ve Tadini, 2003) ve bazı enzimlerin (Ribotta ve Le Bail, 2007b) ekmekler üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Bu çalışmada, şekillendirilip son fermentasyon işlemi uygulanan ekmek hamurları ve kısmi olarak pişirilmiş hamurlar -20°C'de 10 gün boyunca muhafaza edilmiş, belirli aralıklarla dondurucudan alınan örneklerin hem 30°C'de çözülerek hem de çözülmeden pişirilmesi ile 4 tip ürün elde edilmiştir. Ürünlerin fiziksel, tekstürel ve duyusal özellikleri incelenmiş, depolama sürecinden etkilenme düzeyleri ve taze olarak üretilen kontrol ekmeğinden farkları araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Araştırmada kullanılan deneme ekmekleri direkt hamur metodu kullanılarak üretilmiş ve üretimde materyal olarak, ekmeklik tip 650 buğday unu ve un ağırlığı baz alınarak; (donma işlemi sırasında tahrip olan maya hücrelerini de telafi edebilmek için) %2.5 ticari çözüner aktif kuru maya, %1.5 ticari rafine yemeklik tuz, %2 ticari kristal şeker ve (ön denemelerle belirlenen) % 63 oranında içme suyu kullanılmıştır.

2.2. Ekmek üretim metodu

Deneme ekmeklerinin üretimi için 2.5 kg un ağırlığı baz alınarak tartılan tüm hamur unsurları 10 kg kapasiteli hamur yoğurma makinesinde (Ayhandemir, Türkiye) karıştırılmış ve düzgün yüzeyli hamur elde edilinceye kadar 50 d/dk hızla yaklaşık 30 dk yoğrulmuştur. Düzgün yüzeyli hamur elde edilmesinin ardından hamur sıcaklığı $33\pm 1^{\circ}\text{C}$ olarak ölçülmüştür. Hamur 115g'lık 64 parçaya bölünmüş, yuvarlak yapılarak (10 cm çaplı) 30°C 'de 30 dk ana fermentasyona tabi tutulmuş, gazı çıkarılıp tekrar şekillendirildikten sonra hamurlara 30°C 'de 30 dk son fermentasyon işlemi uygulanmıştır. Kısmi pişmiş ekmeklerin üretimi için 32 adet ekmek hamuru 230°C 'deki fırında ilk 1 dk sonunda buhar verilmek üzere 10 dk pişirilmiş soğuyan ekmekler polietilen kilitli poşet ile ambalajlanmış ve -20°C 'deki dondurucuda depolanmıştır. Geriye kalan fermente olmuş 32 adet ekmek hamuru ise polietilen kilitli poşet ile ambalajlandıktan sonra doğrudan -20°C 'deki dondurucuya yerleştirilmiştir.

Depolamanın 1., 4., 7. ve 10. günlerinde 8'er adet kısmi pişmiş, 8'er adet de donmuş hamur dondurucudan çıkarılmış, bunların 4'er adedi çözülerek 4'er adedi de çözmeden doğrudan pişirilmiştir. Çözme işlemi donmuş hamurlar için 30°C 'deki (Ribotta ve ark., 2004) etüvde 1 saat, kısmi pişmiş ekmekler için 1.5 saat bekletilmek suretiyle yapılmıştır. Çözme süreleri hamurların merkez sıcaklığının $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'ye ulaşma süresi olarak belirlenmiştir.

Tüm hamurlar 230°C 'de pişirilmiş, ön işlemlerin farklı olması nedeniyle her bir ürün için farklı süreler uygulanmıştır. Ürün pişme süreleri, merkez sıcaklıkları 96°C 'ye ulaşan hamurların 3 dk daha fırında tutulması suretiyle belirlenmiştir. Buna göre pişirme işlemi çözmeden pişirilen donmuş hamurlar için 28 dk, çözülerek pişirilen donmuş hamurlar için 30 dk, çözmeden pişirilen donmuş kısmi pişmiş ekmekler için 21 dk, çözülerek pişirilen donmuş kısmi pişmiş ekmekler için ise 12 dk süreyle uygulanmış, tüm hamurlar için pişirmenin ilk 1 dakikası sonunda hamur yüzeyine buhar verilmiştir. Kontrol ekmekleri 230°C 'de 20 dk pişirilmiştir.

2.3. Ekmeklerde yapılan analizler

2.3.1. Fiziksel analizler

Nem tayini için, 105°C 'de kurutularak sabit tartıma getirilmiş kurutma kaplarına homojenize edilmiş ekmek örneklerinden 2 g tartılmış; örnekler, $105\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'deki etüvde sabit ağırlık elde edilinceye kadar kurutulmuştur. Desikatörde soğutulup tartılan örneklerin ağırlık farkından yararlanılarak % nem miktarı belirlenmiştir (Elgün ve ark., 2002).

Her bir ekmeğin hacmi kolza tohumu ile yer değiştirme prensibine göre belirlenmiştir (Elgün ve ark., 2002). Ekmeklerin kabuk ve iç rengi renk ölçer (Konica Minolta, CR-400, Japonya) ile L, a ve b değerlerinin okunarak ΔE değerinin hesaplanması, ağırlık kayıpları ise ekmeklerin tartılması suretiyle tespit edilmiştir.

2.3.2. Tekstürel analizler

Ekmeklerde tekstür profil analizi (TPA) TA.XT Plus tekstür analiz cihazı (Stable Microsystems, Godalming, Surrey, UK) ile 1mm'lik silindir prob kullanılarak tayin edilmiştir. Ekmeklerden 30 mm'lik dilimler kesilerek 5mm/s hız, 10 mm dalma derinliği (yaklaşık %33 deformasyon) ve 5 g ilk algılama kuvveti kullanılarak ölçümler yapılmıştır. Ekmeklerin sertlik, adezif ve kohezif yapışkanlık, esneklik, elastikiyet ve

çiğnenebilirlik özellikleri belirlenmiştir (Erem, 2007).

2.3.3. Duyusal değerlendirme

Ekmeklerin duyusal olarak değerlendirilmesi Çoşkuner (2003) ve Vuluçevic ve ark.'nın (2004) metotları modifiye edilerek, hedonik skala ile en iyi özellik 5 puan olacak şekilde yapılmıştır.

2.3.4. İstatistiksel değerlendirme

Deneme 4 farklı ürün, 4 süre ve 2 tekerrürlü olmak üzere faktöriyel düzenlenmiş (4x4x2), analizler iki paralelli yürütülmüştür. SAS istatistik programı (SAS Instutue Inc. 1996) kullanılarak analiz edilen parametrelerin değişim ve etkileri varyans analizleriyle test edilmiş, önemli bulunan varyasyon kaynaklarının etki düzeyleri ise Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile ortaya koyulmuştur. 4 tip ekmeğin kontrol örneğinden farklı olup olmadığını analiz etmek için ise t-testi (Minitab Statistical Software) yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Donmuş hamur ve kısmi pişmiş ekmeğin uygulamalarının taze ürünün özelliklerini ne ölçüde karşıladığını belirleyebilmek için her analiz gününde kontrol ekmekleri taze olarak üretilmiştir. Kontrol ekmeklerine ait tespit edilen bazı fiziksel, tekstürel ve duyusal analiz sonuçlarına ait değerler Çizelge 1'de verilmiştir.

Üretilen ürünler (A: çözülerek pişirilmiş donmuş hamurdan üretilen ekmekler, B: çözmeden pişirilmiş donmuş hamurdan üretilen ekmekler, C: çözülerek pişirilmiş yarı pişmiş hamurdan üretilen ekmekler, D: çözmeden pişirilmiş yarı pişmiş hamurdan üretilen ekmekler) kendi aralarında ve kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında, uygulanan farklı işlemlere ve depolama süresine bağlı olarak ürünlerin bazı özelliklerinde önemli farklılık gözlenmiştir. Elde edilen bulgular araştırılan herbir özellik açısından ilerleyen bölümlerde ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Dondurucuda muhafaza edildikten sonra belirli günlerde dondurucudan çıkarılarak pişirilen ekmeklere ait analiz sonucu ortalamaları ve bu ürünlerin kontrol örnekleri ile t-testi yapılarak belirlenen karşılaştırma sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Kontrol Ekmeklerinin Bazı Fiziksel Tekstürel ve Duyusal Özelliklerine Ait Değerler

Özellik	Değer (Ort ± Std hata)
Nem Miktarı (%)	33.040 ± 0.925
Ağırlık (g)	99.313 ± 0.340
Hacim (cm ³)	312.500 ± 3.594
Kabuk rengi (ΔE)	51.475 ± 0.717
İç rengi (ΔE)	29.777 ± 0.395
Sertlik (g)	309.298 ± 45.568
Adezif Yapışkanlık (g.s)	-0.417 ± 0.108
Kohezif Yapışkanlık	0.799 ± 0.010
Çiğnenebilirlik	331.644 ± 41.913
Elastikiyet	1.371 ± 0.129
Kabuk rengi ve görünümü	4.543 ± 0.186
Ekmeğin içi rengi	4.663 ± 0.066
Ekmeğin içi tekstürü ve gözenek yapısı	4.543 ± 0.082
Tat ve Aroma	4.474 ± 0.128
Ağızda bıraktığı his /Çiğnenebilirlik	4.495 ± 0.100
Beğeni durumu	4.663 ± 0.080

3.1. Fiziksel ve tekstürel özellikler

Çizelge 2'deki sonuçlara göre, kontrol örneği ile karşılaştırıldığında A, B ve D'nin nem miktarlarında herhangi bir farklılık olmadığı; C'de ise depolamanın 7. gününden itibaren farklılık (p<0.05) görülmeye başlandığı belirlenmiştir. Ürünler kendi aralarında karşılaştırıldığında ise B ve D'nin nem miktarları arasında bir farklılık gözlenmezken, A'nın ve C'nin nem miktarlarının istatistiksel olarak farklı (p<0.01) olduğu tespit edilmiştir. Kısmi pişmiş hamurların çözüldükten sonra pişirilmesi ile üretilen ekmeklerin nem miktarının (%36.568) en fazla, dondurulmuş hamurun çözüldükten sonra pişirilmesi ile elde edilen ekmeklerin ise en az miktarda nem içerdiği (%31.486) ve ürünlerin nem miktarları üzerine depolama süresinin etkisinin olmadığı saptanmıştır (Çizelge 3). Barceñas ve Rosell (2006) yaptıkları bir çalışmada dondurarak depolamanın kısmi olarak pişirilen ekmeklerin özellikleri üzerindeki

etkilerini araştırmış, çalışmaları sonucunda 42 gün depolanan ekmeklerin kontrol örneklerine kıyasla daha fazla miktarda nem içerdiklerini ve nem içeriğinin depolama süresi boyunca azaldığını tespit etmişlerdir.

Çizelge 2'deki sonuçlara göre, kontrol örneği ile B'nin ağırlığı arasında herhangi bir fark gözlenmezken; diğer ürünlerde belirli günlerde farklılık olduğu ($p<0.05$) saptanmıştır. Ürünler kendi aralarında karşılaştırıldığında ise C ile D'nin, D ile de B'nin arasında farklılık olmadığı, kısmi pişirilip dondurulan hamurlardan üretilen ekmeklerin ağırlığının, dondurulmuş hamurdan üretilen ekmeklerden daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3). Ayrıca çözme işleminin ürünlerin ağırlığı üzerinde etkili olduğu; kısmi olarak pişirilip dondurulmuş ekmeklerin çözüldükten sonra, dondurulmuş hamurların ise çözülmeyen pişirilmesi ile üretilen ekmeklerin ağırlığının daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ancak ağırlıktaki değişimin depolama süresinden bağımsız olduğu gözlenmiştir. Phimolsiripol ve ark.'nın (2008) yaptığı bir çalışmada dondurularak depolanan hamurların çözüldükten sonra pişirilmesi ile elde edilen ürünlerin kalitesi incelenmiş, depolama sırasında ürünlerin ağırlık kaybının arttığı belirlenmiştir.

Tüm ürünlerin hacminin kontrol örneğinin hacminden önemli derecede ($p<0.05$) farklı olduğu saptanmıştır (Çizelge 2). Dondurulmuş hamurlardan üretilen ürünlerin hacim değerlerinin kısmi pişmiş hamurlardan üretilen ürünlere göre daha düşük olduğu, çözme işleminin A ile B ve C ile D arasında herhangi bir farklılık yaratmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Ürünler kontrol örneği ile karşılaştırıldığında kabuk renklerinin kontrol örneğinden daha açık olduğu belirlenmiştir. Kontrol örneği ile B arasında ilk gün bir farklılık gözlenmezken sonraki günlerde istatistiki olarak farklılıklar ($p<0.05$) gözlenmiş; kontrol örneğinin C ile 7. günden itibaren, D ile ise ilk günden itibaren farklılık ($p<0.05$) gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 2). Ürünlerin depolama süresi boyunca kabuk renginde meydana gelen değişimler kendi aralarında incelendiğinde ise, A'nın kabuk renginin diğerlerinden istatistiksel olarak tamamen farklı ($p<0.01$)

olduğu bulunmuştur. D ile B'nin B ile de C'nin kabuk renkleri arasında farklılık olmadığı, kabuk renklerinin depolama süresi boyunca açıldığı ve özellikle depolamanın başında bu değerlerin hızla azaldığı; fakat bu değerlerde 7. günden itibaren herhangi bir farklılık gözlenmediği belirlenmiştir (Çizelge 3). Çözüldükten sonra pişirilen dondurulmuş hamurlardan üretilen ekmeklerin kabuk renginin depolama süresi boyunca en yüksek değerde (45.418), çözüldükten sonra pişirilen kısmi pişmiş hamurlardan üretilen ekmeklerin ise en düşük değerde (38.570) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Ürünlerin iç rengi kontrol örneği ile karşılaştırıldığında, C ile aralarında herhangi bir fark olmadığı, A ile depolamanın 7. gününe kadar, B ile 4. gününe kadar bir farklılık ($p<0.05$) olduğu ve tüm ürünlerin iç renginin kontrol örneğinden (29.777) daha yüksek değerde olduğu saptanmıştır (Çizelge 2). Çözme işleminin iç rengi üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı, depolama süresi göz önünde bulundurulduğunda ise depolamanın 4. gününden itibaren iç rengi değerlerinde istatistiksel olarak bir fark olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 2'de tekstürel özelliklere ait değerler incelendiğinde, en önemli farklılığın sertlik değerlerinde olduğu görülmektedir. Donmuş hamur kullanılarak üretilen ekmeklerin (A ve B) sertlik değerleri kontrol örneklerinden depolama süresi boyunca farklılık gösterirken ($p<0.05$), C'de sadece ilk gün, D'de ise depolamanın sadece 10. gününde bir farklılık görülmüştür. Bizim çalışmamızdan farklı olarak Wang ve ark. (2006) yeşil çay ekstraktı kullanarak donmuş hamurdan ürettikleri ekmeklerin sertlik değerinin 7 günlük depolama sonunda taze ekmekten farklı olmadığını ancak depolama süresi uzatıldığında sertliğin de arttığını belirlemiş, sertlikteki bu artışın dondurarak muhafaza sırasında gluten ağlarının zayıflaması ve maya aktivitesinin azalması nedeniyle ekmek hacminde meydana gelen azalmayla ilgili olabileceğini savunmuşlardır.

Ekmekte sertlik genellikle ekmek için yumuşaklığında meydana gelen azalma olarak ifade edilir. Yumuşaklıkta

Çizelge 2. Muhafaza Edilen 4 Tip Ekmeğe Ait Analiz Sonucu Ortalamaları ve Kontrol Örneklerinden Olan Farklarını Gösteren t-testi Sonuçları

Ürün	Süre (gün)	Nem Miktarı (%)	Ağırlık (g)	Hacim (cm ³)	Kabuk Rengi (ΔE)	İç rengi (ΔE)	Sertlik (g)	Adezif Yapışkanlık (g.s)	Kohezif Yapışkanlık	Çiğnenebilirlik	Elastikiyet	Esneklik	Kabuk rengi ve görünümü	Ekmeğin İç rengi	Ekmeğin içi tekstürü ve gözenek yapısı	Tat-aroma	Ağızda bıraktığı his/Çiğnenebilirlik	Beğeni durumu
A	1	31.70	93.50*	210.00*	52.71	36.71*	726.32*	-0.88	0.80	600.49*	1.01	0.49	2.25*	2.50*	3.50*	3.33*	3.17	2.67*
	4	32.03	93.75*	187.5*	45.27*	34.89*	753.72*	-0.95	0.78	596.91*	1.02	0.48	2.50*	3.17*	3.00*	3.17*	2.83*	2.83*
	7	30.41	93.75*	200.00*	43.34	36.97*	777.52*	-0.87	0.80	709.56*	1.15	0.49	2.83*	2.92*	3.00*	3.33*	2.92*	2.83*
	10	32.08	95.75	195.00*	40.36*	32.16	713.99*	-0.63	0.80	1144.17	2.04	0.50*	1.67*	2.50*	2.92*	3.00*	2.33*	2.33*
B	1	34.56	99.00	217.50*	46.96	38.13*	530.67*	-0.14	0.81	675.78*	1.54	0.50*	2.50*	2.75*	3.50*	3.25*	3.08*	2.92*
	4	32.75	99.00	212.50*	41.00*	33.86*	587.68*	-0.37	0.80	792.81	1.81	0.50	2.17*	2.83*	2.83*	3.08*	3.00	2.92*
	7	34.26	97.75	197.50*	36.95*	31.37	670.55*	-0.91	0.79*	734.37	1.38	0.47	2.17*	2.75*	2.92*	2.67*	2.50*	2.42*
	10	33.74	98.00	192.50*	34.47*	31.92	644.11*	-0.36	0.81	864.01*	1.65	0.52	2.08*	2.17*	3.08*	2.75*	2.50*	2.42*
C	1	35.27	101.25*	250.00*	47.14	31.90	246.08*	0.00*	0.81	274.02	1.36	0.48*	4.00	3.92	4.25	3.84	3.75	3.42
	4	35.53	102.75	242.50*	39.32	31.37	300.42	-0.27	0.80	298.26	1.29	0.46	3.75*	3.75	4.00*	4.00	4.08	3.84
	7	37.66*	101.50	240.00*	33.22*	30.23	339.18	-0.35	0.79*	295.73	1.11	0.45	2.58*	3.67*	3.75*	3.42	3.67*	3.34
	10	37.81*	102.50	250.00*	34.59*	31.50	299.09	-0.95	0.79	287.79	1.27	0.45	3.17	4.17	4.09	3.67*	3.31*	3.50*
D	1	35.12	99.25	235.00*	49.08*	32.95	256.45	-0.08*	0.80	405.57	1.79	0.47	3.75*	3.75	4.34	4.09	4.09	3.75
	4	35.37	101.00	225.00*	41.66*	31.36*	375.92	-0.21	0.78	384.93	1.36	0.46	3.50	3.67*	3.84	3.83*	3.59	3.75
	7	34.59	100.75	242.50*	37.24*	31.13	314.63	-0.16*	0.81	427.97	1.68	0.49	3.00*	3.75	3.83*	3.75*	4.00	3.42*
	10	35.08	101.25*	227.50*	40.65*	32.87	383.22*	-0.24*	0.78	332.54	1.11	0.46	3.00*	4.00	3.92*	3.67*	3.33*	3.50*

A: Çözülerek pişirilmiş donmuş hamurdan üretilen ekmekler

B: Çözmeden pişirilmiş donmuş hamurdan üretilen ekmekler

C: Çözülerek pişirilmiş kısmi pişmiş hamurdan üretilen ekmekler

D: Çözmeden pişirilmiş kısmi pişmiş hamurdan üretilen ekmekler

*p<0.05seviyesinde kontrol örneğinden farklı olduğunu göstermektedir.

Çizelge 3. Ekmeklerin Bazı Fiziksel Değerlerinin Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

		C	D	B	A
Nem Miktarı	Ürün **	36.568 ^a ± 0.511 (N=8)	35.040 ^b ± 0.231 (N=8)	33.982 ^b ± 0.271 (N=7)	31.486 ^c ± 0.310 (N=7)
Ağırlık	Ürün **	102.000 ^a ± 0.463 (N=8)	100.563 ^{ab} ± 0.495 (N=8)	98.438 ^b ± 0.438 (N=8)	94.188 ^c ± 0.534 (N=8)
Hacim	Ürün **	245.625 ^a ± 2.903 (N=8)	232.500 ^a ± 4.119 (N=8)	205.000 ^b ± 5.510 (N=8)	198.125 ^b ± 4.623 (N=8)
Kabuk Rengi (ΔE)	Ürün **	45.418 ^a ± 1.781 (N=8)	42.158 ^b ± 1.746 (N=8)	39.843 ^{bc} ± 1.893 (N=8)	38.570 ^c ± 2.159 (N=8)
	Süre **	48.970 ^a ± 0.914 (N=8)	41.813 ^b ± 0.905 (N=8)	37.689 ^c ± 1.701 (N=8)	37.516 ^c ± 1.209 (N=8)
İç Rengi (ΔE)	Ürün **	35.182 ^a ± 0.767 (N=8)	33.819 ^{ab} ± 1.063 (N=8)	32.078 ^{bc} ± 0.458 (N=8)	31.249 ^c ± 0.410 (N=8)
	Süre **	34.923 ^a ± 1.042 (N=8)	32.867 ^b ± 0.619 (N=8)	32.424 ^b ± 1.027 (N=8)	32.114 ^b ± 0.468 (N=8)

* Değişik harfler, ortalamaların p<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

** Değişik harfler, ortalamaların p<0.01 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

meydana gelen bu azalmanın muhtemel iki sebebi vardır. Birincisi ekmek için nem kaybetmesi; ikincisi, nişastanın retrogradasyonudur (Cauvain 2004). Retrogradasyon, sıcak çözünür nişastanın soğutulduğunda jel haline dönüşmesi, zamanla jel yapısındaki nişastanın çözünürlüğünün azalması ve kısmen kristalizasyonu olayıdır. Nişasta bileşenlerinden amilozun retrogradasyonu amilopektine göre daha hızlıdır ve pişirmeden sonra ürün soğutulduğunda tamamlanmıştır. Ancak amilopektin daha düşük hızla retrograde olduğu için ürün soğutulduktan sonra da retrogradasyona devam eder ve bu nedenle bayatlamının ana etkeni olarak görülür (BeMiller ve Whistler, 1996). Barcenas ve ark (2003) yaptıkları bir çalışmada, dondurarak muhafaza sırasında kısmi pişmiş hamurlarda amilopektin retrogradasyonunun olmadığını, dondurarak depolama süresi arttıkça ekmek içi sertliğinin de arttığını saptamışlardır. Benzer şekilde, Barcenas ve Rosell (2006) de dondurarak muhafaza süresince kısmi pişmiş hamurların sertlik değerinin sabit kaldığını ancak son pişirme işlemi yapılmış ekmeklerde, depolama süresinin artmasının sertlik değerinde artışa neden olduğunu

tespit etmişlerdir. Bizim çalışmamızda, sertlik değerinin ürün tipi ve depolama süresine bağlı olarak önemli seviyede değiştiği (p<0.05) Çizelge 4'te görülmektedir. A ve B örneklerinin sertlik değerinin C ve D örneklerinden daha yüksek olduğu, çözme işleminin donmuş hamurlardan üretilen ekmeklerin sertliğini etkilediği ancak kısmi pişmiş hamurlardan üretilen ekmeklerin sertlik değeri üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Dolayısıyla donmuş hamurların çözme işlemi uygulandıktan sonra pişirilmesi ile elde edilen ekmeklerin daha sert bir yapıya sahip olduğu anlaşılmaktadır. Çizelge 4'e göre 4 tip ürünün sertlik değeri, depolama süresi göz önünde bulundurularak incelendiğinde depolama süresi arttıkça sertlik değerinin de arttığı ancak 4. günden sonra meydana gelen değişimlerin istatistiksel olarak önemli seviyede olmadığı tespit edilmiştir. Donmuş hamurlardan ekmek üreten Giannou ve Tzia (2007) 9 aylık depolama periyodu süresince belirli aralıklarla analiz yapmış ve ilk 3 ay boyunca ekmek içi sertliğinin arttığını daha sonra sabit kaldığını belirlemişlerdir.

Duyusal anlamda ürünün deformasyon miktarı, fiziksel anlamda ise iç

bağların kuvveti hakkında bilgi veren kohezif yapışkanlık (Szczeniak 1998), tekstür analiz cihazında ikinci sıkıştırma anında elde edilen pozitif kuvvet alanının, birinci sıkıştırmada elde edilen pozitif kuvvet alanına oranlanması ile elde edilen bir değer olması nedeniyle birimsizdir. Çizelge 2'deki veriler, ürünlere ait bu değerlerin kontrol örneğinden çok farklı olmadığını göstermektedir. Dolayısıyla ekmeklere uygulanan işlem aşamalarının iç bağ kuvvetlerini olumsuz yönde etkilemediğinden söz edilebilir. Ürünler kendi aralarında karşılaştırıldığında kohezif yapışkanlık değerleri arasında istatistiki bir farklılık bulunmamış, depolama süresine bağlı olarak da bir değişim gözlenmemiştir. Bizim çalışmamızdaki ile benzer olarak Carr ve ark. da (2006) yaptıkları bir çalışmada kısmi pişmiş ekmeklerin kohezif yapışkanlık değerinin depolama süresinden bağımsız olduğunu belirlemişlerdir.

Çiğnenebilirlik fiziksel anlamda katı bir gıda maddesini yutmaya hazır hale getirmek amacıyla parçalamak için gerekli enerji, duyusal anlamda ise saniyede bir çiğneme olacak şekilde gıdanın çiğnenebilmesi için gerekli çiğneme sayısı ve gıdanın kıvamını çiğnemeye uygun hale getirebilmek için uygulanan sabit orandaki kuvvet olarak tanımlanır (Szczeniak 1998). Çizelge 2'den de görüldüğü üzere kısmi pişmiş ekmekler (C ve D) ile kontrol örneklerinin çiğnenebilirlik değerleri arasında istatistiki olarak bir farklılık yoktur. A ve B'de ise depolama süresine göre düzensiz olmakla birlikte zaman zaman

farklılıklar gözlenmiştir. Çizelge 4'e bakıldığında ise çiğnenebilirlik açısından ürünler arasında farklılık olduğu ancak çözme işleminin bu değeri etkilemediği anlaşılmaktadır. Ayrıca çiğnenebilirliğin depolama süresinden bağımsız olarak değiştiği belirlenmiştir. Çiğnenebilirliğin tanımı göz önünde bulundurulduğunda, daha yüksek değere sahip olan A ve B'nin çiğnenebilirliğinin diğer ürünlere göre daha zor olduğu anlaşılmaktadır.

Yapılan istatistiki analizler sonucu ürünler ve kontrol örneklerinin elastikiyet değerleri arasında herhangi bir farklılık olmadığı, elastikiyet değerinin ne ürün tipi ne de depolama süresine bağlı olarak değişmediği tespit edilmiştir. Carr ve Tadini (2003) maya ve bitkisel yağların kısmi pişmiş dondurulmuş ekmeklerin fiziksel ve tekstürel özellikleri üzerindeki etkisini belirledikleri çalışmada, farklı miktarlarda maya ve bitkisel yağ ilavesinin elastikiyet değerini önemli düzeyde etkilemediğini belirlemişlerdir. Carr ve ark. (2006) kısmi pişmiş dondurulmuş ekmeklerin elastikiyet değerinin 7 günlük depolama süresi boyunca istatistiki olarak değişmediğini saptarken, kısmi pişmiş ekmekleri 9 aya kadar depolayan Vuluçevic ve ark. (2004) ise 4 hafta depolama sonunda elastikiyeti, önemli ölçüde bozulan bir parametre olarak belirlemişlerdir.

Esneklik, ürünün eski halini almak için gösterdiği direnç ile ilgili bir kavramdır (Anonymous 2001). Çizelge 2'ye göre A için esneklik değeri depolamanın 10. gününe kadar kontrol örneklerinden

Çizelge 4. Ekmeklerin Tekstürel Değerlerinin Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

		A	B	D	C
Sertlik	Ürün**	742.887 ^a ± 13.483 (N=8)	608.252 ^b ± 23.466 (N=8)	340.378 ^c ± 17.389 (N=8)	296.196 ^c ± 15.961 (N=8)
		7	10	4	1
Çiğnenebilirlik	Süre**	525.467 ^a ± 77.112 (N=8)	510.105 ^a ± 66.072 (N=8)	504.435 ^a ± 68.798 (N=8)	447.705 ^b ± 73.615 (N=8)
	Ürün**	B	A	D	C
Esneklik	Ürün*	766.744 ^a ± 49.907 (N=8)	762.782 ^a ± 100.768 (N=8)	387.751 ^b ± 32.994 (N=8)	288.951 ^b ± 10.302 (N=8)
		B	A	D	C
	Ürün*	0.499 ^a ± 0.010 (N=8)	0.489 ^{ab} ± 0.005 (N=8)	0.470 ^{bc} ± 0.006 (N=8)	0.462 ^c ± 0.008 (N=8)

* Değişik harfler, ortalamaların p<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

** Değişik harfler, ortalamaların p<0.01 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

farklılık göstermezken, 10. günde $p<0.05$ seviyesinde bir farklılık saptanmıştır. Bu da depolama süresiyle birlikte ekmeğin yapısında meydana gelen değişimler sonucu ürünün eski halini almak için gösterdiği direncin artması anlamına gelmektedir. Çözmeden pişirilen kısmi pişmiş ekmeklerin esneklik değerinin yalnızca ürün tipine bağlı olarak önemli seviyede ($p<0.05$) değiştiği ve en yüksek değeri B'nin aldığı, Çizelge 4'te görülmektedir. Depolama süresinin, esneklik değeri üzerine etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

3.2. Duyusal özellikler

Çizelge 2'de ürünler duyusal özelliklerine göre incelendiğinde; A ve B'nin depolama süresi boyunca kontrol

örneğinden önemli ($p<0.05$) ölçüde farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Ürünlerin görsel olarak incelenmesi sırasında donmuş hamurlardan üretilen ekmeklerin yüzeyinde yer yer kırmızımsı/koyu kahverengi beneklerin oluştuğu gözlenmiştir. Bu da bu ekmeklerin düşük puan almasının nedeni olarak gösterilebilir.

Çizelge 5'teki veriler incelendiğinde ise, dondurulmuş kısmi pişmiş hamurların pişirilmesi ile elde edilen ürünlerin, kabuk rengi ve görünümü açısından dondurulmuş hamurdan elde edilen ürünlere göre daha yüksek değer aldığı gözlenmektedir. Ürünlerin bu değerleri 4. günden itibaren depolama süresinden bağımsız olarak değişirken, 1 ile 4. günler arasında da bir farklılık saptanmamıştır.

Çizelge 5. Ekmeklerin Duyusal Analiz Değerleri Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

		D	C	A	B
Kabuk Rengi ve Görünümü	Ürün **	3.313 ^a ± 0.146 (N=8)	3.311 ^a ± 0.213 (N=8)	2.314 ^b ± 0.165 (N=8)	2.229 ^b ± 0.126 (N=8)
	Süre **	1 3.125 ^a ± 0.290 (N=8)	4 2.918 ^{ab} ± 0.251 (N=8)	7 2.645 ^b ± 0.139 (N=8)	10 2.479 ^b ± 0.251 (N=8)
Ekmek İçi Rengi	Ürün **	C 3.874 ^a ± 0.087 (N=8)	D 3.793 ^a ± 0.108 (N=8)	A 2.771 ^b ± 0.114 (N=8)	B 2.625 ^b ± 0.102 (N=8)
	Süre **	1 4.021 ^a ± 0.073 (N=8)	10 3.979 ^a ± 0.092 (N=8)	4 3.105 ^b ± 0.109 (N=8)	7 3.083 ^b ± 0.105 (N=8)
Ekmek İçi Tekstürü ve Gözenek Yapısı	Ürün **	D 3.896 ^a ± 0.157 (N=8)	C 3.501 ^b ± 0.199 (N=8)	A 3.416 ^b ± 0.197 (N=8)	B 3.374 ^b ± 0.163 (N=8)
	Süre **	1 3.833 ^a ± 0.104 (N=8)	4 3.731 ^a ± 0.104 (N=8)	7 3.209 ^b ± 0.098 (N=8)	10 2.936 ^b ± 0.117 (N=8)
Tat ve Aroma	Ürün **	C 3.701 ^a ± 0.119 (N=8)	D 3.625 ^a ± 0.125 (N=8)	A 2.814 ^b ± 0.124 (N=8)	B 2.771 ^b ± 0.118 (N=8)
	Süre **	1 3.523 ^a ± 0.159 (N=8)	4 3.375 ^{ab} ± 0.198 (N=8)	7 3.145 ^{bc} ± 0.193 (N=8)	10 2.869 ^c ± 0.178 (N=8)
Beğeni Durumu	Ürün **	D 3.605 ^a ± 0.076 (N=8)	C 3.523 ^a ± 0.116 (N=8)	A 2.668 ^b ± 0.089 (N=8)	B 2.668 ^b ± 0.118 (N=8)
	Süre *	4 3.335 ^a ± 0.186 (N=8)	1 3.189 ^{ab} ± 0.168 (N=8)	7 3.001 ^b ± 0.178 (N=8)	10 2.938 ^b ± 0.218 (N=8)

* Değişik harfler, ortalamaların $p<0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

** Değişik harfler, ortalamaların $p<0.01$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Ürünlerin iç rengi duyusal analiz sonuçları açısından incelendiğinde, A ve B'nin iç rengi değerleri depolama süresi boyunca kontrol örneklerine göre bir farklılık ($p<0.05$) göstermiştir (Çizelge 2). Donmuş kısmi pişmiş hamurların pişirilmesi ile üretilen ürünlerin iç rengi değerlerinin dondurulmuş hamurun pişirilmesi ile üretilen ürünlerin iç renginden daha iyi olduğu ve depolama süresi boyunca ürünlerin iç renginde istatistiksel olarak önemli herhangi bir farklılığın oluşmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 5).

Ürünler, tekstür ve gözenek yapısı değerleri açısından kontrol örneği ile karşılaştırıldığında, A ve B'nin depolama süresi boyunca, D'nin ise depolamanın 7. gününden itibaren $p<0.05$ seviyesinde farklılık gösterdikleri saptanmıştır (Çizelge 2). Çizelge 5'e göre ise, elde edilen sonuçlar donmuş kısmi pişmiş hamurlardan üretilen ekmeklerin donmuş hamurdan elde edilen ürünlere göre daha yüksek değer aldığını göstermektedir. Depolama süresinin bu özelliklere olan etkisi incelendiğinde, 4. günden itibaren istatistiki olarak herhangi bir farklılık olmadığı saptanmıştır.

Yapılan duyusal değerlendirme sonucunda donmuş hamurdan üretilen ekmeklerin (A ve B) tat ve aroma değerlerinin depolamanın ilk gününden itibaren kontrol örneklerinden istatistiksel olarak $p<0.05$ seviyesinde farklılık gösterdiği ve bu ürünlerin tat ve aroma değerlerinin kontrol örneklerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. C, 10., D ise 4. günden itibaren, kontrol örneğinden farklılık göstermiştir (Çizelge 2). Çizelge 5'te ürünlerin kendi aralarındaki karşılaştırma sonuçlarına bakıldığında tat ve aroma değerinin ürün tipine göre farklılık arz ettiği, C ve D örneklerinin daha yüksek değer aldığı yani kontrol örneğine (4.474) daha yakın olduğu, çözme işleminin tat ve aroma değerini etkilemediği anlaşılmaktadır.

Çizelge 2 ve Çizelge 5'e göre ürünlerin ağızda bıraktıkları his/çiğnenebilirlik bakımından kısmi pişmiş ekmeklerin kontrol örneklerine daha yakın olduğu görülmektedir. C, 7. D ise 10. günden itibaren kontrolden farklılık ($p<0.05$) gösterirken, A ve B neredeyse ilk günden

itibaren farklılık göstermiştir. Ürünlerin kendi aralarında karşılaştırma sonuçları, ağızda bıraktığı his/çiğnenebilirlik değerinin ürün tipleri ve depolama süresine ($p<0.05$) bağımlı olarak değiştiğini göstermektedir. A ve B ile C ve D'nin birbirlerinden farklı ancak kendi aralarında aynı etkiyi göstermesi çözme işleminin farklılık yaratmadığının kanıtı olmaktadır. Carr ve ark. (2006) 7 gün boyunca günlük olarak analiz ettikleri kısmi pişirilmiş ekmeklerin ağızda bıraktığı hisse ait değerlerin depolama süresinden bağımsız olduğunu ancak 2. ve 3. gün dışında kontrol örneklerinden farklılık arzetmediğini tespit etmişlerdir. Daha uzun bir depolama süresinin etkisini inceleyen Vuluçevic ve ark (2004) kısmi pişmiş ekmeklerin ağızda bıraktığı his değerinin 4 hafta depolamadan sonra bozulduğunu belirlemişlerdir.

Ürünün kabul edilebilir olup olmadığını en iyi ifade eden duyusal parametre olan beğeni durumu sonuçları (Çizelge 2), A ve B'nin depolama süresi boyunca kontrolden sürekli farklı olduğunu göstermektedir. Panelin hedonik skalaya göre yapılması ve donmuş hamurdan üretilen ekmeklerin aldığı puanların 2-3 arasında olması, ürünün çok fazla beğenilmediğinin göstergesi olmaktadır. C ve D'nin ise sırasıyla 7. ve 10. günlerden sonra farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Dolayısıyla beğeni durumu açısından depolama süresi çok fazla uzatılmadığı sürece kısmi olarak pişirilip dondurucuda muhafaza edildikten sonra pişirilen ekmeklerin kontrol örneklerinin yani taze ekmeğin yerini tutabileceğinden bahsedilebilir. Çizelge 5'de elde edilen veriler, beğeni durumunun ürün tipi ve depolama süresinden istatistiki olarak önemli seviyede ($p<0.05$) etkilendiğini göstermektedir. Dondurucudan çıkarılan ürünleri çözerek ya da çözmeden pişirmenin, beğeni durumu açısından herhangi bir farklılığa yol açmadığı, tespit edilmiştir. Depolama süresi göz önünde bulundurulduğunda ise 7. ve 10. gün örneklerinin beğeni durumu arasında farklılık olmadığı saptanmıştır.

4. Sonuç

Araştırmada, taze ekmeğin yerini hangi zaman aralığında ve ne ölçüde tutabileceğini belirlemek amacıyla 4 farklı şekilde işlenmiş beyaz ekmeklere ait analizler yapılmıştır. Taze ürünün değerlendirilmesinde en önemli kalite kriteri olan sertlik değerinin donmuş hamurların ilk günden, kısmi pişmiş hamurdan üretilen ekmeklerin ise 10. günden itibaren kontrol örneklerinden farklı olduğu belirlenmiştir. Sertliğin yanısıra yapılan diğer fiziksel, tekstürel ve duyu analizler, donmuş kısmi pişmiş hamurdan üretilen ekmeklere ait özelliklerin taze ekmeğin özelliklerine daha yakın olduğunu, hamurların dondurucuda muhafaza edildikten sonra pişirilmesi ile elde edilen ürünlerin yapısında meydana gelen olumsuz değişimlerin kısmi pişirme işlemi uygulanmış ürünlere göre daha fazla olduğunu göstermiştir. Üretim sürecini kısaltmak ve taze ürünü en iyi temsil edebilecek ürünü üretmek için dondurmadan önce hamurları kısmen pişirmenin daha uygun olacağı görülmüştür.

Kaynaklar

- Anonymous 2001. SMS-Stable Micro Systems. <http://www.stablemicrosystems.com>
- Asghar, A., Anjum, F. M., Butt, M. S. and Hussain, S. 2006. Shelf life and stability study of frozen dough bread by the use of different hydrophilic gums. *International Journal of Food Engineering*, 2 (3): 1-11.
- Barcenas, M. E., Haros, M., Benedito, C. and Rosell, C. M. 2003. Effect of freezing and frozen storage on the staling of part-baked bread. *Food Research International*, 36: 863-869.
- Barcenas, M. E., Benedito, C. and Rosell, C. M. 2004. Use of hydrocolloids as bread improvers in interrupted baking process with frozen storage. *Food Hydrocolloids*, 18: 769-774.
- Barcenas, M. E. and Rosell, C. M. 2006. Effect of frozen storage time on the bread crumb and aging of par-baked bread. *Food Chemistry*, 95: 438-445.
- BeMiller, J. N. and Whistler, R. L. Carbohydrates. In: O. R. Fennema (Ed), *Food Chemistry*. Marcel Dekker, New York, USA, pp 157-224.
- Bhattacharya, M., Langstaff, T. M. and Berzonsky, W. A. 2003. Effect of frozen storage and freeze-thaw cycles on the rheological and baking properties of frozen doughs. *Food Research International*, 36: 365-372.
- Carr, L. G., Rodas, M. A. B., Torre, J. C. M. D. and Tadini, C. C. 2006. Physical, textural and sensory characteristics of 7-day frozen part-baked French bread. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technology*, 39: 540-547.
- Carr, L. G. and Tadini, C. C. 2003. Influence of yeast and vegetable shortening on physical and textural parameters of frozen part baked French bread. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technology*, 36: 609-614.
- Cauvain, S. P. 1999a. Bread-the product. In: S. P. Cauvain and L. S. Young (Editors), *Technology of breadmaking*. An Aspen Publication, Gaithersburg, Maryland, pp. 1-17.
- Cauvain, S. P. 1999b. Dough retarding and freezing. In: S. P. Cauvain and L. S. Young (Editors), *Technology of breadmaking*. An Aspen Publication, Gaithersburg, Maryland, pp. 149-179.
- Cauvain, S. P. and Young, L. S. 2000. *Bakery Food Manufacture and Quality*. Blackwell Science Ltd., UK, 209 p.
- Cauvain, S. P. 2004. Improving the texture of bread. In: Kilcast, D. (Ed), *Texture in Food, Volume 2: Solid Foods*, GBR: Woodhead Publishing Ltd, Cambridge pp.432-450.
- Coşkun, Y. 2003. Çukurova bölgesinde yetiştirilen bazı buğday çeşitlerinin tek ve iki katlı düz ekmeğe üretimine uygunluğu ile ekşi hamurun kalite üzerine etkisinin araştırılması. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara (Doktora Tezi), 149 ss.
- Elgün, A. ve Ertugay, Z. 2002. Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Yayınları No. 718, Erzurum, 376 ss.
- Erem, F. 2007. Normal ve kepekli ekmeklerde sünme etmeni *Bacillus* türlerinin belirlenmesi ve sünme üzerine kinetik çalışmalar. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya (Y. lisans tezi), 181 ss.
- Fik, M. and Surowka, K. 2002. Effect of prebaking and frozen storage on the sensory quality and instrumental texture of bread. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82: 1268-1275.
- Giannou, V., Kessoglou, V. and Tzia, C. 2003. Quality and safety characteristics of bread made from frozen dough. *Trends in Food Science and Technology*, 14: 99-108.
- Giannou, V. and Tzia, C. 2007. Frozen dough bread: Quality and textural behavior during prolonged storage-Prediction of final product characteristics. *Journal of Food Engineering*, 79: 929-934.
- Havet, M., Mankai, M. and Le Bail, A. 2000. Influence of the freezing condition on the baking performances of French frozen dough. *Journal of Food Engineering*, 45: 139-145.
- Inoue, Y., Sapirstein, H. D. and Bushuk, W. 1995. Studies on frozen doughs. IV. Effect of shortening systems on baking and rheological properties. *Cereal Chemistry*, 72 (2): 221-226.
- Le Bail, A., Monteau, J.Y., Margerie, F., Lucas, T., Chargelegue, A. and Reverdy, Y. 2005. Impact of selected process parameters on crust flaking of frozen partly baked bread. *Journal of Food Engineering*, 69: 503-509.

- Mandala, I Kapetanakou, A. and Kostaropoulos A. 2008. Physical properties of breads containing hydrocolloids stored at low temperature: II—Effect of freezing. *Food Hydrocolloids*, 22: 1443–1451.
- Matuda, T. G., Parra, D. F., Lugao, A. B. and Tadini, C. C. 2005. Influence of vegetable shortening and emulsifiers on the unfrozen water content and textural properties of frozen French bread dough. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technology*, 38: 275-280.
- Phimolsiripol, Y., Siripatrawan, U., Tulyathan, V. and Cleland, D. J. 2008. Effects of freezing and temperature fluctuations during frozen storage on frozen dough and bread quality. *Journal of Food Engineering*, 84:48-56.
- Ribotta, P. D. and Le Bail, A. 2007a. Effect of additives on the thermo-mechanical behaviour of dough systems at sub-freezing temperatures. *European Food Research International*, 224: 519–524.
- Ribotta, P. D. and Le Bail, A. 2007b. Thermo-physical and thermo-mechanical assessment of partially baked bread during chilling and freezing process. Impact of selected enzymes on crumb contraction to prevent crust flaking. *Journal of Food Engineering*, 78: 913-921.
- Ribotta, P. D., Leon, A. E. and Anon, M. C. 2006. Frozen Dough. In: Y. H. Hui (Editor), *Bakery Products: Science and Technology*. Blackwell Publishing, Oxford, UK, pp. 381-390.
- Ribotta, P. D., Perez, G. T., Leon, A. E. and Anon, M. C. 2004. Effect of emulsifier and guar gum on micro structural rheological and baking performance of frozen bread dough. *Food Hydrocolloids*, 18: 305-313.
- Rosell, C. M. and Gomez, M. 2007. Frozen Dough and Partially Baked Bread: An update. *Food Reviews International*, 23: 303-319.
- Rouille, J. Le Bail, A. and Courcoux, P. 2000. Influence of formulation and mixing conditions on bread making qualities of French frozen dough. *Journal of Food Engineering*, 43:197-203.
- Szczesniak, A. S. 1998. Sensory Texture Profiling Historical and Scientific Perspectives. *Food Technology*, 52 (8): 54-57.
- Vulućević, I. R., Abdel-Aal, E-S. M., Mittal, G. S. and Lu, X. 2004. Quality and storage life of par-baked frozen breads. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technology*, 37: 205-213.
- Wang, R., Zhou, W., Yu, H. H. and Chow, W. F. 2006. Effects of green tea extract on the quality of bread made from unfrozen and frozen dough processes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86: 857-864.