

## FARKLI HİDROKOLLOİD KOMBİNASYONLARININ EV TİPİ EKMEK MAKİNELERİNDE ÜRETİLEN GLUTENSİZ EKMEKLERİN BAZI NİTELİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ<sup>1</sup>

*The Effect of Different Hydrocolloid Combinations on Some Quality of Gluten-Free Bread Produced in Bread Machine*

Hüsne KONUR  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Mehmet Sertaç ÖZER  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

### ÖZET

Bu çalışmada çölyak hastaları tarafından ev tipi ekme yapma makinelerinde kolaylıkla üretilip, taze tüketilebilecek glutensiz ekme formülasyonlarının oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amaçla, ksantan gam(KS), hidroksipropil metil selüloz(HPMC), karboksimetil selüloz(CMC) ve metil selüloz(MC) olmak üzere 4 farklı hidrokolloid, %3 ve %5 olmak üzere 2 farklı konsantrasyonda kullanılarak glutensiz ekme üretimleri gerçekleştirilmiştir. Buna göre, farklı hidrokolloid türleri ve kombinasyonlarının ev tipi ekme makinelerinde üretilen glutensiz ekmeğin bazı kalite nitelikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Kabuk L\* değerleri en mat renk %5 konsantrasyonda KS'li ekmeğlerden elde edilmiştir. Hidrokolloid oranı %3'den %5'e çıkarıldığında, ekmeğin kabuk L\* değerinin azaldığı, ekmeğin kabuk renginin koyulaştığı belirlenmiştir. Glutensiz ekmeğin kabuk a\* değerleri, en yüksek %5 konsantrasyonda KS+CMC'li ekmeğlerden elde edilmiştir. Hidrokolloid oranının %3'den %5'e artırıldığında kabuk a\* değerinin arttığı, ekmeğin kabuk renginin koyulaştığı belirlenmiştir. Hidrokolloid içeren en düşük b\* değerine sahip glutensiz ekmeğin, %3 konsantrasyonda HPMC+CMC+MC'li ekmeğlerdir. Kabuk b\* değerinin, aynı kombinasyonların hidrokolloid oranı %3'den %5'e artırıldığında arttığı, ekmeğin kabuk renginin sarımsaklaştığı belirlenmiştir. Glutensiz ekmeğin örnekleri arasındaki aw değerlerinin, 0.9160 ile 0.9543 arasında olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelime:** Glutensiz Ekmeğin, Hidrokolloid, Ekmeğin Makinesi

### ABSTRACT

In this study, it is aimed to produce gluten-free bread formulations that can be easily prepared and consumed freshly by celiac patients using bread machine. For this purpose, gluten-free bread was produced four different hydrocolloids as xanthan gum(XG), hydroxypropyl methyl cellulose(HPMC), carboxymethyl cellulose(CMC) and methyl cellulose(MC) at two different concentrations (3, 5%). Thus, the effect of different of hydrocolloid and their combinations on quality parameters of gluten-free breads were examined. Crust L\* values were obtained

---

<sup>1</sup> Aynı başlıklı Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

from bread with the most matt color XG at 5% concentration..When the hydrocolloid ratio was increased from 3% to 5%, it was determined that the bread crust L\* value decreased and the bread crust color became darker. The highest crust a\* values of gluten-free breads were obtained from KS+CMC breads at 5% concentration and when the hydrocolloid ratio is increased from 3% to 5%, the crust a\* value increases. The bread crust color becomes darker. Gluten-free bread with the lowest b\* value containing hydrocolloid are breads with HPMC+CMC+MC in 3% concentration. When the crust b\* value increased from 3% to 5%, and the bread crust color turned yellowish. It was determined that aw values between gluten-free bread samples were between 0.9160 and 0.9543.

**Keywords:** Celiac, Gluten-Free Bread, Hydrocolloid, Bread machine

## Giriş

Beslenmemizde önemli bir yere sahip olan tahıl ve tahıl ürünlerinin insan sağlığı üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır. Ancak bu ürünler, bazı kişilerde çeşitli rahatsızlıklara neden olmaktadır ve bunlardan biri de “Çölyak” hastalığıdır (Türksoy, 2006). Çölyak hastalarının, bileşiminde gluten içeren gıdalarla beslenmesi sonucunda; ince bağırsakların mukozasında meydana gelen immünolojik reaksiyonlar sonucu, ince bağırsak iç yüzeyinde absorpsiyonu sağlayan villuslar düzleşmekte ve buna bağlı olarak, yüzey alanı azaldığı için besin alımı zorlaşmaktadır. Çocuklarda gelişme bozukluğu, boy kısalığı, ishal, yağlı ve kötü kokulu dışkı, kilo kaybı, iştahsızlık, demir eksikliği anemisi, kusma, karın şişliği, kronik yorgunluk ve halsizlik gibi belirtiler göstermektedir. İleri yaşlarda ise, osteoporoz (kemik erimesi), kemik mineral yoğunluğunun düşük olması, bağışıklık sistemi hastalıklarına sebep olmaktadır. Çölyak hastalığının tek tedavisi, yaşam boyu glutensiz diyet uygulamasıdır (Calle ve ark., 2020). Bu nedenle, başta fırıncılık ürünleri olmak üzere gluten içermeyen ekmek, makarna, kek, bisküvi, gibi çeşitli gıda ürünlerinin üretilip raflarda yerini alması önem arz etmektedir. Diğer taraftan, genellikle nişasta bazlı olarak hazırlanan glutensiz karışımlar, ev koşullarında başta ekmek olmak üzere taze bir şekilde fırıncılık ürünlerinin üretilmesine imkân sağlamaktadır. Ancak, glutensiz fırıncılık ürünleri genellikle buğday unu kullanılarak hazırlanan ürünlere kıyasla daha düşük kalite niteliklerine sahiptir. Bu durum, fırıncılık ürünlerinde; buğdaydan elde edilen unun işlenebilirliğinin, buğdaydan gelen protein miktarı ve kalitesine bağlı olması ile ilişkilendirilmektedir (Salehi, 2019). Buday ve buğday ununda bulunan glutenin ve gliadin proteinleri su ile karıştırıldığı zaman, hamur içerisinde sürekli bir viskoelastik ağ oluşturur ve bu ağ plastik ve elastik yapıdaki gluteni meydana getirir (Dizlek, 2011; Meybodi ve ark., 2015). Gluten, mayaların oluşturduğu CO<sub>2</sub> gazını, hamur içinde tutarak ekmeğin kabarmasını, gözenekli yapıyı ve ekmek fırından çıktıktan sonra ürünün daha yumuşak biçimde muhafazasını sağlayan protein kompleksidir. Dolayısıyla, glutenin yapıdan uzaklaştırılmasıyla, sıvı bir hamur elde edilmekte ve pişirilmiş nihai üründe birçok kalite niteliklerinde kayıpları meydana gelmektedir (Vidaurre-Ruiz ve ark., 2018; Witczak ve ark., 2019). Bu nedenle, gluten içermeyen hammaddelerden üretilen fırıncılık ürünleri; genellikle arzu edilmeyen yapısal

özelliklere sahip, düşük hacimli, çabuk bayatlayan ve kolay ufalanabilir yapıya sahiptir (Witczak ve ark., 2019; Calle ve ark., 2020). Günümüzde yaygın biçimde satılan ekmek yapma makineleri ile ev koşullarında nişasta bazlı ticari glutensiz karışımlar kullanılarak ekonomik, pratik ve hızlı biçimde glutensiz ekmekler yapılabilmektedir. Çünkü gerekli yoğurma, ara dinlendirme, havalandırma, şekil verme, fermentasyon ve pişirme işlemleri otomatik biçimde makine tarafından yapılmaktadır. Ancak, gluten içeren unlarda oldukça başarılı sonuçlar gösteren ekmek yapma makineleri ile glutensiz karışımlar kullanılarak başarılı ekmekler yapmak oldukça güçtür. Diğer bir taraftan, özellikle hidrokolloid kullanımı ile kalite ve duyu özellikleri arzu edilen nitelikte ve ev koşullarında kolaylıkla hazırlanabilecek glutensiz ekmek formülasyonları yeterli miktarda bulunmamaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada ekmek yapma makinesi kullanılarak hızlı ve pratik bir şekilde hazırlanıp, taze olarak tüketilmeye imkân sağlayacak glutensiz ekmek formülasyonlarının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, ksantan gam (KS), hidroksipropil metil selüloz (HPMC), karboksimetil selüloz (CMC) ve metil selüloz (MC) olmak üzere dört farklı hidrokolloid, %3 ve %5 olmak üzere 2 farklı konsantrasyonda tek başlarına ve kombinasyonlar halinde kullanılarak glutensiz ekmek üretimleri gerçekleştirilmiştir. Farklı tür ve konsantrasyondaki hidrokolloid kullanımının, glutensiz ekmeklerin nitelikleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla; su aktivitesi, renk(L\*, a\*, b\*) ve duyu analizler gerçekleştirilmiştir.

## **Materyal ve Yöntem**

### **Materyal**

Denemelerde kullanılan pirinç unu (Başak Gıda- Konya), mısır nişastası (Sunar Mısır- Adana), patates nişastası (Başak Gıda- Konya), pudra şekeri (Başak Gıda- Konya), yaş ekmek mayası (Pakmaya-Türkiye), ayçiçek yağı (Migros - Adana), tuz (lyotsuz Billur Tuz-İstanbul) Adana piyasasındaki marketlerden temin edilmiştir. Gliserol Mono Stereat (Ervesa-İstanbul) ksantan gam (Meihua), hidroksipropil metil selüloz (Blanose), karboksimetil selüloz ve metil selüloz (Benecel); Türkiye distirübütörlerinden temin edilmiştir. Araştırmada, glutensiz ekmeklerin üretiminde "Tefal" marka, SERIE B13-A model "Pain Dore" ekmek yapma kullanılmıştır.

### **Yöntem**

Ksantan gam (KS), hidroksipropil metil selüloz (HPMC), karboksimetil selüloz (CMC) ve metil selüloz (MC) olmak üzere 4 farklı hidrokolloidin, tek başlarına ve kombinasyonlar şeklinde, 2 farklı (%3 ve %5) konsantrasyonda kullanılması suretiyle toplam 31 farklı glutensiz ekmek üretimi 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, formülasyonda herhangi bir hidrokolloidin kullanılmadığı kontrol ekmeği (Kontrol) ve ticari olarak satılan glutensiz karışım (Ticari ürün) kullanılarak glutensiz ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir. Ekmek pişirme işlemi; ev tipi ekmek yapma makinesinin 6. program kullanılarak 13 dakika karıştırma, 35

15 dakika fermentasyon ve 50 dakika pişirme işlemi olacak şekilde, toplam 98 dakikada tamamlanmıştır.

Çizelge 1. Glutensiz Ekmek Üretiminde Kullanılan Hidrokolloid Bileşimleri (%).

Ürün Kodu	Kullanım Oranı (%)	Bileşimdeki hidrokolloid cinsi ve % oranları			
		KS	HPMC	CMC	MC
Kontrol	-	-	-	-	-
Ticari Ürün	-	-	-	-	-
HD 1	3-5	100	-	-	-
HD 2	3-5	-	100	-	-
HD 3	3-5	-	-	100	-
HD 4	3-5	-	-	-	100
HD 5	3-5	50	50	-	-
HD 6	3-5	50	-	50	-
HD 7	3-5	50	-	-	50
HD 8	3-5	-	50	50	-
HD 9	3-5	-	50	-	50
HD 10	3-5	-	-	50	50
HD 11	3-5	33.3	33.3	33.3	-
HD 12	3-5	33.3	33.3	-	33.3
HD 13	3-5	33.3	-	33.3	33.3
HD 14	3-5	-	33.3	33.3	33.3
HD 15	3-5	25	25	25	25

#### Renk Analizleri

Glutensiz ekmeklerin renk yoğunluğu ölçümleri Konica Minolta CM-5 (Japonya) cihazıyla kabuk kısmında 3'er nokta olmak üzere L\*, a\* ve b\* değerleri belirlenerek gerçekleştirilmiştir. Bu cihaz üç boyutlu renk ölçümünü esas almakta olup, Y eksenindeki L\* (lightness); 0=siyahtan, 100=beyaza kadar olan örneğin açıklık-koyuluk, X eksenindeki a\*; yeşil (-a), kırmızı (+a), Z eksenindeki b\*; sarı (+b), mavi (-b) renk boyutunu veya yerini gösterir., glutensiz ekmeklerin dış kısmından 3 nokta olmak üzere L\*, a\*, b\* değerleri belirlenerek gerçekleştirilmiştir.

#### Su Aktivitesi Analizi

Ekmeklerin su aktivitesi değerleri ekmek piştikten 2 saat sonra, Novasina marka LabMaster- aw model su aktivite ölçüm cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Ekmekler cihazın kabı kadar doldurulduktan sonra cihaz haznesine konularak analiz edilmiştir (Lazaridou ve ark., 2007).

#### Araştırma Bulguları ve Tartışma

##### Ekmek Nitelikleri

##### Renk Analizleri

Renk, aroma, tekstür gibi etmenler, fırıncılık ürünlerinde tüketicilerin ürün tercihlerinde önemli bir yere sahiptir. Glutensiz ekmek rengi, hamurun su içeriği,

aminoasit içeriği, pH, indirgen şeker miktarı gibi fizikokimyasal özellikleri ile fırın sıcaklığı ve pişirme süresi, ortam bağıl nemi ve pişirme sırasındaki ısı transfer özellikleri gibi fırında pişirme koşullarından etkilenmektedir (Alifakı, 2013).

L\* değeri, 0-100 aralığında siyahtan (koyu) beyaza (parlak, aydınlık) renk yoğunluğunu ifade etmektedir. +a değerleri kırmızıya doğru giden renk yoğunluğuna karşılık gelirken -a değerleri ise yeşile doğru giden renk yoğunluğunu ifade etmektedir. +b değerleri ise sarı renk yoğunluğunu, -b değerleri mavi renge giden bir renk yoğunluğunu göstermektedir (Tümer, 2013).

Farklı hidrokolloid türü ve kombinasyonlarında ev tipi ekmek makinelerinde üretilen glutensiz ekmeklerin, kabuk L\* değerleri Çizelge 2'de olup hidrokolloid çeşidinin değişmesi ve oranının artırılmasının ekmek kabuğundaki renk değerlerine etkisi değerlendirilmiştir.

Kabuk L\* değerleri en mat ekmekler 62.14 (%100 KS- HD1- %5 konsantrasyonda), en parlak ekmekler de 75.53 (%25 Tüm hidrokolloidler-HD15- %3 konsantrasyonda) elde edilmiştir ve bu değerler arasındaki fark %21.55 olarak tespit edilmiştir (p<0.05). Aynı kombinasyonlarda hidrokolloid oranı %3'den %5'e çıkarıldığında, ekmek kabuk L\* değerinin azaldığı yani ekmek kabuk renginin koyulaştığı belirlenmiştir (p<0.05). Ekmek kabuk rengini etkileyen etmenler kullanılan hammaddé rengi başta olmak üzere maillard reaksiyonu ve karamelizasyon reaksiyonlarıdır. Çalışmamızda, az oranda şeker ve süt ve süt ürünleri gibi protein kaynakları kullanılmıştır. Sonuç olarak, elde edilen glutensiz ekmekler arasında istatistiksel anlamda önemli farklılık elde edilmiştir (p<0.05).

Çizelge 2. Glutensiz ekmek örneklerinin renk (L\*) değerleri.

Formül	Kullanılan Hidrokolloid Oranları	
	3%	5%
<b>Kontrol</b>	70.51 <sup>ghijk</sup>	
<b>Ticari Ürün</b>	73.90 <sup>bc</sup>	
<b>HD1 (%100 KS)</b>	70.12 <sup>hijkl</sup>	62.14 <sup>p</sup>
<b>HD2 (%100 HPMC)</b>	68.45 <sup>mn</sup>	65.72 <sup>o</sup>
<b>HD3 (%100 CMC)</b>	69.54 <sup>klm</sup>	68.49 <sup>mn</sup>
<b>HD4 (%100 MC)</b>	71.47 <sup>defgh</sup>	70.02 <sup>ijklm</sup>
<b>HD5 (%50 KS+%50 HPMC)</b>	75.17 <sup>ab</sup>	72.74 <sup>cde</sup>
<b>HD6 (%50 KS+%50 CMC)</b>	73.48 <sup>c</sup>	68.41 <sup>mn</sup>
<b>HD7 (%50 KS+%50 MC)</b>	71.37 <sup>efghi</sup>	67.85 <sup>n</sup>
<b>HD8 (%50 HPMC+%50 CMC)</b>	73.65 <sup>c</sup>	69.81 <sup>klm</sup>
<b>HD9 (%50 HPMC+%50 MC)</b>	72.85 <sup>cd</sup>	71.36 <sup>efghi</sup>
<b>HD10 (%50 HPMC+%50 MC)</b>	74.01 <sup>bc</sup>	72.04 <sup>def</sup>
<b>HD11 (%33 KS+%33 HPMC+%33 CMC)</b>	71.05 <sup>fghij</sup>	67.90 <sup>n</sup>
<b>HD12 (%33 KS+%33 HPMC+%33 MC)</b>	72.08 <sup>def</sup>	68.85 <sup>lmn</sup>
<b>HD13 (%33 KS+%33 CMC+%33 MC)</b>	70.89 <sup>fghijk</sup>	68.86 <sup>lmn</sup>
<b>HD14(%33 HPMC+%33 CMC+%33 MC)</b>	75.22 <sup>ab</sup>	71.31 <sup>fghi</sup>
<b>HD15(%25 Tüm Hidrokolloidler)</b>	75.53 <sup>a</sup>	71.60 <sup>defg</sup>

(<sup>1</sup>) Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Farklı hidrokolloid kombinasyonlarında ev tipi ekmek makinelerinde üretilen glutensiz ekmeklerin, kabuk a\* renk ölçüm değerleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Glutensiz ekmek örneklerinin kabuk a\* değerleri 0.40 (Kontrol) ile 5.77 (HD6- %5 konsantrasyonda) arasında değişmekte olup bu değerler arasındaki fark %93.06 olarak tespit edilmiştir (p<0.05). Araştırmada üretilen glutensiz ekmek örneklerinin a\* değerleri kontrol örneği ile karşılaştırıldığında daha yüksek bulunmuştur (p<0.05). Kontrol ekmeğinin ve ticari ürün ekmeğinin üst yüzeylerinde çatlama ve tüm bir ekmek kabuğu oluşmadığından dolayı a\* değerleri düşük olduğu saptanmıştır.

Hidrokolloid içeren en düşük a\* değeri (1.50) %3 konsantrasyonda HD14 kodlu örneğe aittir. Hidrokolloid oranının %3'den %5'e artırıldığında Kabuk a\* değerinin arttığı, yani ekmek kabuk renginin koyulaştığı belirlenmiştir (p<0.05). Ekmek kabuk a\* değerlerinin tamamının pozitif olması kabukta kırmızıya yakın rengin hâkim olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Kontrol ve ticari ürün ekmekleriyle kıyaslama yapıldığında, hidrokolloid oranı arttıkça kırmızılık (+) değerleri arasında önemli bir fark ortaya çıkmaktadır (p<0.05).

Çizelge 3. Glutensiz ekmek örneklerinin renk (a\*) değerleri.

Formül	Kullanılan Hidrokolloid Oranları	
	3%	5%
<b>Kontrol</b>	0.40 <sup>m</sup>	
<b>Ticari Ürün</b>	0.53 <sup>m</sup>	
<b>HD1 (%100 KS)</b>	4.19 <sup>e</sup>	4.84 <sup>c</sup>
<b>HD2 (%100 HPMC)</b>	3.57 <sup>fg</sup>	4.12 <sup>e</sup>
<b>HD3 (%100 CMC)</b>	4.56 <sup>cd</sup>	5.34 <sup>b</sup>
<b>HD4 (%100 MC)</b>	2.15 <sup>ij</sup>	2.47 <sup>l</sup>
<b>HD5 (%50 KS+%50 HPMC)</b>	3.67 <sup>fg</sup>	4.35 <sup>de</sup>
<b>HD6 (%50 KS+%50 CMC)</b>	4.73 <sup>c</sup>	5.77 <sup>a</sup>
<b>HD7 (%50 KS+%50 MC)</b>	3.71 <sup>f</sup>	4.33 <sup>de</sup>
<b>HD8 (%50 HPMC+%50 CMC)</b>	1.66 <sup>kl</sup>	3.34 <sup>gh</sup>
<b>HD9 (%50 HPMC+%50 MC)</b>	1.67 <sup>kl</sup>	2.47 <sup>l</sup>
<b>HD10 (%50 HPMC+%50 MC)</b>	1.96 <sup>jk</sup>	3.63 <sup>fg</sup>
<b>HD11 (%33 KS+%33 HPMC+%33 CMC)</b>	3.73 <sup>f</sup>	4.58 <sup>cd</sup>
<b>HD12 (%33 KS+%33 HPMC+%33 MC)</b>	3.15 <sup>h</sup>	3.77 <sup>f</sup>
<b>HD13 (%33 KS+%33 CMC+%33 MC)</b>	3.43 <sup>fgh</sup>	4.59 <sup>cd</sup>
<b>HD14(%33 HPMC+%33 CMC+%33 MC)</b>	1.50 <sup>k</sup>	3.74 <sup>f</sup>
<b>HD15(%25 Tüm Hidrokolloidler)</b>	3.46 <sup>fgh</sup>	4.73 <sup>c</sup>

(<sup>1</sup>) Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Farklı hidrokolloid tür ve kombinasyonlarında ev tipi ekmek makinesi kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklerin, kabuk b\* renk ölçüm değerleri Çizelge 4.'de verilmiştir. Ekmek örneklerinin kabuk b\* değerleri ticari ürün ekmeği (16.62) ile %5 konsantrasyonda HD9 (26.36) kodlu glutensiz ekmek arasında değişmekte olup bu değerler arasındaki fark %58.60 olarak tespit edilmiştir (p<0.05).

Çizelge 4. Glutensiz ekmek örneklerinin renk (b\*) değerleri.

Formül	Kullanılan Hidrokolloid Oranları	
	3%	5%
<b>Kontrol</b>	20.49 <sup>l</sup>	
<b>Ticari Ürün</b>	16.62 <sup>m</sup>	
<b>HD1 (%100 KS)</b>	24.61 <sup>de</sup>	25.11 <sup>cd</sup>
<b>HD2 (%100 HPMC)</b>	23.09 <sup>hijk</sup>	25.74 <sup>abc</sup>
<b>HD3 (%100 CMC)</b>	23.82 <sup>gh</sup>	25.88 <sup>ab</sup>
<b>HD4 (%100 MC)</b>	22.83 <sup>ijk</sup>	24.30 <sup>ef</sup>
<b>HD5 (%50 KS+%50 HPMC)</b>	23.43 <sup>ghi</sup>	25.54 <sup>bc</sup>
<b>HD6 (%50 KS+%50 CMC)</b>	22.89 <sup>ijk</sup>	25.99 <sup>ab</sup>
<b>HD7 (%50 KS+%50 MC)</b>	23.32 <sup>hij</sup>	24.35 <sup>ef</sup>
<b>HD8 (%50 HPMC+%50 CMC)</b>	22.64 <sup>k</sup>	26.05 <sup>ab</sup>
<b>HD9 (%50 HPMC+%50 MC)</b>	22.62 <sup>k</sup>	26.36 <sup>a</sup>
<b>HD10 (%50 HPMC+%50 MC)</b>	22.45 <sup>k</sup>	26.09 <sup>ab</sup>
<b>HD11 (%33 KS+%33 HPMC+%33 CMC)</b>	23.55 <sup>ghi</sup>	24.72 <sup>de</sup>
<b>HD12 (%33 KS+%33 HPMC+%33 MC)</b>	23.34 <sup>hij</sup>	24.15 <sup>efg</sup>
<b>HD13 (%33 KS+%33 CMC+%33 MC)</b>	23.77 <sup>gh</sup>	25.92 <sup>ab</sup>
<b>HD14(%33 HPMC+%33 CMC+%33 MC)</b>	21.51 <sup>k</sup>	25.46 <sup>bc</sup>
<b>HD15(%25 Tüm Hidrokolloidler)</b>	23.47 <sup>ghi</sup>	25.80 <sup>abc</sup>

<sup>(1)</sup> Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Araştırmada üretilen glutensiz ekmek örneklerinin b\* değerleri kontrol örneğine göre daha yüksek bulunmuştur (p<0.05). Hidrokolloid içeren en düşük b\* değerine (21.51) sahip glutensiz ekmek, %3 konsantrasyonda HD14 kodlu örnektir. Kabuk b\* değerinin, aynı kombinasyonların hidrokolloid oranı %3'den %5'e arttırıldığında arttığı yani ekmek kabuk renginin sarımsaklaştığı belirlenmiştir (p<0.05). Ekmek kabuk b\* değerlerinin tamamının pozitif olması kabukta açık renk sarı olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

#### Su Aktivitesi

Su aktivitesi, gıdada bulunan suyun buhar basıncının, saf suyun buhar basıncına oranı olarak tanımlanmaktadır. Başka bir ifadeyle, gıdanın içerisindeki toplam serbest ve elverişli su oranını göstermektedir. Gıdalarda su aktivitesi, 0 ile 1 arasında değere sahip olmaktadır. Su aktivitesi değeri azaldıkça o gıdanın raf ömrü

artmaktadır. Ekmeklerde su aktivitesi 0.95-0.96 değerlerindedir. Su aktivitesi değeri, ekmeğin nem içeriği, tekstürünü ve lezzetini etkilemektedir. Glutensiz ekmeklerde bu değerlerin artması, mikroorganizmaların gelişmesine ve çoğalmasına olanak sağladığından ürün raf ömrünü azaltmaktadır. Farklı hidrokolloid kombinasyonlarında ev tipi ekmek makinelerinde üretilen glutensiz ekmeklerin su aktivitesi değerleri Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5. Glutensiz ekmek örneklerinin su aktivitesi değerleri.

Formül	Kullanılan Hidrokolloid Oranları	
	3%	5%
<b>Kontrol</b>	0.8910 <sup>q</sup>	
<b>Ticari Ürün</b>	0.8943 <sup>p</sup>	
<b>HD1 (%100 KS)</b>	0.9320 <sup>m</sup>	0.9160 <sup>o</sup>
<b>HD2 (%100 HPMC)</b>	0.9463 <sup>kl</sup>	0.9426 <sup>efgh</sup>
<b>HD3 (%100 CMC)</b>	0.9410 <sup>fg hij</sup>	0.9353 <sup>l</sup>
<b>HD4 (%100 MC)</b>	0.9253 <sup>n</sup>	0.9316 <sup>m</sup>
<b>HD5 (%50 KS+%50 HPMC)</b>	0.9323 <sup>m</sup>	0.9433 <sup>def</sup>
<b>HD6 (%50 KS+%50 CMC)</b>	0.9460 <sup>d</sup>	0.9430 <sup>efg</sup>
<b>HD7 (%50 KS+%50 MC)</b>	0.9450 <sup>de</sup>	0.940 <sup>ghij</sup>
<b>HD8 (%50 HPMC+%50 CMC)</b>	0.9340 <sup>lm</sup>	0.9390 <sup>jk</sup>
<b>HD9 (%50 HPMC+%50 MC)</b>	0.9420 <sup>efghi</sup>	0.9170 <sup>o</sup>
<b>HD10 (%50 HPMC+%50 MC)</b>	0.9490 <sup>c</sup>	0.9433 <sup>def</sup>
<b>HD11 (%33 KS+%33 HPMC+%33 CMC)</b>	0.9513 <sup>bc</sup>	0.9400 <sup>hij</sup>
<b>HD12 (%33 KS+%33 HPMC+%33 MC)</b>	0.9520 <sup>ab</sup>	0.9450 <sup>de</sup>
<b>HD13 (%33 KS+%33 CMC+%33 MC)</b>	0.9440 <sup>de</sup>	0.9363 <sup>kl</sup>
<b>HD14(%33 HPMC+%33 CMC+%33 MC)</b>	0.9500 <sup>bc</sup>	0.9396 <sup>ij</sup>
<b>HD15(%25 Tüm Hidrokolloidler)</b>	0.9543 <sup>a</sup>	0.9390 <sup>jk</sup>

<sup>(1)</sup> Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Çizelge 4.3'de de görülebileceği gibi fırından çıktıktan 2 saat sonra ölçülen glutensiz ekmeklerin aw değerlerinin 0.89 (Kontrol) ile 0.95 (HD15-%3 konsantrasyonda) arasında değiştiği belirlenmiştir. %3 ve %5 toplam hidrokolloid konsantrasyonu kullanılarak elde edilen glutensiz ekmek örnekleri arasındaki aw değerlerinin, 0.9160 (HD1-%5 konsantrasyonda) ile 0.9543 (HD15-%3 konsantrasyonda) arasında olduğu ve ölçülen su aktivitesi değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunduğu tespit edilmiştir (p<0.05). Kontrol ekmeği ve ticari ürün ekmeği ile kıyaslandığında su aktivite değerleri sonuçları istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0.05).

### Sonuçlar

Glutensiz ekmeklerin kabuk L\* değerleri en mat renk %5 konsantrasyonda KS'lı ekmeklerden elde edilmiştir. Hidrokolloid oranı %3'den %5'e çıkarıldığında, ekmek kabuk L\* değerinin azaldığı, ekmek kabuk renginin koyulaştığı belirlenmiştir.

Glutensiz ekmeklerin kabuk  $a^*$  değerleri, en yüksek %5 konsantrasyonda KS+CMC'li ekmeklerden elde edilirken, hidrokolloid oranının %3'den %5'e arttırıldığında kabuk  $a^*$  değerinin arttığı, ekmek kabuk renginin koyulaştığı belirlenmiştir. Hidrokolloid içeren en düşük  $b^*$  değerine sahip glutensiz ekmek, %3 konsantrasyonda HPMC+CMC+MC'li ekmekler olduğu saptanmıştır. Kabuk  $b^*$  değerinin, aynı kombinasyonların hidrokolloid oranı %3'den %5'e arttırıldığında arttığı, ekmek kabuk renginin sarımsaklaştığı belirlenmiştir. Glutensiz ekmek örnekleri arasındaki aw değerlerinin, 0.9160 ile 0.9543 arasında olduğu belirlenmiştir. Buna göre, ev tipi ekmek makineleri kullanılarak beğenilir nitelikte glutensiz ekmeklerin kolaylıkla üretilebileceği düşünülmektedir. Ayrıca, bundan sonra yapılacak çalışmalarda, yüksek besin değeri sahip farklı hammaddeler kullanılarak, glutensiz ekmeklerin besleyici özelliklerini geliştirilerek lyak hastalığı olan bireylerin tüketime sunulabileceği düşünülmektedir.

#### **Kaynaklar**

- CALLE, J., BENAVENT-GIL, Y., ROSELL, C.M., 2020. Development of gluten free breads from Colocasia esculenta flour blended with hydrocolloids and enzymes. Food Hydrocolloids, Volume 98, 105243.
- DIZLEK, H., OZER, M.S., 2016, The impacts of various ratios of different hydrocolloids and surfactants on quality characteristics of corn starch based gluten-free bread, Cereal Research Communications 44-2, Pages: 298–308.
- MEYBODI, N.M., MOHAMMADIFAR, M.A., FEIZOLLAHI, E.; 2015. Gluten-free bread quality: a review of the improving factors. Journal of Food Quality and Hazards Control, 2: 81-85.
- SALEHI F.; 2019; Bee pollen as a Functional Ingredient in gluten-free bread: A Physical-Chemical, Technological and Sensory Approach; LWT-Food Science and Technology 90 1-7; 2018.
- TURKSOY, S., 2006. Gluten ve lyak hastalığı. Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs 2006, Bolu.
- VIDAURRE-RUIZ, J., MATHEUS-DIAZ, S., SALAS-VALERIO, F., BARRAZA-JAUREGUI, G., SCHOENLECHNER, R., REPO-CARRASCO-VALENCIA, R., 2019. Influence of tara gum and xanthan gum on rheological and textural properties of starch-based gluten-free dough and bread. European Food Research and Technology volume 245, pages1347–1355, Springer.
- WITCZAK, T., KORUS, J., JUSZCZAK, L., ZIOBRO, R., 2019. Waxy starch as dough component and anti-staling agent in gluten-free bread. LWT- Food Science and Technology, Volume 99, Pages 476-482.