

**EKMEK TEKNOLOJİSİNDE YAPİYİ ETKİLEYEN  
HİDROKOLLOİDLERİN  
REOLOJİK VE MİKROSKOPİK YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ**

**HATİCE DOĞAN**

**ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALINDA  
YÜKSEK LİSANS  
DERECESİ İÇİN GEREKLİ ÇALIŞMALARI YERİNE GETİREREK  
ONAYA SUNULAN TEZ**

**EYLÜL 2012**

## Fen Bilimleri Enstitüsü'nün Onayı

-----  
Prof. Dr. Yaşar DÜRÜST

Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans derecesinde bir tez olarak gerekli çalışmaları yerine getirdiğini onaylarım.

-----  
Prof. Dr. Ömer ZORBA

Anabilim Dalı Başkanı V.

Okuduğumuz bu tezin Yüksek Lisans derecesinde bir tez olarak onaylanması, düşüncemize göre, amaç ve kalite olarak tamamen uygundur.

-----  
Doç. Dr. M. Şamil KÖK

Tez Danışmanı

Jüri Üyeleri

1- Doç. Dr. Cabir Terzioğlu

2- Doç. Dr. M. Şamil Kök

3- Yrd. Doç. Dr. Seda Karasu Yalçın



## **ABSTRACT**

### **INVESTIGATION OF HYDROCOLLOIDS AFFECTING THE STRUCTURE USING RHEOLOGIC AND MICROSCOPIC METHODS IN BREAD TECHNOLOGY**

**Doğan, Hatice**

**M.Sc., Department of Food Engineering**

**Supervisor: Assoc.Prof.Dr. M. Şamil Kök**

**September 2012, 93 pages**

In this research; three types of gums (guar gum, locust bean gum, xanthan gum) among the hydrocolloids have been studied in terms of their rheological properties in bread making quality.

Under light microscopy; there were significant differences in crumb pore (air) sizes. It is interesting to see that, bread containing 2.5% GG sample gave a homogenous small pore size compared to 5% KG sample which produced almost no visible pore size. When the volume of the bread was evaluated; KG samples produced the least bread volume and the volume of the bread decreased as the concentration of KG increased. Highest bread volume was obtained from 5% GG sample and generally galactomannan samples (GG, LBG) contributed to higher bread volumes.

SEM analysis confirmed that three different gum additions at three different concentrations resulted in significant differences in texture of the bread.

When TPA results were evaluated; the biggest differences were observed in hardness parameters. This was followed by gumminess and chewiness parameters; however there weren't huge differences in springiness, cohesiveness and resilience parameters. In addition it was observed that the hardness parameters were increased when the concentration of galactomannans increased which is in complete contrast to KG.

Crumb colour analysis showed that the results were significantly different ( $p < 0.05$ ). Parameter “*L*” ranged between 57.97 and 77.48, parameter “*a*” between 1.77 and 2.17, and parameter “*b*” 6.80 and 15.13.

In general; at the end of texture (TPA, SEM), colour and sensory analysis, use of gums as food additives could be useful in bread making technology providing textural support, crust volume control and improving its water binding capacity. In addition, research concentrating on the use of gums as a source of natural dietary fibre in today's modern diet would be useful.

**Key Words:** Hydrocolloids, rheology, bread quality, SEM, TPA.

## ÖZET

### EKMEK TEKNOLOJİSİNDE YAPIYI ETKİLEYEN HİDROKOLLOİDLERİN REOLOJİK VE MİKROSKOBİK YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ

Doğan, Hatice

Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. M. Şamil Kök

Eylül 2012, 93 sayfa

Bu araştırmada hidrokolloidler sınıfından olan üç farklı gamin (guar gam, lokust bean gam, ksantan gam) üç değişik konsantrasyonu kullanılarak elde edilen ekmeklerin, fiziksel kalite üzerine etkileri SEM ve TPA teknikleri kullanılarak incelenmiştir. Araştırma ayrıca duyu analiziyle de desteklenmiştir.

Basit Işık Mikroskobu Görüntüleri incelendiği zaman; gözenek yapılarında belirgin farklılıklar görülmüştür. Bunlardan %2.5'luk GG örneğinin daha küçük ve homojen gözenek yapıda olduğu ve %5'lik KG örneğinin ise görülebilir hiç gözenek oluşturmamış olması dikkat çekicidir. Ekmek hacimleri sıralamasında en düşük hacim kontrol örneği ile KG katılan ekmeklerde görülürken, hacim artışı KG konsantrasyonu artışına bağlı olarak azalmaya devam etmiştir. GG ve LBG katılan ekmeklerde en yüksek değer %5'lik GG örneğinden elde edilirken, hacim artışı gam konsantrasyonu artışlarına bağlı olarak artmaktadır.

Örneklerin SEM görüntüleri incelendiği zaman ise üç farklı gamin, üç farklı konsantrasyonda katılması sonucu; ekmeğin tekstürel yapısında kayda değer değişimlere neden olduğunu desteklemiştir.

TPA sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde en fazla farklılık hardness değerlerinde görülmüştür. Bunu gumminess ve chewiness değerleri izlemiş, ancak springiness, cohesiveness ve resilience değerlerindeki farklılıkların birbirlerine daha yakın olduğu bulunmuştur. Ayrıca galaktomannanların (GG, LBG) konsantrasyonu artışına bağlı olarak ekmek örneklerinin hardness değerlerini artırdığı, buna karşın KG'ın ise hardness kabiliyetini düşürdüğü gözlemlenmiştir.

Ekmek içi renk değerlendirme parametreleri arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Gamlarla yapılan ekmek içi renkleri "L" değerleri 57.97 ile 77.48 arasında, "a" değerleri 1.77 ile 2.17 ve "b" değeri ise; 6.80 ile 15.13 arasında değişmiştir. Araştırma genel olarak değerlendirildiğinde; tekstür (TPA, SEM), renk ve duyu analiz incelemeleri sonucunda katkı maddesi olarak gam kullanımının ekmeği tekstürel yönden destekleyici, hacim artışını kontrol edici, su bağlayıcı özelliğini geliştirici gibi nedenlerden dolayı ekmek üretimi teknolojilerinde kullanımlarının yararlı olabileceğini göstermektedir. Ayrıca sağlık açısından günümüzde giderek önem kazanan ve diyetlerimizde miktarları azalan diyet liflerinin doğal kaynağı olan gamların ekmek formülasyonlarında kullanımına dayalı araştırmalara ağırlık verilmesi faydalı olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Hidrokolloidler, reoloji, ekmek kalitesi, SEM, TPA.

Kendime ve tüm sevdiklerime

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca vermiş olduğu danışmanlığından ve anlayışından dolayı, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım değerli hocam Sayın Doç. Dr. M. Şamil Kök'e, SEM çalışmasında yardımcı olan Arş. Görevlisi Gürcan Yıldırım'a, TPA çalışmasında yardımcı olan Arş. Görevlisi İskender Arcan'a, istatistik konusunda yardımcı olan Sayın Doç. Dr. Yalçın Karagöz'e ve Yrd. Doç. Dr. Mustafa Kırılan'a labratuvar çalışmalarında yardımcı olan Uzman Hülya Yaman ile Uzman Fatih İşleyen'e ve maddi manevi desteklerini benden eksik etmeyen aileme ve arkadaşlarıma; Niyazi Gümüş, Müberra Tavancı, Hacer Arabacıoğlu ve Hatice Arabacıoğlu'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| ABSTRACT .....                       | iii |
| ÖZET .....                           | iv  |
| İTHAF .....                          | v   |
| TEŞEKKÜR .....                       | vi  |
| İÇİNDEKİLER DİZİNİ .....             | vii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....              | xi  |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                | xii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... | xv  |

### BÖLÜM I

|                |   |
|----------------|---|
| 1. GİRİŞ ..... | 1 |
|----------------|---|

### BÖLÜM II

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ ..... | 5  |
| 2.1. Ekmeğin Tarihçesi .....                  | 5  |
| 2.2. Ekmeğin Tanımı .....                     | 6  |
| 2.3. Ekmeğin Makro ve Mikro Yapısı .....      | 6  |
| 2.4. Ekmek İçi Özellikleri .....              | 10 |

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| 2.5. Ekmek Üretiminde Kullanılan Hammadde .....               | 11 |
| 2.5.1. Un .....                                               | 11 |
| 2.5.2. Su .....                                               | 12 |
| 2.5.3. Tuz .....                                              | 12 |
| 2.5.4. Şeker .....                                            | 13 |
| 2.5.5. Ekmek mayası ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) ..... | 13 |
| 2.5.6. Gıda katkı maddeleri .....                             | 14 |
| 2.5.6.1. Hidrokolloidler (Stabilizatörler) .....              | 15 |
| 2.5.6.2. Gamlar .....                                         | 19 |
| 2.5.6.3. Gamların sınıflandırılması .....                     | 20 |
| 2.5.6.4. Lokust bean gam (Keçi Boynuzu Gamı) .....            | 22 |
| 2.5.6.5. Guar gam .....                                       | 23 |
| 2.5.6.6. Ksantan gam .....                                    | 24 |
| 2.6. Reoloji .....                                            | 26 |

### **BÖLÜM III**

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| <b>3. MATERYAL VE YÖNTEM .....</b> | <b>28</b> |
| 3.1. Materyal .....                | 28        |
| 3.1.1. Gamların temini .....       | 28        |
| 3.1.2. Un örnekleri .....          | 28        |
| 3.1.3. Diğer materyaller .....     | 29        |
| 3.2. Yöntem .....                  | 29        |
| 3.2.1. Ekmek yapım yöntemi .....   | 29        |
| 3.2.2. Renk tayini .....           | 30        |
| 3.2.3. Kimyasal analizler .....    | 31        |

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| 3.2.3.1. Kuru madde ve nem miktarı .....   | 31 |
| 3.2.3.2. Kül miktarı .....                 | 32 |
| 3.2.3.3. Protein miktarı .....             | 32 |
| 3.2.3.4. Yağ miktarı .....                 | 32 |
| 3.2.4. Taramalı elektron mikroskop .....   | 33 |
| 3.2.5. TPA ( Tekstür Profil Analiz ) ..... | 34 |
| 3.2.6. Basit ışık mikroskobu .....         | 37 |
| 3.3. İstatistiksel Analizler .....         | 37 |

## **BÖLÜM IV**

|                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....</b>                                        | <b>38</b> |
| 4.1. Ekmek Örneklerinin Kimyasal Analizleri .....                           | 38        |
| 4.2. Ekmek İçi Renk Değerleri .....                                         | 39        |
| 4.3. Basit Işık Mikroskobu Görüntü Sonuçları .....                          | 41        |
| 4.4. Ekmek Örneklerinin Elektron Mikroskop Görüntüleri .....                | 46        |
| 4.5. Tekstür Profil Analiz Sonuçları .....                                  | 55        |
| 4.6. Ekmek Örneklerinin Duyusal Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi ..... | 66        |

## **BÖLÜM V**

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| <b>5. TARTIŞMA .....</b> | <b>69</b> |
|--------------------------|-----------|

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| <b>KAYNAKLAR .....</b> | <b>79</b> |
|------------------------|-----------|

|                    |           |
|--------------------|-----------|
| <b>EKLER .....</b> | <b>82</b> |
|--------------------|-----------|

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| Ek A. Ekmek dilimleri görüntüleri ..... | 82 |
|-----------------------------------------|----|

|                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ek B. Guar, Lokust bean, Ksantan gam katılan somun ekmek örnekleri .....                                                    | 83 |
| Ek C. Ekmek dilimlerinin görüntüleri a: kontrol, b:%1'lik, c:%2,5'luk,<br>d:%5'lik örnekleri soldan sağa: GG, LBG, KG ..... | 84 |
| Ek D. Duyusal analiz testi formu .....                                                                                      | 85 |
| Ek E. TPA analiz grafiği .....                                                                                              | 88 |
| Ek F. TPA istatistik verileri .....                                                                                         | 89 |
| Ek G. Ekmek içi renk istatistik verileri .....                                                                              | 90 |



## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1. Gıda katkı maddelerinin sınıflandırılması .....                                         | 15 |
| 2.2. Hidrokolloidlerin fırıncılık üretimindeki kullanım alanları .....                       | 17 |
| 2.3. Hidrokolloidlerin sınıflandırılmaları .....                                             | 18 |
| 2.4. Suda çözünen doğal ve yapay stabilizatörler .....                                       | 20 |
| 2.5. Gamların polimer yapılarının karakteristikleri .....                                    | 21 |
| 2.6. Gamların sınıflandırılması .....                                                        | 22 |
| 3.1. Ekmek makinesi için kullanılan ekmek formülü .....                                      | 30 |
| 3.2. Ekmek makinesinin çalışma program süreleri .....                                        | 30 |
| 3.3. Mekaniksel doku parametrelerinin fiziksel ve duyuşal tanımlamaları .....                | 35 |
| 4.1. Ekmek örneklerinin kimyasal analizleri .....                                            | 38 |
| 4.2. Ekmeklerin iç gözenek ölçüm değerleri .....                                             | 40 |
| 4.3. Tekstür profil analiz (TPA) sonuçları .....                                             | 57 |
| 4.4. Panelistlerin ekmek numunelerine verdiği puanların sınır değerleri .....                | 67 |
| 4.5. Ekmek numunelerinin tadımından sonra panelistlerin verdiği puanların<br>değerleri ..... | 68 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2. 1. %0.5 GEB tozu katkısı yapılan hamurun SEM görüntüsü (A) ilk<br>fermantasyon sonrası hamur (1500x); (B) ilk fermentasyon sonrası<br>hamur (5000x); (C) ikinci fermentasyon sonrası hamur (1500x); (D)-(F)<br>ikinci fermentasyon sonrası hamur (5000x) ..... | 7  |
| 2.2. a) Taze ekmek, b) TPP katılmayan 96 saat sonraki ekmek, c) %5 TPP<br>katılan 96 saat sonraki ekmek mikrografileri .....                                                                                                                                      | 9  |
| 2.3. Gaz hücre duvarlarının (a ve b, 1500x) ve gaz hücrelerinin (c ve d 750x)<br>kontrol (a ve c) ve HPMC (b ve d) ekmek içindeki CRYO-SEM<br>mikrografileri .....                                                                                                | 10 |
| 2.4. Gamların polimer yapıları .....                                                                                                                                                                                                                              | 21 |
| 2.5. Lokust bean gamın kimyasal yapısı .....                                                                                                                                                                                                                      | 23 |
| 2.6. Guar gamın kimyasal yapısı .....                                                                                                                                                                                                                             | 24 |
| 2.7. Ksantan gamın kimyasal yapısı .....                                                                                                                                                                                                                          | 26 |
| 3.1. Araştırmada kullanılan taramalı elektron mikroskop (SEM) .....                                                                                                                                                                                               | 33 |
| 3.2. Araştırmada kullanılan TA. XT Plus Tekstür Analiz Cihazı .....                                                                                                                                                                                               | 34 |
| 3.3. Örnek bir TPA eğrisi .....                                                                                                                                                                                                                                   | 36 |
| 3.4. TPA Bölgeleri .....                                                                                                                                                                                                                                          | 37 |

|                                                                                                                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1. Ekmek örneklerinin ışık mikroskobu (x400 büyütme) görüntüleri a) kontrol b) GG, c) LBG, d) KG gam konsantrasyonları soldan sağa % 1, % 2.5, %5 .....                                                                | 41 |
| 4.2. Farklı gam katılan somun ekmek örnekleri: K0:kontrol, 1(%1), 2(%2,5), 3(%5) .....                                                                                                                                   | 42 |
| 4.3. Farklı GG katılan ekmek örneklerinin somun ve kesit görüntüleri a) Kontrol, b) %1, c) %2.5, d) %5'lik GG örnekleri.Soldan sağa: Somun, dilim ve dilimlerin photoshop'la kontrast ayarı görüntüleri .....            | 43 |
| 4.4. Farklı LBG katılan ekmek örneklerinin somun ve kesit görüntüleri a) Kontrol, b) %1, c) %2.5, d) %5'lik LBG örnekleri.Soldan sağa: Somun, Dilim ve Dilimlerin Photoshop'la kontrast ayarı görüntüleri .....          | 44 |
| 4.5. Farklı ksantan gam katılan ekmek örneklerinin somun ve kesit görüntüleri a) Kontrol, b) %1, c) %2.5, d) %5'lik LBG örnekleri. Soldan sağa: Somun, Dilim ve Dilimlerin Photoshop'la kontrast ayarı görüntüleri ..... | 44 |
| 4.6. a) Kontrol ve %1'lik b) GG1 c) LBG1 d) KG1 katılan ekmek örneklerinin 300x büyütme oranında SEM görüntüleri .....                                                                                                   | 49 |
| 4.7. a) Kontrol ve %1'lik b) GG1 c) LBG1 d) KG1 katılan ekmek örneklerinin 500x büyütme oranında SEM görüntüleri .....                                                                                                   | 50 |
| 4.8. a) Kontrol ve %1'lik b) GG1 c) LBG1 d) KG1 katılan ekmek örneklerinin 1000x büyütme oranında SEM görüntüleri .....                                                                                                  | 51 |
| 4.9. a) Kontrol ve %2.5'luk b) GG2) c) LBG2 d) KG2 katılan ekmek örneklerinin 300x büyütme oranında SEM görüntüleri .....                                                                                                | 52 |
| 4.10. a) Kontrol ve %2.5'luk b) GG2 c) LBG2 d) KG2 katılan ekmek örneklerinin 500x büyütme oranında SEM görüntüleri .....                                                                                                | 52 |

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.11. a) Kontrol ve %2.5'luk b) GG2 c) LBG2 d) KG2 katılan ekmek           |    |
| örneklerin 1000x büyütme oranında SEM görüntüleri .....                    | 53 |
| 4.12. a) Kontrol ve %5'lik b) GG3 c) LBG3 d) KG3 katılan ekmek             |    |
| örneklerinin 300x büyütme oranında SEM görüntüleri .....                   | 54 |
| 4.13. a) Kontrol ve %5'lik b) GG3 c) LBG3 d) KG3 katılan ekmek             |    |
| örneklerinin 500x büyütme oranında SEM görüntüleri .....                   | 55 |
| 4.14. a) Kontrol ve %1'lik b) GG1 c) LBG1 d) KG1 katılan ekmek             |    |
| örneklerinin 1000x büyütme oranında SEM görüntüleri .....                  | 56 |
| 4.15. Ekmek örneklerinin TPA grafikleri .....                              | 58 |
| 4.16. Kontrol grubuyla guar gam katılan örneklerin grafikleri .....        | 59 |
| 4.17. Kontrol grubuyla lokust bean gam katılan örneklerin grafikleri ..... | 59 |
| 4.18. Kontrol grubu ile ksantan gam katılan örneklerin grafikleri .....    | 60 |
| 4.19. Ekmek örneklerinin hardness (sertlik) değerleri .....                | 61 |
| 4.20. Ekmek örneklerinin gumminess (yapışkanlık) değerleri .....           | 63 |
| 4.21. Ekmek örneklerinin chewiness (çiğnenebilirlik) değerleri .....       | 64 |
| 4.22. Ekmek örneklerinin springiness (esneklik) değerleri .....            | 65 |
| 4.23. Ekmek örneklerinin cohesiveness (bağlılık) değerleri .....           | 65 |
| 4.24. Ekmek örneklerinin resilience (dirençlilik) değerleri .....          | 68 |

## **SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**

|             |                                                               |
|-------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>SEM</b>  | : Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope) |
| <b>LBG</b>  | : Lokust Bean Gam                                             |
| <b>CMC</b>  | : Karboksimetilselüloz                                        |
| <b>TPA</b>  | : Tekstür Profil Analiz                                       |
| <b>KO</b>   | : Kontrol Ekmeği                                              |
| <b>GG1</b>  | : %1 katılan Guar Gam                                         |
| <b>GG2</b>  | : %2,5 katılan Guar Gam                                       |
| <b>GG3</b>  | : %5 katılan Guar Gam                                         |
| <b>LBG1</b> | : %1 katılan Lokust Bean Gam                                  |
| <b>LBG2</b> | : %2,5 katılan Lokust Bean Gam                                |
| <b>LBG3</b> | : %5 katılan Lokust Bean Gam                                  |
| <b>KG1</b>  | : %1 katılan Ksantan Gam                                      |
| <b>KG2</b>  | : %2,5 katılan Ksantan Gam                                    |
| <b>KG3</b>  | : %5 katılan Ksantan Gam                                      |
| <b>Hard</b> | : Hardness                                                    |
| <b>Spr</b>  | : Springiness                                                 |
| <b>Coh</b>  | : Cohesiveness                                                |
| <b>Gum</b>  | : Gumminess                                                   |
| <b>Che</b>  | : Chewiness                                                   |

**Res** : Resilience  
**KG** : Ksantan gam  
**GG** : Guar Gam  
**N** : Newton

## **BÖLÜM I**

### **1. GİRİŞ**

Ekmek tüm dünyada ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde insan beslenmesinde önemli rolü olan bir gıda maddesidir. Dolayısıyla Türkiye’de de beslenmede önemi büyüktür. Ekmek; buğday ununa belirli oranlarda maya, tuz, su katılarak yoğrulması, hamurun belirli bir süre fermantasyona bırakılması ve daha sonra pişirilmesi ile elde edilen temel gıda maddesidir (Elgün ve Ertugay, 2002).

Ekmekçilikte üretim sırasında ortaya çıkabilecek herhangi bir hatanın düzeltilmesi bakımından üretim aşamalarının ve bileşenlerin ekmek kalitesine olan etkileri çok iyi bilinmelidir (Doğan ve Yıldız, 2009). Ekmek üretiminde katkı maddesi kullanılmasının en önemli amaçlarından biri; öz kalitesini iyileştirmek, bu açıdan öze ve hamura güçlü ve durağan bir yapı kazandırmaktır. Bu sebeple kullanılan katkı maddeleri, ekmek yapımında kullanılan unun kuvvetine ve üretim prosesine bağlı olarak farklılık göstermekle beraber, belirli bir düzeye kadar kullanılmaları ekmek niteliklerini olumlu yönde etkilerken aşırı kullanımları özün fazla kuvvetlenmesine sebep olur. Bu durum; hem hamurdaki viskoelastik yapının bozulması, gaz tutma kapasitesinin azalması ve dolayısıyla hem de ekmek niteliklerinin azalmasına yol açar (hacmin ve yumuşaklığın azalması, gözenek yapısının bozulması). Bunun için katkı maddelerinin fırıncılık ürünlerinin üretiminde uygun düzeylerde kullanılmaları gerekir (Dizlek, 2011). Gamlar gibi bazı katkı

maddelerinin kullanımı ile glutensiz gıda formulasyonlarında görülen fiziksel yapıya dayalı kalite sorunları aşılmaya çalışılmaktadır. Gamlar ekmek hamurunda glutenin vizkoelastik özelliklerini taklit ederek polimerik maddelerin görevini görürler (Rojas ve ark., 1999; Gomez ve ark. 2007; Turabi ve ark.,2010). Başka bir çalışmada Kang ve ark. (1997) HPMC, lokust bean gam, guar gam, karrenegan, ksantan ve agar da dahil olmak üzere pek çok gam çeşidinin formülasyona eklenmesiyle pirinç ekmeklerinin kalitelerinin iyileştirilebileceği bildirilmiştir.

Gıdaların fiziko-kimyasal, duyuşsal, besinsel ve nakil özellikleri; mevcut olan bileşenler, bunlar arasındaki etkileşimler ve bunların yapısal organizasyonlarına bağılıdır (Mc Clements, 2007). Yapısal organizasyon açısından bakıldığında ekmek içinin yapısı, ekmeğin en önemli kalite özelliklerinden biri olarak karşımıza çıkar. Ekmek içinin yapısı ve görüntüsü arasındaki bilinen ilişkinin yanı sıra, ekmeğin yapısı somun hacminde (Zghal ve ark., 1999) ve dokusunda da (Pyler, 1988) önemli rol oynar. Bu nedenle ekmek yapıları ile ilgili bilgilere sahip olmanın, ekmeğin kalitesi ve nakil özellikleri gibi pek çok kriterin tahmininde faydalı olacağı düşünülmektedir. Pişirme süreciyle, ekmek içinde makro yapıdan mikro yapıya olacak şekilde hiyerarşik düzeyde yapıyı oluşturan gaz hücreleri ekmekte süngerimsi bir doku meydana getirir (Liu ve Scanlon, 2003). Isıtma mekanizmaları da ayrıca gözenek yapının oluşumunda önemli rol oynar (Datta ve ark., 2007). Gamlar yüksek moleküler ağırlıkları olan (milyon Da'larla da ifade edilebilen) ve suda çözünen veya süspansiyon olabilen polisakkaritlerdir. Gamlar; doku iyileştirici, emülsiyeye edici, yağ ikame edici, bağlayıcı, katman oluşturucu, dengeleyici ve raf ömrünü uzatıcı özelliklere sahiptirler (Gurkin, 2002). Genel olarak hidrokolloid olarak da bilinen gamların ekmek bileşenleriyle, özellikle de nişasta granülleriyle çoklu etkileşimlere



girerek ekmeğin mikro yapılarını etkileme kabiliyetleri bulunmaktadır (Barcenas ve Rosell, 2005; Brennan ve ark., 1996).

Görüntü analizleri; gözenek yapısının nicel olarak değerlendirilebilmesi için, gaz hücrelerinin boyutlarını ve dağılımlarının belirlenmelerini sağlayarak, ekmek içinin yapısal durumu ile ilgili önemli bilgiler sağlar. Bilgisayarlı görüntüleme sistemleri; kamera-bilgisayar teknolojisi temelli olarak görüntüleme sistemlerinde otomatik denetlemeye olanak verirler. Bilgisayarlı görüntüleme teknikleri; ürünlerin fiziksel özelliklerine zarar vermeden otomatik olarak, uygun maliyetle, hızlı denetlenme sağladıklarından dolayı gıda endüstrisinde giderek daha çok uygulanma alanı bulmaktadır (Aguilera ve Germain, 2007). Görüntü analizi teknikleri objektif olarak net bilimsel verileri sağlarlarken, analizde insan katkısını azaltarak hızlı bir değerlendirme sağlar. Bilgisayarlı görüntü analizi; et, balık, pizza, peynir ve ekmekte yapısal özelliklerin belirlenmesinde başarıyla kullanılmıştır (Brosnan ve Sun, 2004). Diğer bir çalışmada görüntü analizi, ekmek içi yapısının belirlenmesinde uygulanmıştır (Bertrand ve ark., 1992; Datta ve ark., 2007; Zghal ve ark., 2002). Dijital görüntülerden ekmek içi yapılarının matematiksel modellenmesi gerçekleştirilebilmiştir (Bertrand ve ark., 1992). Başka bir çalışmayla dijital görüntü analiziyle; taze ekmek içinin mekanik özelliklerini içeren parametreleri nicel ve nitel (yapısal heterojenlik) olarak ortaya konmuştur (Zghal ve ark., 2002). Diğer bir çalışmada ise ekmek gibi geniş gözeneklere sahip yapıların Taramalı Elektron Mikroskopi (AFM) kullanılarak elde edilebileceğini ortaya koymuştur (Datta ve ark., 2007).

SEM analizi; örneklemelerin gözenek özellikleri hakkında nitel gözlemler elde edilmesine olanak sağlar. 20-10.000x arasında değişen oranda büyütme ile mikro bazda yapısal analizler gerçekleştirilebilir (Aguilera ve Germain, 2007). Son yıllarda

SEM analizini daha kolaylaştırmak için ESEM, VPSEM ve Cryo-SEM Taramalı Elektron Mikroskopları gibi yeni teknikler geliştirilmektedir. Bu teknikler arasında VPSEM elektron mikroskobu ıslak ya da kuru her türlü numune yüzeyinin incelenmesine olanak sağlar, çünkü numunenin bulunduğu ortam yüksek bir vakum altında olmak zorunda değildir (Goldstein ve ark., 2003). Taramalı elektron mikroskobu (SEM) çalışmaları; ekmeğin mekanik özelliklerinin yanında ekmek içinde yer alan gaz hücrelerinin dağılımı ve boyutları arasında nitel ilişkiler ortaya koymuştur (Hayman ve ark., 1998; Zayas, 1993). Farklı çalışmalar da ise ekmekler pişirilirken ortaya çıkan mikro yapı değişikliklerini incelenebilmiştir ( Khoo ve ark., 1975; Pomeranz ve ark., 1984; Datta ve ark., 2007). Geleneksel metotlarla pişirilen ekmeklerin formülasyonlara bağılı olarak mikro yapılarında meydana gelen etkiler farklı araştırmacılar tarafından ele alınmıştır (Brennan ve ark., 1996; Hayman ve ark., 1998). Bu çalışmada çeşitli gam konsantrasyonları kullanılarak hazırlanan ekmeğin bazı fizikokimyasal özellikleri SEM ve TPA kullanılarak incelenmiştir. Dolayısıyla bu araştırmanın; ekmek formülasyonlarında kullanılan çeşitli gam konsantrasyonun, ekmeğin fiziksel ve buna bağılı olarak değışen duyuşal özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesi açısından önem taşıdığı düşünölmektedir.

## **BÖLÜM II**

### **2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ**

#### **2.1. Ekmeğin Tarihçesi**

Yapılan araştırmalarda ekmekçiliğin tarihini aydınlatan eserlerin yaklaşık olarak 7800 yıl öncesine dayandığı görülmüştür. Asya kıtasının çeşitli bölgelerinde ve Çatal Höyük’de M.Ö. 5900-5700 yıllarına ait taştan ve topraktan yapılmış fırınlar bulunmuştur. M.Ö. 3000-2700 tarihleri arasında da Mısırlıların ekmekçilikte büyük gelişmeler gösterdiği ve M.Ö. 2000’li yıllarda da 16 farklı çeşitte ekmek yaptığı araştırmalarla ortaya konulmuştur. Ekmekçiliği giderek geliştiren Mısırlıların önce 30 daha sonraları 48 kadar çeşit ekmek yapmaya başladıkları kayıtlara geçmiştir. Eski Mezopotamya’da M.Ö. 3000 ve 1200 yılları arasında 59 çeşit ekmek yapıldığından söz edilmektedir. Bugüne gelindiğinde ise; 10.000-200.000 arasında ekmek yapan tünelli sürekli sisteme dayalı ekmek fırınlarının ve buna bağlı bir sektörün olduğu görülmektedir (Talay, 1997).

## 2.2. Ekmeğin Tanımı

Ekmeğin tanımı Türk Gıda Kodeksine göre; “Ekmeklik buğday ununa içilebilir nitelikte su, tuz, maya (*Saccharomyces cerevisiae*), gerektiğinde Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği’nde izin verilen katkı maddeleri ile Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı’ndan üretim izni alınmış şeker, enzim ve benzeri maddeleri içeren ekmek katkı karışımları katılarak hazırlanan hamurun tekniğine uygun bir şekilde yoğrulup, çeşitli şekillerde hazırlanıp fermantasyona bırakılması ve pişirilmesi ile yapılan üründür” şeklinde ifade edilmektedir. Türkiye’de en çok tüketilen ekmek türleri sırasıyla beyaz ekmek, yufka, bazlama ekmektir (Bulduk, 2004).

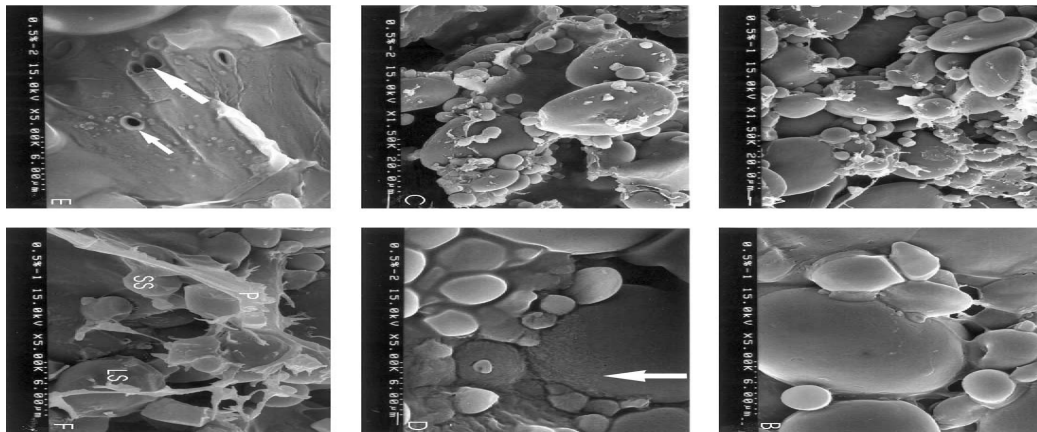
## 2.3. Ekmeğin Makro ve Mikro Yapısı

Gıda ürünlerinden beklenen yüksek kalite ve güvenlik standartlarının artmasıyla, gıda ürünlerinin kalitesinin doğru, hızlı ve objektif şekilde belirlenmesine olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Bilgisayar vizyonu bu gereksinimleri yerine getirmede otomatikleştirilmiş, tahribatsız ve düşük maliyetli bir alternatif sağlar. Görüntü analizi ve işlemesine dayalı bu denetleme yaklaşımı gıda endüstrisindeki pek çok farklı uygulamalar ortaya koymuştur. Yapılan kapsamlı araştırmalar bu yaklaşımın meyve ve sebzelerin denetlenmesi ve tasnifinde faydalı olacağını göstermektedir. Bilgisayar gösterimi et ve balık, pizza, peynir ve ekmekte kalite analizinde kullanılmak için uyarlanmıştır. Aynı şekilde tahıl kalitesi ve özellikleri de bu teknikle incelenmektedir (Brosnan ve Sun, 2004). Görüntü analizi, gözenek yapısının nicel değerlendirmesi için gaz hücrelerinin boyutlarını ve dağılımlarını

belirlemek için fırsat sağlayarak ekmek içinin yapısal kimliğiyle ilgili bilgi sağlar (Aguilera ve Germain, 2007).

Unlu mamullerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine ve kalitesine etkili mikro bazda yapısal unsurların bazıları şunlardır; protein grupları, polimer ağları, yağ damlacıkları, gaz baloncukları ve nişasta granülleridir (Aguilera, 2005). Mikro düzeyde hareket eden yapısal güçler ( $\leq 100 \mu\text{m}$ ); fiziksel etkileşimler (Wander Waals yaklaşımı, hidrofobik güçler, hidrojen bağları ve elektrostatik etki), yerçekimi, elektriksel güçler ve mekanik güçlerdir (Mc Clements, 2007).

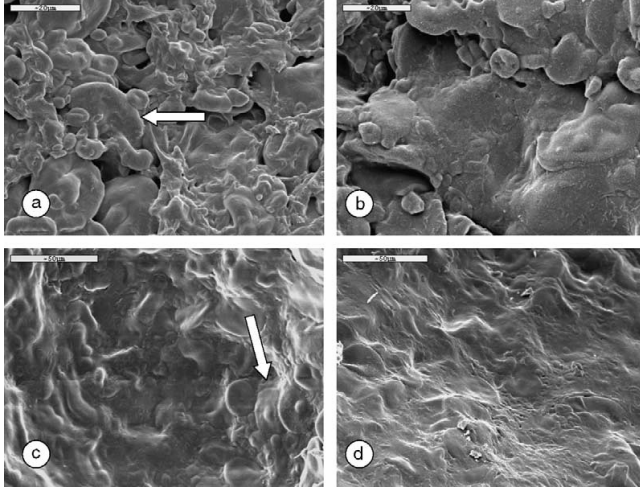
Farklı oranlarda (%0, %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0) gam katılan bir çalışmada *gastrodia elata blume* (GEB) eklenmiş buğday unundan hazırlanan hamur ve ekmek örnekleri SEM ile incelenmiş; %0.5–1.0 GEB katılan ekmeklerde iri nişasta granüllerinin çoğu fermantasyon sonunda şişmiş (hidre) olmasına karşın, küçük nişasta granülleri bu davranışı sergilememiştir. Bu çalışmada elde edilen veriler %0.5–1.0 GEB ile pişirilen ekmeklerin glüten matrisindeki daha tam gelişme sebebiyle daha iyi somun hacmine yol açtığını göstermektedir (Kim ve ark., 2003).



**Şekil 2.1.** %0.5 GEB tozu katkısı yapılan hamurun SEM görüntüsü (A) ilk fermantasyon sonrası hamur (1500x); (B) ilk fermantasyon sonrası hamur (5000x); (C) ikinci fermantasyon sonrası hamur (1500x); (D)-(F) ikinci fermantasyon sonrası hamur (5000x).

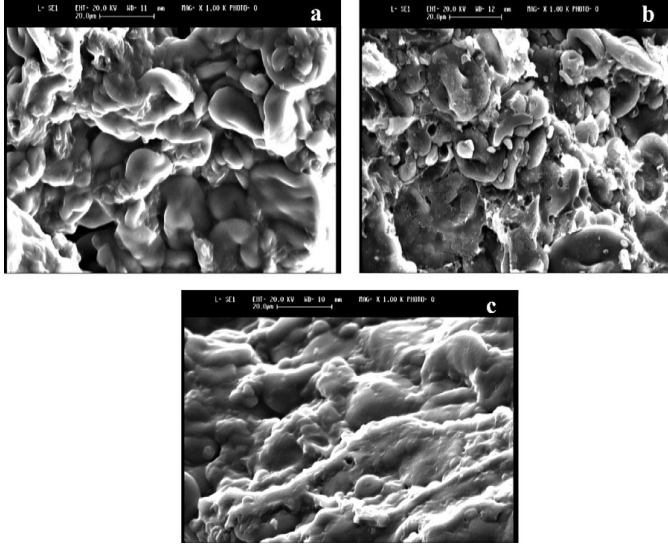
Gıdaların mikro yapısını analiz ederken belirli bir çalışmaya en uygun görüntüleme tekniğini belirlemede karar vermeyi etkileyen birçok faktörler mevcuttur. Görüntüleme sistemi örneklemelerden alınacak bilgilerin ne türde olacağını belirler. Mikro bazda yapısal gıda araştırmalarında en yaygın kullanılan görüntüleme teknikleri ışık mikroskopisi (LM) ve taramalı elektron mikroskopileridir (SEM/ TEM).

Ekmeğin mikro yapısı ile ilgili yapılan çalışmalar sınırlıdır (Khoo ve ark., 1975; Pomeranz ve ark., 1984; Freeman ve Shelton, 1991; Zayas, 1993; Brennan ve ark., 1996; Hayman ve ark., 1998; Rojas ve ark., 2000; Ahmad ve ark., 2001; Datta ve ark., 2007). Taramalı elektron mikroskopisi (SEM) çalışmaları ekmeğin mekanik özellikleri yanında ekmek içinin boyutu ve içindeki gaz hücrelerinin dağılımı arasında ilişkiler olduğunu göstermiştir (Zayas, 1993; Hayman ve ark., 1998). Ekmek pişirme esnasında görülen mikro yapı değişimleri Khoo ve ark., (1975), Pomeranz ve ark., (1984), Freeman ve Shelton (1991) ve Datta ve ark., (2007) tarafından incelenmiştir. Pomeranz ve ark., (1977), Brennan ve ark., (1996), Hayman ve ark., (1998), Rojas ve ark., (2000), Ahmad ve ark., (2001) ve Datta ve ark., (2007) ise mikro yapısal kompozisyonun geleneksel yöntemlerle pişirilen ekmekler üzerindeki etkisini incelemiştir. Bazlama ekmeğine (Barbari ekmeği) un miktarına bağlı olarak %0, 1, 3, 5 ve 7 oranlarında domates posası tozu eklenen bir çalışmada elde edilen ekmekler 25°C'de 24 ile 96 saat bekletildiğinde, ekmeklerin daha yüksek nem içerdiği, daha yumuşak dokuya sahip olduğu ve bayatlamamanın geciktiği görülmüştür. Domates posasındaki hidrokolloidlerin hücre duvarı yapılarını güçlendirdiği belirtilmiştir (Majzoobi ve ark., 2009).



**Şekil 2.2.** a) Taze ekmek , b) TPP katılmayan 96 saat sonraki ekmek, c) %5 TPP katılan 96 saat sonraki ekmek mikrografileri (Majzobi ve ark., 2010).

HPMC'nin ekmek kalitesini iyileştirici ve bayatlamaya karşı etkisinin mikro yapıda incelenmesini araştıran bir çalışmada; ekmek kalitesi fiziksel parametrelerle: (volüm, en/boy oranı, nem içeriği ve sertlik), ekmek içi tahıl yapısı: (hava hücrelerinin sayısı, hücre alanı ve hücre alanı ve toplam alan arasındaki oran) ve duyu analizi (görüntü, koku, tat ve tekstür) değerlendirilmiştir. Ekmek bayatlaması; depolama esnasında sertlik artışı ve nişasta retrogradasyonu ile belirlenmiştir. Mikro yapı CYRO-SEM ile analiz edilmiştir. Sonuçlar HPMC'nin taze ekmek kalitesini iyileştirici ve bayatlamayı geciktirici kapasiteye sahip olduğunu göstermektedir. HPMC polimerlerinin ekmeğin diğer tüm mikro yapıları sardığı görülmüştür. Bu sonuçlar HPMC'nin hamuru oluşturan diğer mikro yapılarla kolaylıkla ilişkiye girerek, bu yapıların birbirleriyle arasındaki etkileşimleri bastırabileceği ve ekmek bayatlamasında yer alan bazı bir dizi süreci engelleyebileceğini göstermektedir (Barcenas ve Rosell, 2005).



**Şekil 2.3.** Gaz hücre duvarlarının (a ve b, 1500x) ve gaz hücrelerinin (c ve d 750x) kontrol (a ve c) ve HPMC (b ve d) ekmek içindeki CRYO-SEM mikrografileri; oklar sadece kontrol ekmekteki ekmek içi mikro yapısında yer alan belirgin un bileşenlerini göstermektedir (Barcenass ve Rosell, 2005).

## 2.4. Ekmek İçi Özellikleri

Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğine göre; ekmek kesildiği zaman iç kısmı süngerimsi yapıda ve ekmekte gözenekler mümkün olduğunca homojen olmalıdır. Büyük hava boşlukları bulunmamalı, hamur ve yapışkan olmamalı, karışmamış halde un, tuz, katkı maddeleri, bunların topakları ve yabancı madde bulunmamalı, rengi beyaz krem ve homojen olmalı, kendine has tat ve kokuda olmalı, yabancı tat ve koku hissedilmemelidir (Anonim, 2012).



## **2.5. Ekmek Üretiminde Kullanılan Hammadde**

### **2.5.1. Un**

Un kelimesi aksi belirtilmedikçe buğday ununu karşılamaktadır. Buğday unu, temizlenmiş ve tavllanmış buğdayın öğütülmesiyle elde edilen yarı işlenmiş bir gıdadır. Unun kaynağı tane endospermidir. Esas unsur olarak buğday ununu ihtiva eden gıdalar; çeşitli tip ve özellikteki ekmekler, kahvaltılık tahıllar, makarna tipi ürünler, kek, kraker ve bisküviler, börekler, baklava ve lokma gibi tatlılar olmak üzere birkaç grupta toplanabilir. Başta ekmek olmak üzere buğday unu kaynaklı gıdaların kalitesi unun kalitesi ile sınırlıdır. Unların rengi, protein miktarı, protein kalitesi, su absorpsiyonu, yoğurma ve fermentasyon toleransı, hamurun gaz meydana getirme kabiliyeti, glutenin gaz tutma kapasitesi ve diastatik aktivitesi ekmeklik unların kalitesini gösteren başlıca kriterlerdir. Ekmeklik kalitesi kuvvetli unlar, %70-75 randımanlı, protein miktarı en düşük %11 yaş gluten miktarı en düşük %27 olan unlardır (Elgün ve Ertugay, 2002). Kaliteli bir ekmek için kepeği ayrılmamış beyaz ve sert buğday unlar kullanılmalıdır. Bundan dolayı ekmeğin proteini ve vitamini içindeki kepeğinden dolayı artmaktadır. Ekmek için seçilen unun taneleri 0-15  $\mu$  arasında olmalıdır. Unun özlü olması tabirinden; hamurunun mayalanma sırasında oluşan gazları iyi tutabilen un kastedilir (Bulduk, 2004). Ekmeklik unlar; standartlarında Tip-1 veya Tip-2 unu olarak piyasaya sunulmaktadır. Taze olarak piyasaya arz edilen unların ekmekçilikte daha verimli kullanılabilmeleri için, fırıncılıkta en az 15 ile 20 gün arasında dinlendirilerek oksidatif reaksiyonların oluşması açısından faydalı görülmektedir (Talay, 1997).

### **2.5.2. Su**

Su, hamurda unun mayanın ve diğ er bileşenlerin karışmasını sağlayan ve hamura istenilen yapıyı kazandıran, fermentasyonun oluşmasını sağlayan, son ürün kalitesi üzerinde etkili olan ana bileşendir. Birçok organik ve inorganik madde için   z c   lan su, hamurda şeker, tuz ve çözünür proteinler gibi hidrofilik bileşenleri   zen ve suda çözünmeyen proteinleri hidre ederek gluten oluşturan bir maddedir (Elgün ve Ertugay, 2002). Ekmek yapımında orta sertlikte sular uygundur ve hamura katılan suyun miktarı da önemlidir. Çünkü yetersiz su ile yapılan ekmeklerin i i kuru, hacmi küçük ve elastikiyeti az ve sert, buna karşın fazla su içeren ekmeğin i i yapışkan ıslak ve b   k g  enekli olur (Bulduk, 2004).

### **2.5.3. Tuz**

Tuz kimyasal olarak, bir asit ve bir bazın birleşmesi sonucu oluşan bir bileşiktir. Diğer bir ifade ile sodyum ve klor elementinden oluşan beyaz kristal bir maddedir. Ekmekte tuz kullanılması; hamurun fiziksel özelliklerini etkileyici, gluteni kuvvetlendirici ve ekmeğe tat ve lezzet verici olmasından ileri gelmektedir (Elgün ve Ertugay, 2002). Tuz ekmek üretiminde ekmek in çeşidine ve hamurda kullanım amacına göre %1-3 arasında değişmektedir (Talay, 1997).

#### 2.5.4. Şeker

Şekerler, çok sayıda fırıncılık ürünün imalatında kullanılan bir hammaddedir. Rafinasyon sonucu kuru ve saf olarak elde edilen şeker, gıda endüstrisinin çeşitli dalları için farklı irilikte üretilmektedirler. En iri granüller bazı bisküvi tipi ürünlerin üretiminde kullanılırlarken, orta irilikteki granül şekerler çeşitli fırın ürünlerinde ve özellikle ekmek üretiminde, en ince ve üniform yapıda olanlar ise kremalar, konveksiyon fırın ürünleri ve şekerlikte kullanılırlar. Ekmek mayası, hamurda mevcut şekerleri fermantasyona uğratarak hamurun kabarmasını sağlar (Elgün ve Ertugay, 2002).

#### 2.5.5. Ekmek mayası (*Saccharomyces cerevisiae* )

Ekmek Mayası (*Saccharomyces cerevisiae*), kendine has kokuya ve renge sahiptir. Tek hücreli basit bir mikroorganizma olup, gerekli besin elementlerinin bulunduğu uygun koşullarda hızlı çoğalırlar. Un içerisinde bir takım enzim faaliyetlerinde bulunarak elde edilen hamurun kabarmasını sağlayan milyonlarca hücre topluluğudur. Hammaddesi şeker pancarı ve şeker kamışı olan melasın maya üretiminde karbon kaynağı olarak kullanımı yaygındır (Talay, 1997). Ekmek mayası hamurda bulunan mevcut basit şekerleri fermantasyona uğratarak fermantasyon sonucu oluşan karbondioksit gazı ile hamurun kabarmasını, fermantasyon ürünü diğer maddelerle hamurun olgunlaşmasını ve aroma teşekkülünü sağlarlar. Başlıca dört tip ticari maya bulunmaktadır. Bunlardan pres maya (yaş maya) su miktarı %70, protein miktarı %48-60 olan mayadır. Regüler aktif kuru maya ise su miktarı %6-8,

protein miktarı %40-50'dir. Kuru mayalar yaş mayalara göre daha istikrarlıdır. İstant aktif kuru maya ise su miktarı %4-6 ve protein miktarı %38-60'dır. Aktiviteleri kuru mayadan fazladır. Su oranı %5-6 olan muhafazalı aktif kuru maya ise nem oranı düşük olduğu için mayanın kendi kendine parçalanması oldukça yavaştır (Elgün ve Ertugay, 2002).

#### **2.5.6. Gıda katkı maddeleri**

İnsan beslenmesinin büyük ölçüde hububata dayandığı ülkemizde, bir yandan ekmeğin besin değerinin artırılması, diğer yandan ekmeğin fiziksel ve kimyasal yapısının düzeltilerek kaliteli, yüksek hacimli, geç bayatlayan bir ekmek üretiminin gerçekleştirilmesi, ekmeğin mikrobiyolojik açıdan bozulmasının önlenmesi için ekmek üretiminde katkı maddelerinin kullanılması teknik açıdan gereklidir (Elgün ve Ertugay, 2002). Gıda endüstrisinde gıda katkı maddelerinin kullanılması, teknolojinin gelişmesine paralel olarak değişik üretim tekniklerinin kullanılmasından ve tüketici beğenisinin üretimde önem kazanmasından doğmuştur. Böylece, günümüzde gıda sektöründe verim artışı, kayıpların azaltılması, ürün standardizasyonu ve kalitenin artırılması, yeni gıdaların üretilmesi ve gıdaların raf ömürlerinin artırılması gibi uygulamalar gerçekleştirilebilmiştir. Gıda katkı maddelerinin sınıflandırılması Çizelge 2.1'de verilmiştir (Saldamlı, 1985). Çizelge 2.1'de verilen gıda katkı maddelerinden hidrokolloidlerin (stabilizatör) kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Bunda gıdaların suda çözünme özelliklerinin etkisi büyüktür (Saldamlı, 1985).

**Çizelge 2.1.** Gıda katkı maddelerinin sınıflandırılması (Saldamlı, 1985)

| <b>Renk Maddeleri</b>   | <b>Aroma maddeleri</b>         | <b>Koruyucu maddeler</b> | <b>Gıdanın yapı ve görünüşünü etkileyen maddeler</b> | <b>Biyolojik değeri artırıcı maddeler</b> |
|-------------------------|--------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Renk verenler           | Tad vericiler (doğal ve yapay) | Antimikrobiyal           | Stabilizörler                                        | Vitaminler                                |
| Renk koruyanlar         | Tuz tadı verenler              | Antioksidanlar           | Emülgatörler                                         | Mineral maddeler                          |
| Renk kuvvetlendiriciler | Baharat ve çeşni vericiler     | Tütsü maddeleri          | Tamponlar                                            | Amino asitler                             |
|                         | Asitler ve Bazlar              | Kaplama maddeleri        | Yüzey aktif maddeler                                 |                                           |
|                         | Koku verenler                  |                          | Topaklaşmayı önleyici maddeler                       |                                           |
|                         | Aromayı geliştiriciler         |                          | Olgunlaştırıcı tuzlar                                |                                           |
|                         |                                |                          | Kalınlaştırıcı maddeler                              |                                           |
|                         |                                |                          | Köpük yapıcı ve köpük tutucular                      |                                           |
|                         |                                |                          | Tutucu ve birleştirici maddeler                      |                                           |
|                         |                                |                          | Yumuşatıcı ve plastik yapı kazandırıcılar            |                                           |
|                         |                                |                          | Kristalleşmeyi önleyici maddeler                     |                                           |
|                         |                                |                          | Rutubetlendiriciler                                  |                                           |
|                         |                                |                          | Berraklaştırma ve durultma maddeleri                 |                                           |

#### **2.5.6.1. Hidrokolloidler (Stabilizatörler)**

Günümüzde ekmek kalitesini artırmak, beslenme yönünden faydasını iyileştirmek bayatlamayı önleme gibi faktörlerden dolayı unlara bazı katkı maddeleri eklenmektedir. Gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bu maddelere hidrokolloidler ve yüzey aktif maddeleri örnek olarak verilebilir (Selomunya ve Zhou, 2007).

Hidrokolloid teriminde hidro Yunanca su anlamındadır. Kolloid terimi ise Fransızca col tutkal ve oid benzer sözcüklerinden türetilmiştir (Altuğ, 2006). Stabilizatör, gam, zank vb. gibi adlarla bilinen hidrokolloidler, gıdalarda çok çeşitli fonksiyonu olan maddelerdir (Çakmakçı ve Çelik, 1994). Bunlar gıda maddelerinde koyulaştırıcı, emülsiyonları stabilize edici, film ve jel oluşturucu, tekstürel özellikleri ve su tutma kapasitesini artırıcı, su hareketini kontrol edici dolayısıyla genellikle gıda kalitesini artırıcı ve muhafaza edici ajanlar olarak kullanılmaktadırlar (Christianson ve ark., 1981; Dziezak, 1991; Schenz, 1995; Ward ve Andon, 2002).

Tüm hidrokolloidler, karmaşık karbonhidratlardır ve polisakkaritler olarak da adlandırılmaktadırlar. Yapılarında polisakkaritlerden başka, magnezyum, kalsiyum, potasyum gibi elementlerin yanında, şeker alkoller ve şeker asitleri (galaktronik asit ve glukronik asit) de bulunmaktadır. Bu şekerlerin birbiri ile farklı bağlanma şekilleri, değişik hidrokolloidlerin oluşmasını neden olur. Polisakkaritlerde en çok bulunan şekerler, arabinoz, ramnoz, galaktoz, ksiloz, glukoz, mannozdur (Çakmakçı ve Çelik, 1994). Çizelge 2.2’de hidrokolloidlerin fırıncılık ürünlerinde kullanım alanlarını, Çizelge 2.3 ve Çizelge 2.4 ise hidrokolloidlerin sınıflandırılmasını göstermektedir.

**Çizelge 2.2.** Hidrokolloidlerin fırıncılık üretimindeki kullanım alanları (Anderson ve Andon, 1988)

| Hidrokolloid (Yapı)                             | Kullanıldığı Yer                      | Kullanım Düzeyi (%)                                  | Etkileri                                                                            |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Cmc<br>Guar<br>Lbg<br>Ksantan                   | Fırıncılık Ürünleri                   | 0,1-0,3<br>0,1-0,25<br>0,1-0,3<br>0,1-0,2            | Su tutma gücünü<br>geliştirme                                                       |
| Cmc<br>Guar<br>Lbg<br>Ksantan                   | Kekler                                | 0,1-0,3<br>0,1-0,25<br>0,1-0,3<br>0,1-0,25           | Su tutmayı iyileştirme<br>ve daha iyi şekil verme yeteneği<br>sağlamak              |
| Cmc<br>Guar<br>Lbg<br>Karaya Gamı               | Donutlar<br>(Yağda Kızartılmış Çörek) | 0,1-0,25<br>0,1-0,3<br>0,1-0,25<br>0,1               | Su tutma kapasitesini<br>arttırmak, bayatlamayı<br>geciktirmek                      |
| Agar<br>Gam Arabik<br>Cmc                       | Kremalar                              | 0,7-1,2<br>0,5-1,0<br>0,1-0,5                        | Yapışkanlığı azaltmak, su<br>tutmayı artırmak ve şeker<br>kristalizasyonunu önlemek |
| Cmc<br>Agar<br>Gam Arabik<br>Karragenan         | Bezeler                               | 0,1-0,5<br>0,4-0,8<br>0,4-1,2<br>0,1-0,2             | Tektürü geliştirmek,<br>sızıntıyı engellemek                                        |
| Agar<br>Lbg<br>Karragenan<br>Ksantan<br>Aljinat | Tortu Dolguları                       | 0,2-0,6<br>0,1-0,2<br>0,2-0,4<br>0,15-0,3<br>0,3-0,5 | Su bağlamak, çatlamayı ve<br>kırılmayı önlemek ve<br>işlemeye yardımcı olmak        |

**Çizelge 2.3.** Hidrokolloidlerin sınıflandırılmaları (Nussinovitch, 2005)

| Hidrokolloid (Yapı)                                                                                                                                                                  | Kodu  | En Önemli Görevi                                             | Kaynak             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------|--------------------|
| Pektin<br>(Galakturonik Asit Birimlerinden Oluşan Yüksek Molekül Ağırlıklı Eteropolimerdir. Asit Grubu Serbest ya da Basit Bir Tuz Halinde ya da Metanol ile Esterifiye Edilebilir.) | E440  | Jelleşme ajanı                                               | Bitkisel           |
| Pektin (Düşük Metoksili)                                                                                                                                                             |       | Jelleşme ajanı                                               | Bitkiler           |
| İşlenmiş Euchema Deniz Yosunu                                                                                                                                                        | E407  | Jelleşme ajanı kalınlaştırıcı, emülsifiye ve stabilize edici | Deniz yosunu       |
| Propilen Glikoz Aljinat                                                                                                                                                              | E405  | Emülsifiye edici ve köpük stabilizatörü                      | Alijinik Asit      |
| Nişasta<br>(Doğrusal ve Dallanmış Glukoz Birimleri)                                                                                                                                  |       | Kalınlaştırıcı ve jelleşme ajanı                             | Bitkiler           |
| Tara Gam                                                                                                                                                                             | E 417 | Kalınlaştırıcı                                               | Tohumlar           |
| Tamarind                                                                                                                                                                             |       | Kalınlaştırıcı ve stabilize edici                            | Tohumlar           |
| Nişasta (Modifiye)                                                                                                                                                                   |       | Kalınlaştırıcı ve jelleştirme ajanı                          | Nişasta            |
| Tragakant<br>(Yüksek Oranda Dallanmış, Heterojen Hidrofilik Karbonhidrat Polimeri)                                                                                                   | E413  | Kalınlaştırıcı                                               | Ağaç Reçinesi      |
| Ksantan Gam<br>(B-1,4-D-Glukoz Ana İskeletindeki 3.C Atomuna Bağlı Bir Trisakkarit Bulunmaktadır)                                                                                    | E415  | Kalınlaştırıcı                                               | Mikrobiyal         |
| Metil Selüloz                                                                                                                                                                        | E461  | Kalınlaştırıcı Emülsifiye Edici Jelleştirme Ajanı            | Bitkisel Kaynak    |
| Mikrokristalin Selüloz                                                                                                                                                               |       | Kalınlaştırıcı Jelleşme Ajanı                                | Bitkisel Kaynak    |
| Jelatin<br>(Kollajen Proteininden Üretilir)                                                                                                                                          |       | Jelleşme Ajanı                                               | Hayvan             |
| Gellan Gam<br>(Temel Yapısı Tekrarlanan, Doğrusal, Tetrasakkarit Birimlerinden Oluşur)                                                                                               | E 418 | Kalınlaştırıcı Jelleşme Ajanı Stabilizatör                   | Mikrobiyel         |
| Ghattin Gam                                                                                                                                                                          |       | Kalınlaştırıcı                                               | Ağaç Reçinesi      |
| Guar Gam                                                                                                                                                                             |       | Kalınlaştırıcı                                               | Tohumlar           |
| Karaya Gam<br>(Kompleks, Dallanmış, Yüksek Oranda Asetil İçerigine Sahip Bir Polisakkarit. Esas Olarak L-Ramnoz ve Galakturonik Asit İçerir)                                         |       | Kalınlaştırıcı                                               | Ağaç reçinesi      |
| Konjac Mannan<br>(Esas Olarak B-D-1,4 Bağlı D-Mannoz ve D-Glikoz Birimlerinden Oluşur)                                                                                               | E425  | Kalınlaştırıcı Jelleştirici                                  | Yer Altı Yumruları |
| Keçiboynuzu Gamı (Lbg) (Ana İskelete Değişik Oranlarda Bağlanmış D-Galaktoz Birimli, Doğrusal B-1,4-D-Mannan Zincirleri)                                                             | E410  | Kalınlaştırıcı                                               | Tohumlar           |



### 2.5.6.2. Gamlar

Gam kelimesi ilk olarak, bitkilerden doğal olarak sızan yapışkan, zamksı maddeler için kullanılmıştır. Günümüzde ise suda çözülebilir, kıvam artırıcı ve jelleştirici ajanlar için kullanılmaktadır (Altuğ, 2006). Gamlar yüksek moleküler ağırlıklara sahip ( $\geq 1$  milyon da) ve suda çözünen polisakkaritlerdir. Gamlar doku iyileştirici, emülsiyonlaştırıcı, yağ ikame edici, bağlayıcı, katman oluşturucu, dengeleyici ve raf ömrünü uzatıcı etkiler oluştururlar (Kök, 1999; Gurkin, 2002). Gamın teknik olarak kabul edilen tanımı ise; kıvam artırıcı ve/veya jelleştirici etki vermek için suda dağılabilen veya çözünebilen polimerik karbonhidratlar olarak açıklanmaktadır. Bu tip maddeler kolloidal yapıda ve hidrofilik kolloid özellikte olduklarından “hidrokolloidler” olarak da adlandırılırlar (Glicksman, 1969). Düzgün ve homojen bir yapı oluşturmak için, kıvam artırmak, yapıyı oturtmak gibi pek çok amaç için gıda üretimlerinde kullanımı giderek artmaktadır. Gamların önemli fonksiyonları; su tutma, donma derecesini değiştirme, nem buharlaşması oranlarını düşürme ve buz kristal oluşumunu modifiye etme, reolojik özellikleri ya da viskoziteyi düzenleme olarak bildirilmektedir (Glicksman, 1969; Kök, 1999; Altuğ, 2006).

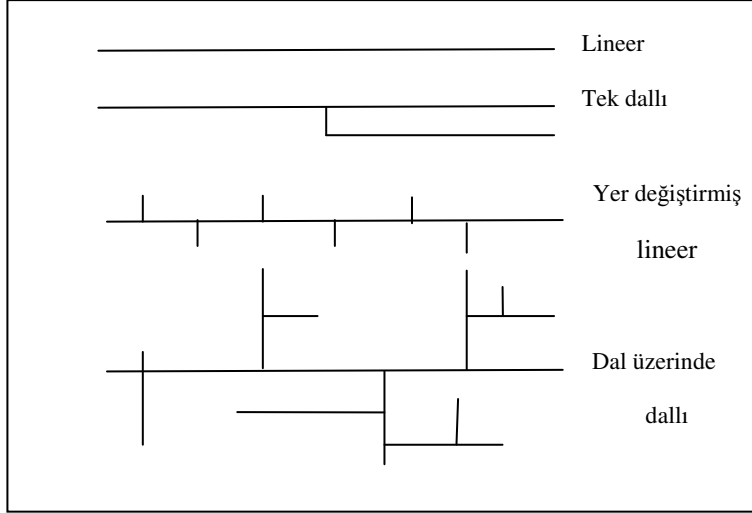
Hidrokolloidlerin günümüzde gıda endüstrisinde kullanımları yaygındır. Yaygın ismi gam olarak adlandırılan bu maddeler sulu sistemlerdeki reolojik ve tekstürel yapıların iyileştirilmesini; emülsiyon süspansiyon ve köpük sistemlerinin stabilizasyonlarını sağlama özellikleri sayesinde gösterirler (Rosell ve ark., 2001). Yirminci yüzyılın başlarından bu yana kullanılan doğal gamlara ek olarak günümüzde yarı yapay ve yapay gamların da gıda endüstrisinde kullanılmakta olduğunu görmekteyiz (Saldamlı, 1985). Çizelge 2.4’de stabilizatörlerin sınıflandırılması görülmektedir.

**Çizelge 2.3.** Suda çözünen doğal ve yapay stabilizatörler (Saldamlı, 1985)

| Doğal kaynaklı olanlar                                                             |                                                  | Yarı yapay olanlar                                                                 | Yapay kaynaklı olanlar                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Bitkilerden elde edilenler                                                         | Hayvansal kaynaklardan elde edilenler            |                                                                                    |                                                                 |
| Ağaç salgıları: gam arabik, karayagam, gamghatti, gamtaraganth, aroba galaktan vb. | Sütten: kazein                                   | Niştasta türevleri: dekstrin, niştasta asetat dialdehit niştastalar vb.            | Polivinil alkol, poliakrilik asit tuzları, polietilen oksit vb. |
| Bitki tohumu gamları: guar gam, locus bean gam, paylium vb.                        | Deri ve kemiklerden: jelâtin ve hayvansal tutkal | Selüloz türevleri: karboksimetil selüloz, metil selüloz, hidroksi etil selüloz vb. |                                                                 |
| Deniz yosunu ekstraktları: agar, aljinler, karragenan vb.                          |                                                  |                                                                                    |                                                                 |
| Turunçgil kaynaklılar: pektik maddeler                                             |                                                  |                                                                                    |                                                                 |
| Doğal niştastalara: mısır niştastas, patates niştastas, tapioka vb.                |                                                  |                                                                                    |                                                                 |

### 2.5.6.3. Gamların sınıflandırılması

Gamlar fonksiyonları, yapıları, kökenleri ve yalıtım metotları gibi birçok yönden değişik şekillerde sınıflandırılabilirler. Gamların polimer yapıları lineer, tek dallı, yer değiştirmiş lineer ve dal üzerinde dallı şeklinde olabilmektedir (Şekil 2.4). Gamların polimer yapı karakteristikleri Çizelge 2.5’de verilmiştir. Gamların, doğal gamlar ve yapay gamlar olarak sınıflandırılması Çizelge 2.6’da verilmiştir.



**Şekil 2.4.** Gamların polimer yapıları (Trudso, 1992; Altuğ, 2006)

**Çizelge 2.4.** Gamların polimer yapılarının karakteristikleri ( Trudso, 1992)

| Yapı                   | Karakteristikleri                                                                                                                                                                                                                          | Örnekler                                           |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Lineer                 | Çift polimerleşmiş şeker ünitesi genellikle ikiden fazla değildir, yüksek viskoziteye sahiptir, stabil olmayan çözeltiler oluşturur, çözünmesi zordur, çözünme olduktan sonra çökme( jelleşme ) riski vardır.                              | Selüloz, amiloz, pektin, karragenan, aljinat, agar |
| Tek dallı              | Şeker üniteleri C-1 veya C-4 ' den farklı karbon grupları ile birleşmişlerdir.                                                                                                                                                             | dekstran                                           |
| Yer değiştirmiş lineer | Uzun zincirde yalnızca bir şeker ünitesinden oluşan çok sayıda kısa dallar bulunmaktadır.                                                                                                                                                  | Keçiyoynuzu gamı, Guar Gam                         |
| Dal üzerinde dallı     | Yan zincirler üzerinde yan zincirler bulunmaktadır, lineer yapıdan daha stabil, ancak viskozitesi daha düşüktür, tipik olarak, polisakkarit iki veya daha fazla şeker tipinden oluşmaktadır, mükemmel bir yapışkanlık özelliğine sahiptir. | Amilopektin, gam arabik                            |

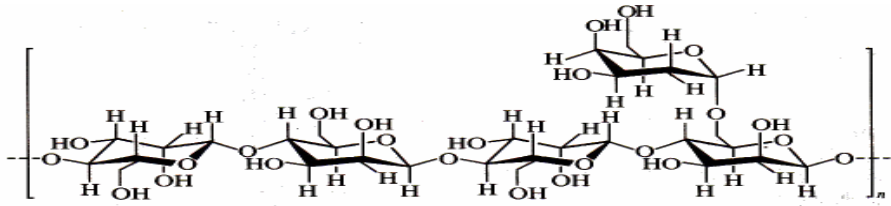
**Çizelge 2.5.** Gamların sınıflandırılması ( Klose ve Glicksman, 1972; Altuğ, 2006)

| <b>Doğal Gamlar</b>                                                                    | <b>Modifiye Gamlar ( yarı – sentetik )</b>                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ağaç Sızıntıları ve Ekstraktları</b><br>Gam arabik<br>Tragakant gamı<br>Karaya Gamı | <b>Selüloz Türevleri</b><br>Karboksimetil selüloz<br>Metil selüloz<br>Hidroksipropilmetil selüloz<br>Hidroksipropil selüloz<br>Metil etil selüloz<br>Mikrokristal selüloz |
| <b>Çekirdek veya Kökler</b><br>Keçi boynuzu ve gamı<br>Guar Gamı                       | <b>Nişasta türevleri</b><br>Modifiye nişastalar                                                                                                                           |
| <b>Denizyosunu Ekstraktları</b><br>Agar<br>Ajinatlar<br>Karragenan                     | <b>Mikrobiyal Fermantasyon Gamları</b><br>Ksantan Gam<br>Gellan gam<br>Deakstran                                                                                          |

#### **2.5.6.4. Lokust bean gam (keçi boynuzu gamı)**

*Ceratonia siliqua* isimli keçi boynuzu ağacı tohumlarının rafine edilmiş endospermeleri olarak ifade edilen lokust bean gam (LBG) ilk olarak 1920’lerde endüstriyel olarak üretilmeye başlanmıştır. Şekil 2.5’de görüldüğü gibi lokust bean gam, galaktomannan yapısında olup molekül ana zincirini beta-1,4-D-mannopiranozil birimleri oluşturmakta ve bu ana zincirin yanlarına tek beta-1,6-D-galaktopiranozil birimleri bağlanmaktadır. Lokust Bean Gam oda sıcaklığında suda kısmen çözülme ve ısı yükseldikçe çözünürlüğü de artmaktadır. Isının sonradan azaltılması ise lokust bean gamın çözünürlüğünü etkilememektedir. Düşük konsantrasyonlarda (< %1) viskoz çözeltiler oluşturabilmesinden dolayı gıdaların üretilmesinde geniş bir kullanım alanı bulmuştur (Kök, 1999; Altuğ, 2006). Nadiren tek başına kullanılır ve genelde CMC, karregen, ksantan ve guar gamı ile birlikte kullanılmaktadır (BeMiller ve Whistler, 1996). Bu gamla ilgili eklemelerin ; (Gavilighi ve ark., 2006; Sharadanant ve Khan, 2003b; Azizi ve Rao, 2004) ve

keklerin (Gomez ve ark., 2007) raf ömrünü uzatmaya ve kaliteyi artırmaya yönelik çalışmalar mevcuttur. Bir başka çalışmada ise; Sharadanant ve Khan (2003) lokust bean gamının hamur formülasyonuna eklenmesinin dondurulmuş hamur kalitesini artırdığını göstermiştir. Azizi ve Rao (2004) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise formüle eklenen lokust bean gamının yüzey aktif maddelerle birlikte buğday ununda ekmek yapma kalitesini önemli oranda artırdığı görülmüştür. Lavaş ekmeğinin bayatlama özellikleri üzerinde gamların (GG, ksantan, CMC ve LBG) etkileri incelendiğinde, lokust bean gam eklenmesinin, ısıtma ve retrogradasyona karşı direncin en yüksek olduğu gözlemlenmiştir (Gavilighi ve ark., 2006).



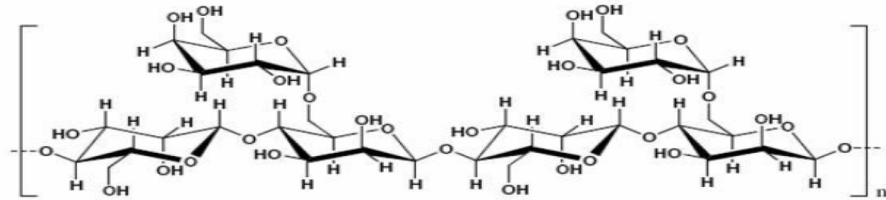
Şekil 2.5. Lokust bean gamının kimyasal yapısı (Anonim 2011)

#### 2.5.6.5. Guar gam

Guar Gam *Cyamopsis psoraloides* ve *Cyamopsis tetragonolobus* adındaki bitkilerden ekstrakte edilmektedir. Uzun yıllardır Hindistan, Pakistan ve Bangladeş'te yetişen bu iki bitki; insanlar ve hayvanlar için besin kaynağı olarak kullanılmaktadır. Guar bitki endosperminden elde edilen guar gam, locust bean gamda olduğu gibi galaktamannan yapısında olup D-mannoz ve D-galaktoz birimlerinden oluşmaktadır. Şekil 2.6'da olduğu gibi mannoz birimleri düz bir zincir şeklinde beta-

1,4-bağı ile bağlanırken yaklaşık her mannoz birimine tek D-galaktoz birimi yan zincir şeklinde alfa-1,6-bağı ile bağlanmaktadır (Altuğ, 2006). Guar gam çözeltileri düşük konsantrasyonlarda dahi oldukça viskoz çözeltiler verirler ve koyultucu, stabilize edici ve su bağlama uygulamalarında kullanıma elverişlidirler. Fırıncılık ürünlerinde guar gam karışımın uygulamaları formülasyon toleransını geliştirmekte, nem tutma kabiliyetiyle ürünlerin raf ömürlerini uzatmakta kullanılmaktadırlar (Maier ve ark., 1993).

Guar gam, güçlü hidrofilik özellikleri sebebiyle, dondurma karışımları, salata sosları ve unlu mamuller için kullanılabilecek bir katkı maddesidir (Berk, 1976). Guar gamının ekmek kalitesini artırdığı (Mandala, 2005; Ribotta ve ark., 2005 ve Gavilighi ve ark., 2006), lavaş ekmeklerinde bayatlamayı azalttığı bildirilmiştir (Gavilighi ve ark., 2006).



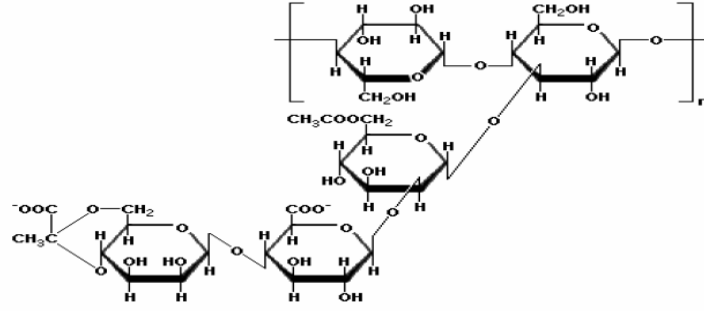
Şekil 2.6. Guar gamın kimyasal yapısı (Kawamura, 2008)

#### 2.5.6.6. Ksantan gam

Lahana gibi bitkilerin yapraklarında bulunan *Xanthomonas campestris* olarak bilinen bir bakteri, ksantan gam adıyla bilinen polisakkariti üretir. Mikrobiyolojik bir heteropolisakkarit olan Ksantan Gam Şekil 2.7’de gösterildiği üzere molekülünde

temel zincirdeki beta-D-Glukopiranozil birimlerine birer atlayarak O-3 pozisyonundan bağlanmış trisakkarit birimleri, alfa-D-mannopiranoz, beta-D-glukopiranoz ve beta-D-mannopiranozdan oluşmuştur. Temel zincirin yan zincire bağlandığı kısımdaki D-mannoz biriminde O-6 pozisyonunda bir asetil grubu bulunmaktadır. Beta-D-mannopiranozil uçlarından yaklaşık yarısına pirüvik asit bir dört altı-sıklık asetal olarak bağlanmıştır Ksantan Gamın bu durumu molekülü oldukça katı bir çubuk durumuna sokar ve asit, baz ve ısı stabilizesini çok artırır. Ksantan gam soğuk ya da sıcak suda çözünebilme özelliğine sahiptir. Çözelti viskozitelerinin sıcaklıktan fazla etkilenmemesi nedeniyle, örneğin soğutulduklarında kıvamlarında kayda değer artışlar olmamasından dolayı, buzdolabından çıkar çıkmaz tüketilecek ürünlerde (salata sosları, çikolata şurupları gibi) kullanımları uygundur (Fennema, 1996).

Turabi ve ark. (2008) çalışmasında formüle ksantan gamının eklenmesiyle, kek hamurunun viskozitesini artırmış ve bu keklerin IR-mikrodalga kombine fırınlarda pişirilmesi sonucu kabarmada yaşanan problemler önlenebilmiştir. Ksantan gamlar genellikle gıda endüstrisinde kıvam arttırıcı ve stabilize edici olarak kullanılır (BeMiller ve Whistler, 1996). Ayrıca ksantan gamın ekmeklerde kaliteyi geliştirici ve raf ömrünü uzatıcı etkilerini araştıran çok sayıda araştırma bulunmaktadır (Rosell ve ark., 2001; Guarda ve ark., 2004; Ribotta ve ark., 2005; Mandala, 2005; Gavilighi ve ark., 2006).



Şekil 2.7. Ksantan gamin kimyasal yapısı (Be Miller ve Whistler, 1996)

## 2.6. Reoloji

Reoloji; fiziğin bir alt dalı olup, maddelerin (katı, sıvı, gaz) deformasyonu ve/veya akışkanlığını inceleyen bir bilim dalıdır. Gıda endüstrisinde ise reoloji, gıdaların yapısı, viskozitesi ve elastikiyeti hakkında bilgi sahibi olunmasını sağlar. Gıda maddelerinin reolojik özelliklerinin nem oranı, sıcaklığı, konsantrasyonu ve deney ortamına bağlı olarak önemli oranda etkilendiği bildirilmektedir (Kök, 1999; Singh ve Heldman, 1993).

Gıdaların kalitelerinin belirlenmesinde reolojik özellikler önemli bir rol oynamaktadır. Reolojik özellikler ürünün duyu özelliklerinin belirlenmesi yanında ürünün fiziko kimyasal özellikleri hakkında da fikir vermektedir. Ayrıca ürünün reolojik özellikleri kristal yapıda olan ürünlerin erimeye karşı olan dirençleri hakkında da fikir vermektedir (Wildmoser ve ark., 2003).

Reolojik veriler gıda endüstrisinde birçok yönden önemlidir. Bunlardan bazıları; ısı değiştiriciler, boru hatları, pompalar, karıştırıcılar gibi çok geniş bir alanı kapsayan gıda ekipmanlarının mühendislik hesaplamalarında, ara ürün ve son ürün kalite kontrolünde, gıdanın yapısı ve duyu özelliklerinin, gıdanın raf ömrünün,



gıdanın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesinde ve ürün içeriğinde kullanılan maddelerin fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Steffe, 1996).

## **BÖLÜM III**

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

##### **3.1.1. Gamların temini**

Bu çalışmada kullanılan gamlardan ksantan gam; Nutravital A.Ş.'den, guar gam ve lokust bean gam ise Incom A.Ş. (Mersin)'den temin edilmiştir.

##### **3.1.2. Un örnekleri**

Çalışmada kullanılan un örnekleri Bolu Has Ekmek'ten temin edilen ekmeklik tipi unlardır ve analizlerin tamamı tek partiden kullanılmıştır.

### **3.1.3. Diğer materyaller**

İnstant Aktif Maya Dr. Oetker Gıda San. A.Ş.'den temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan instant paket mayaların, piyasadan temin edilen kristal toz şeker ve tuzun hepsinin aynı partiden olmasına dikkat edilmiştir. Bileşenlerin tartımı Fakir Libra marka hassas terazide gerçekleştirilmiştir. Ekmek pişirme makinesi olarak King K-107 Fırıncı modeli kullanılmıştır.

## **3.2. Yöntem**

### **3.2.1. Ekmek yapım yöntemi**

Piştirme programı için 750 g ve orta renk ayarı kullanılarak süreç başlatılmıştır. Renk ayarları makinenin çalışma programına uyularak ön denemelerle saptanmıştır. Makinede uygulanan programların yoğurma, mayalama, piştirme süreleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1'de belirtilen formüle uygun olarak bileşenlerin tartımı gerçekleştirilmiş, daha sonra hamur kabına sırasıyla un, gam örnekleri, maya, şeker kuru olarak ilave edilmiştir. Ekmek makinesinin haznesine konulan 210 ml suyun üzerine bu karışım ilave edilmiştir. Makinenin haznesinde ayarlanan otomatik program gereği karışım 1 dk karıştırıldıktan sonra üzerine 3 g tuz eklenmiştir. Elde edilen hamur, ekmek programının devamı olan toplam 173 dakikalık dinlendirme, ön fermentasyon ve pişirmeye işlemine tabi tutulmuştur. Piştirme sonunda elde edilen

ekmek örnekleri ters çevrilerek bir tel ızgaranın üzerinde soğumaya bırakılmışlardır. Analiz için 1cm kalınlığında Öztiryakiler marka makinede dilimlenen örneklerin nem kaybının önlenmesi için naylon poşetlere alınarak, 4 °C de analize kadar yaklaşık 24 saat bekletilmişlerdir.

**Çizelge 3.1.** Ekmek makinesi için kullanılan ekmek formülü

| Bileşenler            | Kullanım miktarları(g) |
|-----------------------|------------------------|
| Un                    | 350                    |
| Su                    | 210                    |
| Şeker                 | 8                      |
| Tuz                   | 4                      |
| İstant kuru maya      | 3                      |
| Gamlar örnekleri (%1) | 3.50                   |
| Gam örnekleri (%2,5)  | 8.75                   |
| Gam örnekleri (%5)    | 17.50                  |

**Çizelge 3.2.** Ekmek makinesinin çalışma program süreleri

| Yoğurma-1<br>Dakika | Kabarma-1<br>Dakika | Yoğurma-2<br>Dakika | Kabarma-2<br>Dakika | Kabartma-3<br>Dakika | Pişirme<br>Dakika | Toplam süre<br>(dakika) |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------------|-------------------------|
| 9                   | 20                  | 14                  | 30                  | 40                   | 60                | 173                     |

### 3.2.2. Renk tayini

Ekmek örneklerinin renk tayinleri; Minoltam Cr 400 renk ölçüm cihazı kullanılarak  $L$ ,  $a$ ,  $b$ , değerleri elde edilmiştir.

$L$  değeri parlaklık/açıklığı göstermekte ve 0 ile 100 arasında değişmektedir. “0” siyah rengi, “100” ise beyaz rengi ifade eder. Pozitif (+) ve negatif (-) değerler alabilen  $a$  ve  $b$  parametrelerinden; “ $a$ ” değeri kırmızıdan yeşile doğru renk

yoğunluğunu gösterirken [kırmızılık (+), yeşillik (-)], “*b*” renk parametresi ise sarıdan maviye değişen renk yoğunluğunu göstermektedir [ sarılık (+), mavilik (-)].

### **3.2.3. Kimyasal analizler**

Kimyasal analizlerden kuru madde miktarı, nem miktarı, kül miktarı, protein miktarı ve yağ miktarları bulunmuştur.

#### **3.2.3.1. Kuru madde ve nem miktarı**

Daha önceden temizlenmiş etüvde kurutulmuş ve desikatörde soğutulmuş olan kuru madde kaplarının darası alınmıştır. Bu kaplara homojen şekilde ortalama 3'er gram örnek tartılmıştır. Daha sonra ekmek örnekleri 105°C'de etüvde sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Desikatörde soğutulan kurutma kapları tekrar tartılmış ve örneklerin yağ ağırlık farklarından, örneklerin toplam kuru madde miktarı hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2007).

#### **3.2.3.2. Kül miktarı**

Örnekler ortalama 3'er gram tartılarak kül fırınında yakılmıştır. Yanma sonucu geride kalan kül tartılarak kül miktarı sonuçları bulunmuştur (Cemeroğlu, 2007). Şimşek Labortechnik marka kül tayin cihazı kullanılmıştır.

#### **3.2.3.3. Protein miktarı**

Örneklerden ortalama 1 g örnek alınmıştır. Ekmek örneklerinin protein miktarları, Şimşek Labortechnik marka protein tayin cihazı kullanılarak, Kjeldahl Metoduyla hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2007).

#### **3.2.3.4. Yağ miktarı**

Örnekler 2.5 g olarak tartılmıştır. Örneklerin yağ miktarı Alman marka Gerhard KI-26 yağ tayin cihazı kullanılarak, Soxhlet Yöntemine göre yapılmıştır (Cemeroğlu, 2007).

### 3.2.4. Taramalı elektron mikroskop



**Şekil 3.1.** Araştırmada kullanılan taramalı elektron mikroskop (SEM)

Farklı gam konsantrasyonları ile hazırlanan ekmek örneklerinin görüntüleri A.İ.B.Ü. Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü'nde, taramalı elektron mikroskop (SEM; JEOL JSM 6390 VL, Akishima, Japonya) cihazı kullanılarak, 25 kV hızlandırılmış voltaj uygulaması altında çekilmiştir. Ekmek fotoğrafları ekmek örneklerinin 5 x 5 x 5 mm küçük parçalara bölünerek 300x, 500x ve 1000x boyutlarında görüntülenmiştir (Özkoç ve ark., 2009).

### 3.2.5. TPA (Tekstür Profil Analiz)



Şekil 3.2. Araştırmada kullanılan TA. XT Plus Tekstür Analiz Cihazı

TA. XT Plus Tekstür Analiz Cihazları ürünlerin tekstürel özelliklerini; kuvvet, zaman ve mesafe verilerini tamamen entegre Exponent 32 yazılımı sayesinde, saniyede 500 veri toplayabilecek kapasitede görüntülenebilir şekilde hesaplarlar. Bu çok yönlü tekstür analiz cihazı bilimsel doğruluk içeren, tekrarlanabilir ve tanımlanabilir tekstürel bilgilere artan ihtiyacı büyük oranda karşılar ve kayda değer bir gelişme olarak tekli-parametrelerden, çoklu-fonksiyonel bilgisayar kontrollü cihazlara kadar geniş bir yelpazede ölçümleri gerçekleştirirler.

TA. XT Plus cihazı, test metotlarının gerektirdiği bir dizi farklı prob ve donanımı kullanır. Her prob ve donanım spesifik uygulama grupları için dizayn edilmiştir ve tekstür analiz cihazının zeminine yada hareket koluna monte edilebilmektedir. Örnekler de aynı şekilde cihazın zeminine, zeminde bulunan



donanıma ya da iki donanım arasına yerleştirilebilir. Basit bir testte; tekstür analiz cihazının hassas bir yük hücresi monte edilmiş hareket kolu, ürünü delmek ya da baskılamak üzere aşağı doğru hareket eder ve analiz sonunda başlangıç noktasına geri döner (Anonim 2011).

Araştırmada kullanılan İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Gıda Mühendisliği Bölümü'ndeki TA. XT Plus tekstür analiz cihazı görülmektedir (Şekil 3.2).

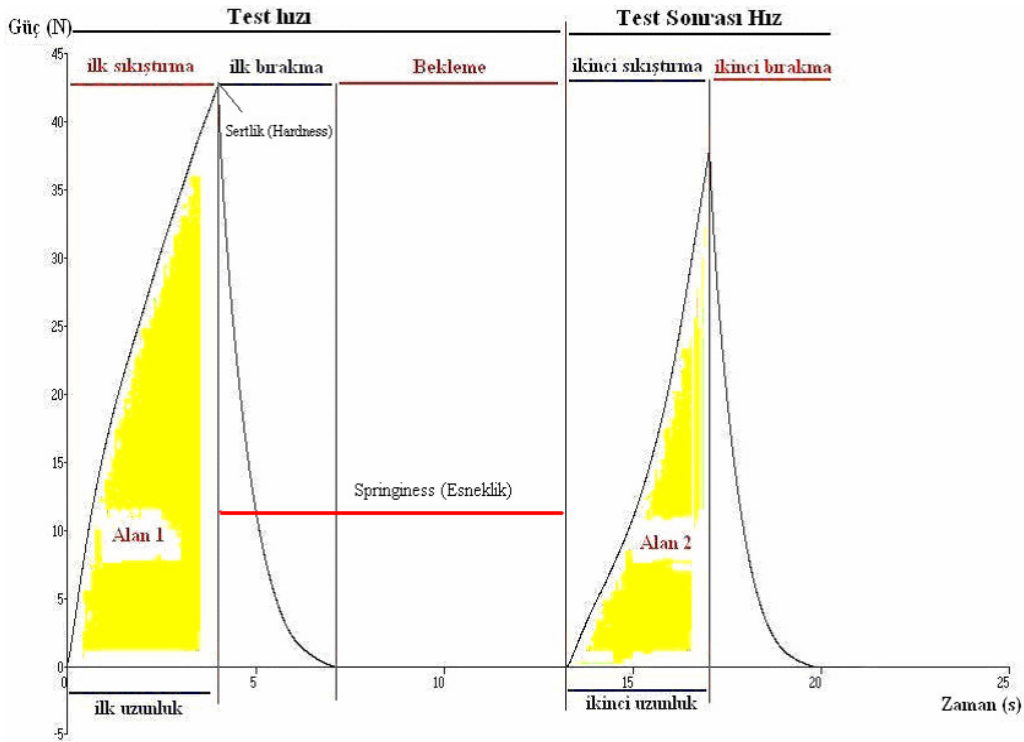
**Çizelge 3.3.** Mekaniksel doku parametrelerinin fiziksel ve duyuşsal tanımlamaları (Carr ve Tadini, 2003).

| Parametre                  | Fiziksel tanım                                                                                | Duyusal tanım                                                                                                    |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sertlik                    | Deformasyon için gerekli olan güç                                                             | Ön dişler arasındaki maddeyi sıkıştırmak için gerekli olan güç                                                   |
| Esneklik (Springiness)     | Deforme eden gücün ortadan kalkmasıyla birlikte materyalin deforme olmamış haline dönme oranı | Azı dişleriyle kısmi olarak sıkıştırılan maddenin orijinal yüksekliğine dönme oranı ve hızı                      |
| Yapışkanlık (Cohesiveness) | iç bağların dayanma gücü                                                                      | Madde ısırılırken, kopmadan önceki deformasyon miktar                                                            |
| Çiğneme (Chewiness)        | Katı yiyeceği parçalara bölüp yutma durumuna getirmek için lazım olan enerji                  | Maddenin yutmaya hazır hale gelinceye kadar gerekli olan çiğneme sayısı ve bir saniyedeki çiğneme sayısı ve gücü |

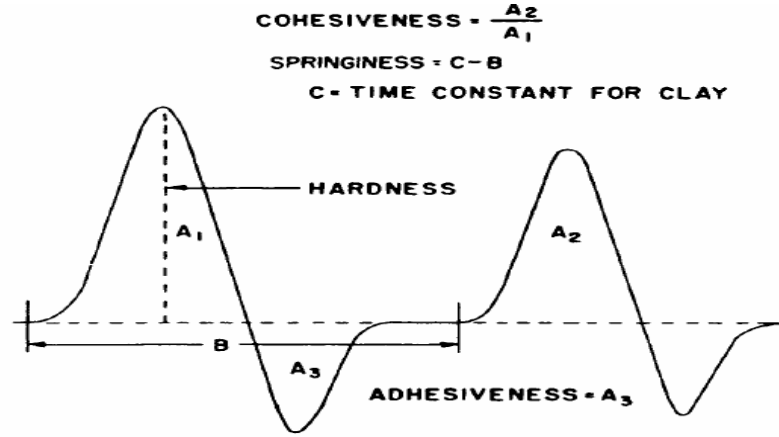
Ekmek örneklerinin tekstür analizi için ekmekler 4<sup>0</sup>C'lik buzdolabından oda sıcaklığına alındıktan 1 saat sonra yapılmıştır ve %40 kompresyonda 3 tekrar yapılmıştır. Probe olarak 35 mm düz alüminyum disk kullanılmış ve analiz 1.0 mm/s test hızında, 10 g tetikleme kuvvetinde (trigger force) ve 5 s sıklıkla gerçekleştirilmiştir. Tekstürometre, ölçüm esnasında ekmek dilimlerine iki kez sıkıştırma gerçekleştirerek üç tekstürel parametrenin (hardness, cohesiveness, resilience), eldesini sağlamıştır (Fizman ve ark., 2005).

Bu şartlar altında çizdirilen eğriden belirtilen parametreler şu şekilde hesaplanmıştır (Gerçekaslan, 2006).

- *Sertlik*: ilk sıkıştırma çevrimi esnasında pik gücü (birinci eğrinin yüksekliği),  $N$
- *Yapışkanlık*: her iki çevrim için de sıkıştırmanın olmadığı alanlar hariç, ikinci sıkıştırma anındaki pozitif güç alanının birinci sıkıştırmadaki alana oranıdır ( $Alan2/Alan1$ ).
- *Esneklik*: birinci sıkıştırmanın sonu ile ikinci sıkıştırmanın başı arasındaki yükseklik farkı olup ne kadarlık bir geri gelmenin olduğunu göstermektedir,  $mm$ .
- *Çiğnenme*: sertlik  $\times$  yapışkanlık  $\times$  esneklik' ten elde edilen iştir,  $J$ .
- *Sakızımsılık*: sertlik  $\times$  yapışkanlık işlemi sonucu elde edilmiştir.



Şekil 3.3. Örnek bir TPA eğrisi (Gerçekaslan, 2006).



**Şekil 3.4.** TPA bölgeleri (deMan, 1999).

### 3.2.6. Basit ışık mikroskobu

A.İ.B.Ü. Gıda Mühendisliği Bölümü'nde basit ışık mikroskobu ile ekmek dilimleri kesitleri 400x büyütülerek görüntüleri incelenmiştir.

### 3.3. İstatistiksel Analizler

İstatistiksel analizler SPSS (versiyon 20) programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Renk ve TPA sonuçları değerlendirmesi Anova, Tamhane T2 testi kullanılarak yapılmıştır.

## BÖLÜM IV

### 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

#### 4.1. Ekmek Örneklerinin Kimyasal Analizleri

Çizelge 4.1. Ekmek örneklerinin kimyasal analizleri

| Örnek | Kuru Madde % | Nem % | Kül % | Protein % | Yağ % | Karbonhidrat* |
|-------|--------------|-------|-------|-----------|-------|---------------|
| KO    | 59.70        | 40.30 | 1.33  | 8.36      | 0.59  | 49.42         |
| GG1   | 63.10        | 39.90 | 3.22  | 9.30      | 0.10  | 50.58         |
| GG2   | 66.40        | 33.60 | 3.05  | 9.23      | 0.01  | 54.11         |
| GG3   | 53.70        | 46.30 | 3.30  | 7.68      | 0.31  | 42.41         |
| KG1   | 60.90        | 39.10 | 2.54  | 8.18      | 0.21  | 49.97         |
| KG2   | 56.90        | 43.10 | 3.29  | 7.22      | 0.10  | 46.29         |
| KG3   | 57.70        | 42.30 | 3.07  | 7.25      | 0.01  | 47.37         |
| LBG1  | 58.40        | 41.60 | 3.08  | 8.31      | 0.08  | 46.93         |
| LBG2  | 62.00        | 38.00 | 3.02  | 8.43      | 0.10  | 50.45         |
| LBG3  | 60.40        | 39.60 | 2.96  | 7.67      | 0.01  | 49.76         |

\*Kuru maddeden protein, kül ve yağ çıkarılarak hesaplanmıştır.

Örneklerin kimyasal analiz sonuçları arasında beklenildiği gibi belirgin fark görülmemesine rağmen küçük de olsa karbonhidrat miktarlarının gam ilavesinin

artışına paralel olarak artması gamların karbonhidrat bazlı olmalarından kaynaklanmaktadır (Çizelge 4.1 ).

#### 4.2. Ekmek İçi Renk Değerleri

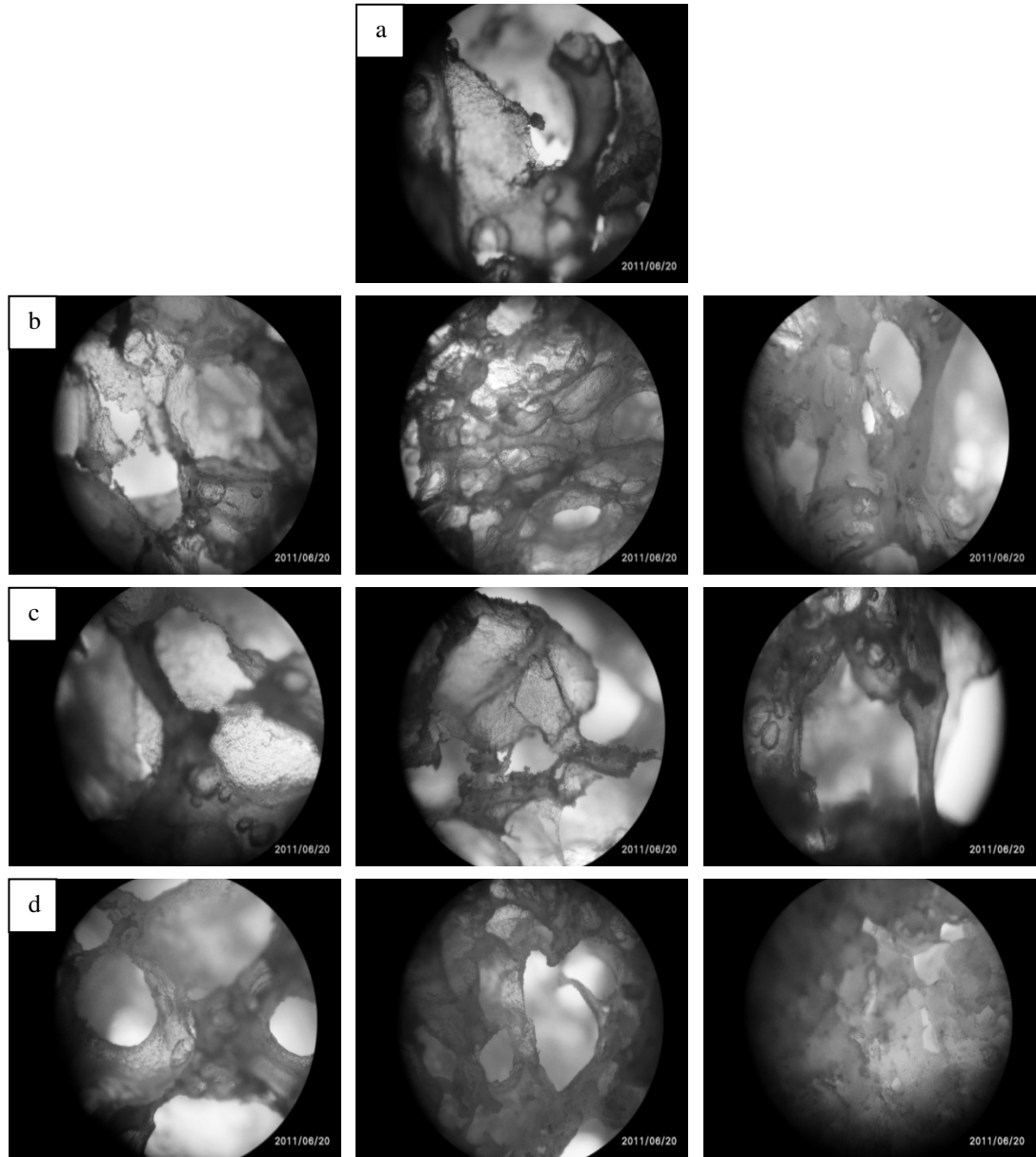
Ekmek içi renk değerlendirme parametreleri arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Gamlarla yapılan ekmeklerin iç renk “ $L$ ” değerleri 57.97 ile 77.48 arasında, “ $a$ ” değerleri 1.77 ile 2.17 ve “ $b$ ” değeri ise; 6.80 ile 15.13 arasında değişmiştir (Çizelge 4.2). Burada kontrol ekmeğinin  $a$  değerleri ortalaması 1.77 olarak bulunurken bu değer diğer tüm gam katılan örneklerle kıyaslanınca kayda değer oranda düşüktür. Isıl işlemlerin ekmeğin yüzeyle direk teması sonucu ekmek renginde meydana gelen en önemli reaksiyonlar mailard ve karamelizasyondur. Bu reaksiyonlar ekmekte kırmızı, esmer ve parlak bir renk oluştururlar (Pyler, 1998). Araştırmada ekmek dilimlerinin rengine bakılmıştır ve bu değerler Çizelge 4.2’de verilmiştir.  $L^*$  ve  $a^*$  için en düşük değerler kontrol örneklerinden elde edilmiş ve sırasıyla; 57.97, 1.77 olarak bulunmuştur. Ancak  $b^*$  değerleri en düşük GG ve LBG’dan elde edilirken bunu kontrol ve KG takip etmiştir.

**Çizelge 4.2.** Ekmeklerin iç gözenek ölçüm değerleri

| <b>RENK<br/>DEĞERLERİ</b> |           |           |           |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>ÖRNEKLER</b>           | <b>L*</b> | <b>a*</b> | <b>b*</b> |
| KO                        | 57.97     | 1.77      | 9.36      |
| GG1                       | 65.65     | 2.17      | 9.33      |
| GG2                       | 71.66     | 2.48      | 6.80      |
| GG3                       | 68.04     | 2.29      | 10.41     |
| LBG1                      | 65.31     | 2.20      | 8.20      |
| LBG 2                     | 68.66     | 2.23      | 7.74      |
| LBG3                      | 66.34     | 2.41      | 7.03      |
| KG1                       | 77.48     | 2.62      | 9.86      |
| KG2                       | 69.56     | 2.39      | 11.27     |
| KG3                       | 73.82     | 2.85      | 15.13     |

L\*: Parlaklık, a\*: yeşillik-sarılık, b\*: kırmızılık

#### 4.3. Basit Işıık Mikroskobu Görüntü Sonuçları



**Şekil 4.1.** Ekmek örneklerinin ışık mikroskobu (x400 büyütme) görüntüleri a) kontrol b) GG, c) LBG, d) KG gam konsantrasyonları soldan sağa %1, % 2.5, %5.

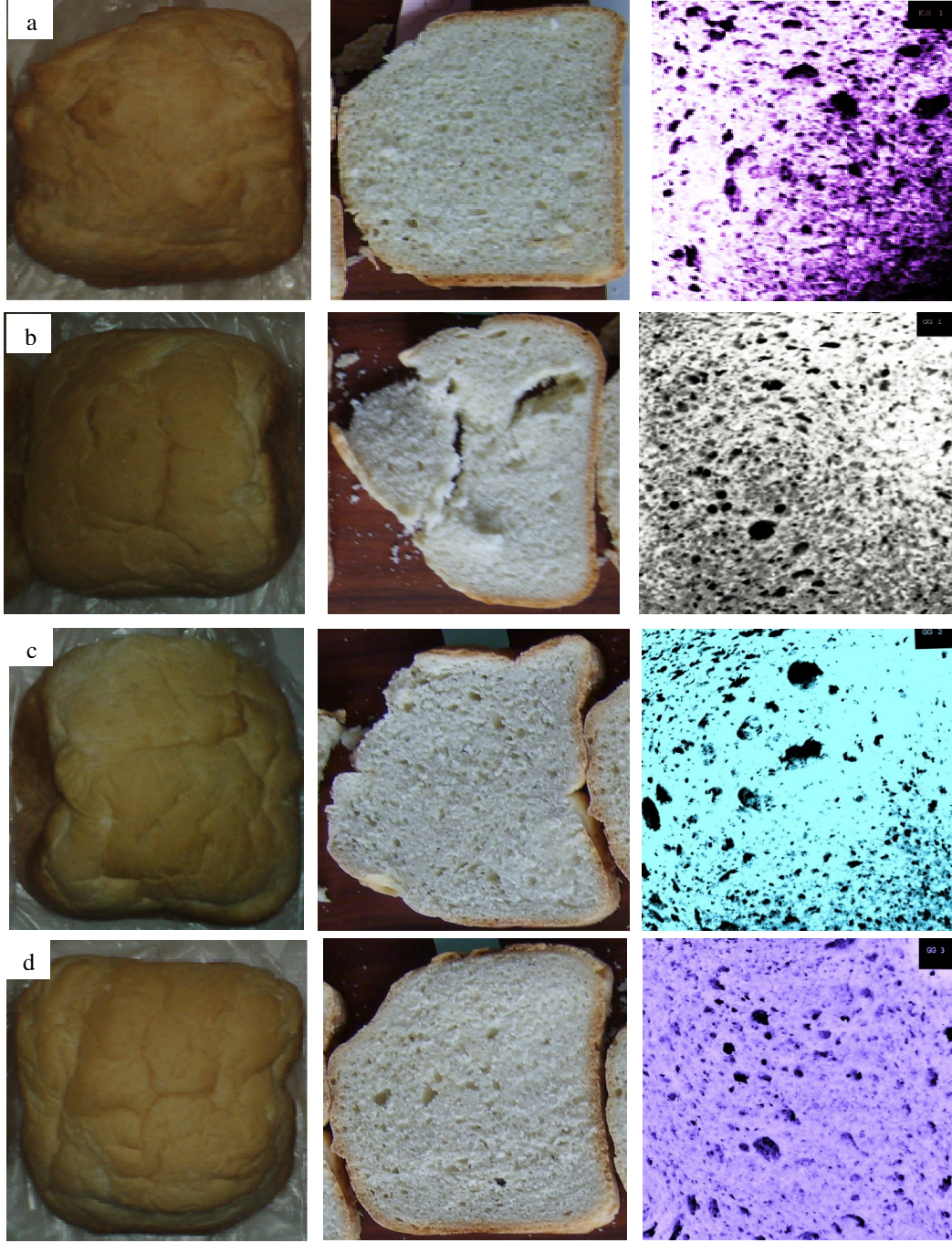
Basit Işıık Mikroskobu Görüntüleri incelendiği zaman; kontrol örneğinde kayda değeri bir gözenek yapısı görölmezken, %5'lik ksantan gam örneği hariç diğeri örneklerde gözenek sayısında belirgin oranda iyileşme görölmüşür. Bunlardan %2.5'lu guar gam örneğinin daha küçük ve homojen gözenek yapısına ve %5'lik KG örneğinin ise hiç gözenek oluşturmaması dikkat çekicidir (Şekil 4.1).

Ekmek dilimlerinin Adobe Photoshop 7.0 programıyla incelenen kesit görüntüleri Şekil 4.3, 4.4 ve 4.5’de verilmiştir. Kontrol örneklerinin gözenekli yapısının daha kaba, hava boşluğu hücre çeperlerinin daha sağlam, elastik ve belirgin, ayrıca renginin daha koyu olduğu görülmektedir. Şekil 4.2 de verilen ekmeklerin hacimleri de bu tespiti desteklemektedir. Ekmek hacimleri sıralamasında en düşük hacim kontrol ekmek örneği ile KG katılan ekmeklerde görülürken, hacim artışı KG artışına bağlı olarak azalmaya devam etmiştir. GG ve LBG katılan ekmeklerde en yüksek değer %5’lik GG örneğinde görülürken, hacim artışı gam artışlarına bağlı olarak artmaktadır. (Şekil 4.2). Hidrokolloidlerin hava baloncuklarının etrafında adsorbe olan molekül katmanları oluşturarak, hava alanlarını çevreleyen duvarların kalınlaşmasına yol açtıkları bildirilmiştir (Özkoç ve ark., 2009). GG ve LBG’lı ekmeklerin gözenek yapılarının daha tek düze ve hücre duvarlarının daha yumuşak olduğu görülmüştür. Ksantan gam katılan ekmeklerde gam konsantrasyonu arttıkça ekmeğin somun ve gözenek yapısında bozulmaların artması dikkat çekicidir.

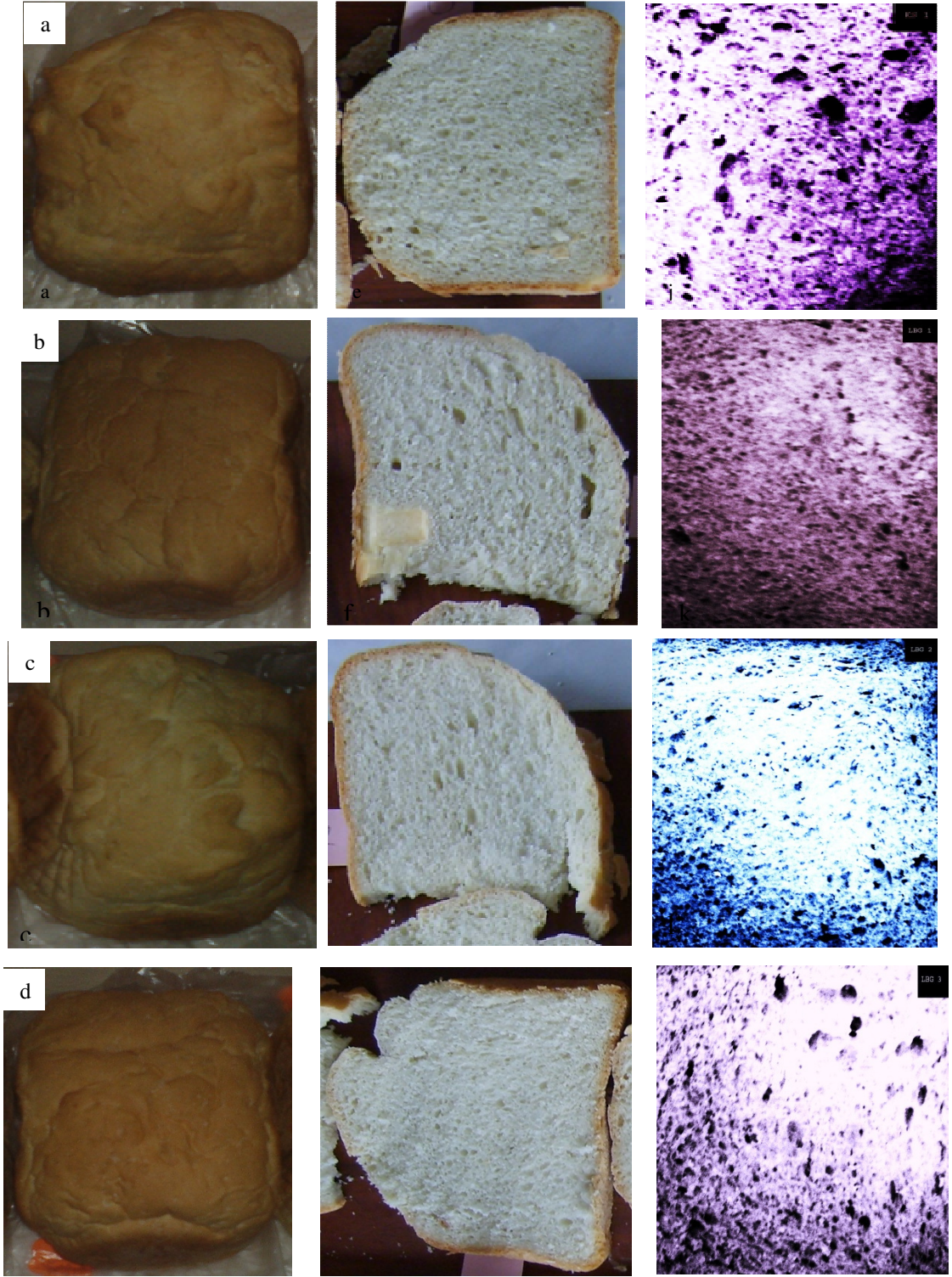


**Şekil 4.2.** Farklı gam katılan somun ekmek örnekleri.  
K0:kontrol, 1(%1), 2(%2,5), 3(%5)



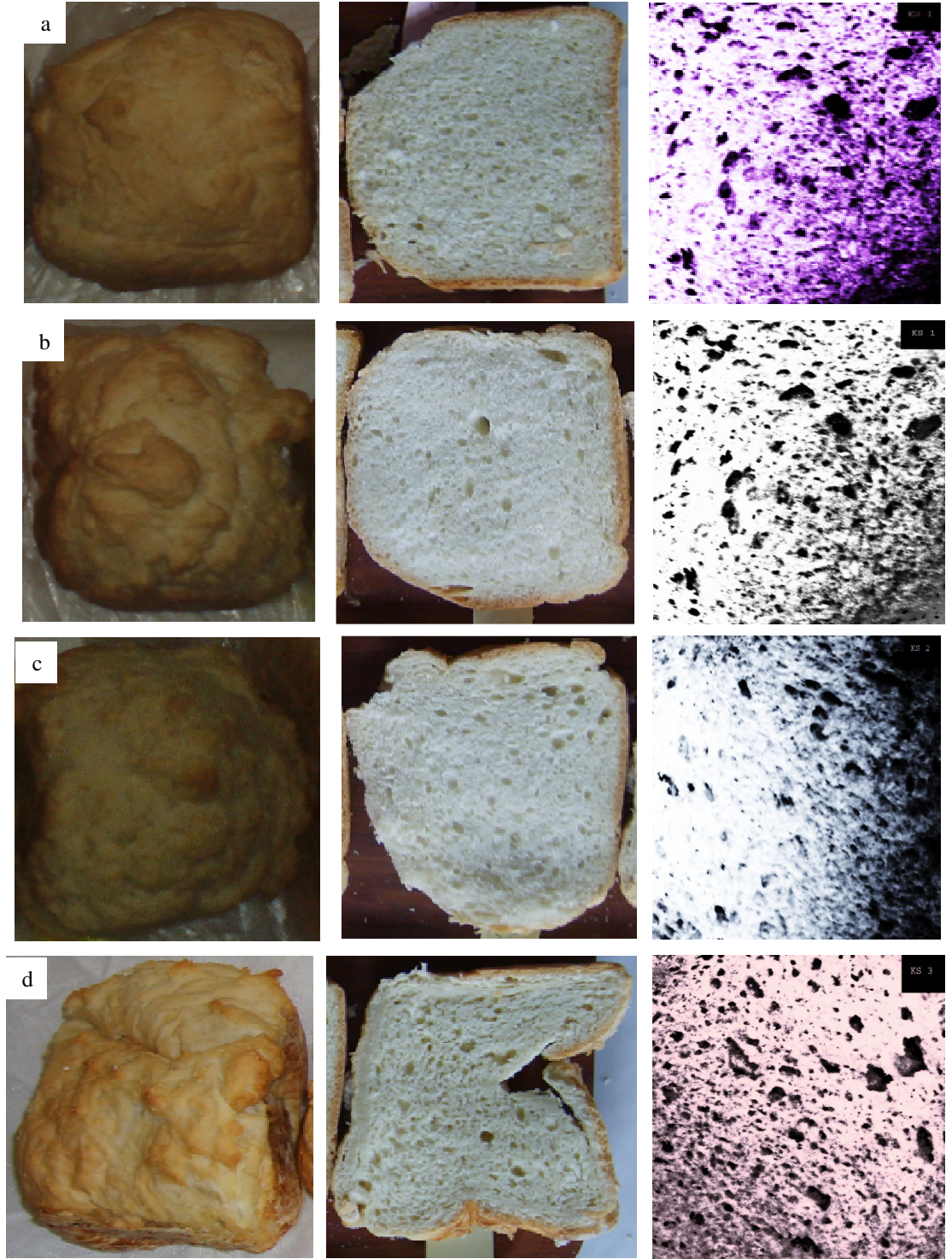


**Şekil 4.3.** Farklı GG katılan ekmek örneklerinin somun ve kesit görüntüleri  
a) Kontrol, b) %1, c) %2.5, d) %5'lik GG örnekleri.  
Soldan sağa: Somun, dilim ve dilimlerin photoshop'la kontrast ayarı görüntüleri.



**Şekil 4.4.** Farklı LBG katılan ekmek örneklerinin somun ve kesit görüntüleri  
a) Kontrol, b) %1, c) %2.5, d) %5'lik LBG örnekleri.  
Soldan sağa: Somun, Dilim ve Dilimlerin Photoshop'la kontrast ayarı görüntüleri.





**Şekil 4.5.** Farklı ksantan gam katılan ekmek örneklerinin somun ve kesit görüntüleri.  
a) Kontrol, b) %1, c) %2.5, d) %5'lik KG örnekleri.  
Soldan sağa: Somun, Dilim ve Dilimlerin Photoshop'la kontrast ayarı görüntüleri.

### 4.3. Ekmek Örneklerinin Elektron Mikroskop Görüntüleri

Üç farklı gam örneği kullanılarak hazırlanmış ekmek örneklerinin taramalı elektron mikroskopta çekilen görüntüleri Şekil 4.6 ile 4.13 arasında verilmiştir. SEM görüntüleri incelendiğinde üç farklı gamın (KG, GG, LBG) farklı miktarlarda katılması sonucu; ekmeğin tekstürel yapısında kayda değer değişimlere neden olduğu görülmüştür. Gamlar direnç ve yapının bütünlüğünü sağlamada; yapının dağılma ve parçalanmasını önlemek için adhezyon, kümeleşmeyi önlemek için de kohezyon etkisi sağlarlar. Dolayısıyla ürünlerin mekanik etki karşısında görecekları zararları azaltarak, fırıncılık ürünü üreticilerine ekonomik faydalar sağlarlar (Kulp ve Loewe, 1990; Kampf ve Nussinovitch, 2000; Fiszman ve Salvador, 2003; Kılınççeker ve Küçüköner, 2005). Ekmek hamurunda nişasta yaklaşık olarak 65°C’de jelatinize olur. Ama unutulmaması gereken nokta, hamurdaki su miktarına bağlı olarak jelatinizasyonun geniş bir sıcaklık aralığında meydana geliyor olmasıdır. Hamurun ekmeğe dönüşümü esnasında görünen en önemli değişim 65°C’de meydana gelir. Ancak hamurun fiziksel özellikleri ısının artmasına bağlı olarak değişmeye devam eder ve ekmek daha kuvvetli ve daha elastik bir yapı kazanır. Ekmek 95°C’ye ulaştığı zaman hemen hemen bütün uzama kabiliyetini kaybeder. Reolojik ölçümlerle birlikte mikroskopik inceleme sonuçları hamurun farklı sıcaklıklara tabi tutulması durumunda jelatinize olmuş nişasta ile gluten arasında bir etkileşimin olduğunu bildirilmiştir. Bu etkileşimler, hamura daha elastik fakat daha az uzayabilen bir yapı kazandırır. Araştırmalar ekmek hacminin ve hamurun yoğurma koşullarını önemli oranda glutenin belirlediğini göstermektedir (Hoseney, 1994).

Şekil 4.12 gaz hücre duvarlarının görüntülerini sunmaktadır. Gam olmaksızın elde edilen taze ekmeğin gaz hücre duvarının (Şekil 4.21a) kompleks bir yapısı

vardır. Boşluklar barındıran ekmeğin diğer bölümleriyle birleşen şişmiş ve deforme olmuş nişasta granülleri gözlenebilir. Rojas ve ark. (2000) ve Bárcenas ve Rosell de (2005) ve Majzoobi ve ark. (2009).

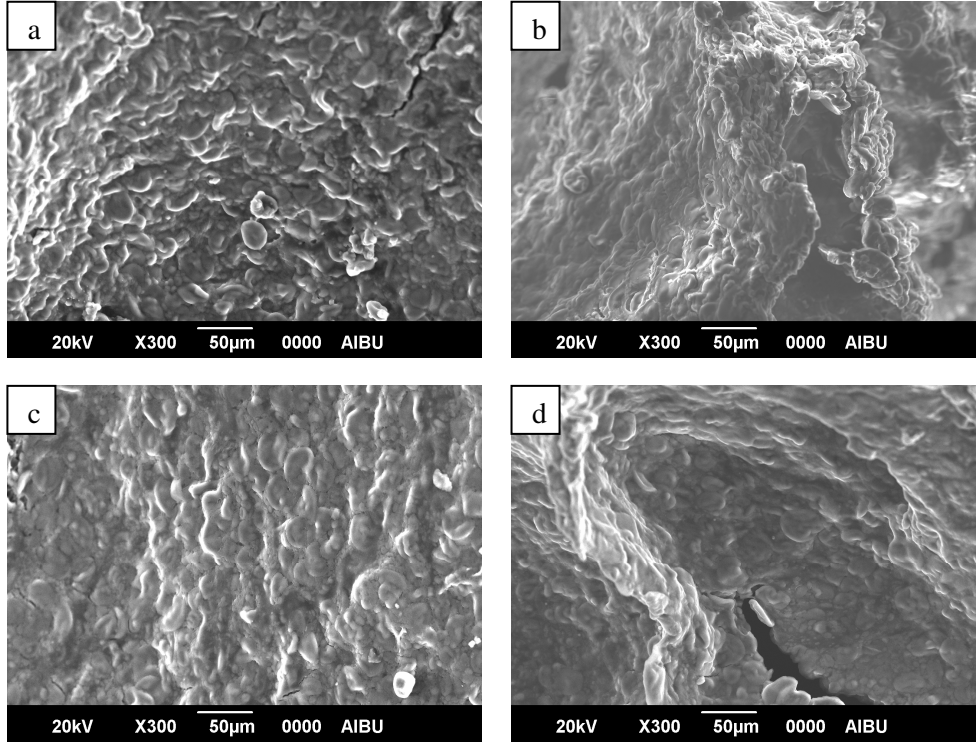
Örneklere gam eklenmesi, ekmeğin gaz hücre duvarlarına büyük etki yapar (Şekil 4.12c). %5 LBG ve GG uygulandıktan sonraki ekmeğin gaz hücre duvarlarında daha yoğun bir görüntü olduğu gözlenmiştir. Ekmek bileşenlerinin hidrokolloidlerce sarılmış olduğu görülmektedir. Bu nedenle altta kalan bileşenler gözle net şekilde görülebilir durumda değildir. Majzoobi ve ark. (2009) çalışmalarında belirtildiği gibi, %5'lik gam uygulanan ve hiç gam uygulanmayan ekmeklerden elde edilen mikrografilerin karşılaştırılırlarsa (Şekil 4.12,b,c,d) hidrokolloidlerin diğer hamur bileşenleri ile yakın etkileşime geçebildikleri gözlemlenebilir.

Ekmek örneklerindeki nişasta granüllerinin deforme olmalarına rağmen, granüllerin tamamıyla özelliklerini kaybetmedikleri ve tam anlamıyla da yok olmadıkları düşünülmektedir (Özkoç ve ark., 2009). Düzgün ve pürüzsüz görünen yapılarda proteinin ince bir film halinde nişasta partiküllerini sarmış olabileceği düşünülmektedir. Nişasta partiküllerini ince bir film halinde kaplayan proteinlerin sıyrılması durumunda çürüme olarak adlandırılan yapılar oluşmakta ve yapının pürüzsüz ve düzgün görünümü kaybolmaktadır (Talay, 1997).

Hidrokolloidlerin, nişasta granüllerinin yüzeyini perde gibi bir yapı ile kapladığı farklı çalışmalarla da belirtilmiştir (Barcenas ve Rosell, 2005; Brennan ve ark., 1996; Özkoç ve ark., 2009). Bu durumda granüllerin ileri düzeyde deforme olmalarının önleendiği düşünülebilir. Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de bu olguyu; kontrol örneği (a) ile kıyaslandığı zaman, %1'lik gam katılmış örneklerde (b, c, d) görmek mümkündür. Kontrol grubunda jelatinize olan nişasta granülleri pişen

ekmeklerin yüzeyine dağılmış olup sürekli devam eden (yeknesak) bir katman görüntüsü sergilemektedirler. Gam katılan ekmeklerde ise granüler kalıntılar ve deforme olmuş nişasta yapısını bir arada görülebilmek mümkündür (Turabi ve ark., 2010). Bu durumda muhtemelen nişasta jelatinizasyonu daha az olmaktadır ve bu durumu da; gamların granüllerin üzerini bir perde gibi örtmesi sonucu ortaya çıkan bir olgu olarak açıklamak uygun olur.

Hidrokolloidlerin etkisini inceleyen bir araştırmada, gam eklenmesi sonucu daha fazla gözenek içeren kekler elde edilmiştir. Bu bulguyu glutensiz keklerde doğal olarak meydana gelen yapısal problemlerin gam karışımları kullanılarak giderilebileceği önerilmektedir. Fırınlama metodu, keklerdeki gözenek oluşumunu ve yeknesak gözenekliliği önemli oranda etkilemektedir. Bunun sebebi; fırınlama mekanizmalarından doğan önemli farklılıklardan kaynaklandığından micro-yapılardaki farklılıklardır. Konvensiyonel fırınlarda fırınlanmış ürünle IR-MR mikrodalga kombinasyonlu fırınlarda üretilen ürünler kıyaslandığında, konvensiyonel fırın ürünlerinin daha fazla nişasta deformasyonuna neden olmuştur. Bu çalışma ayrıca SEM’de elde edilen grafiklerin nicel olarak da analiz edilebileceklerini göstermiştir (Turabi ve ark., 2010).

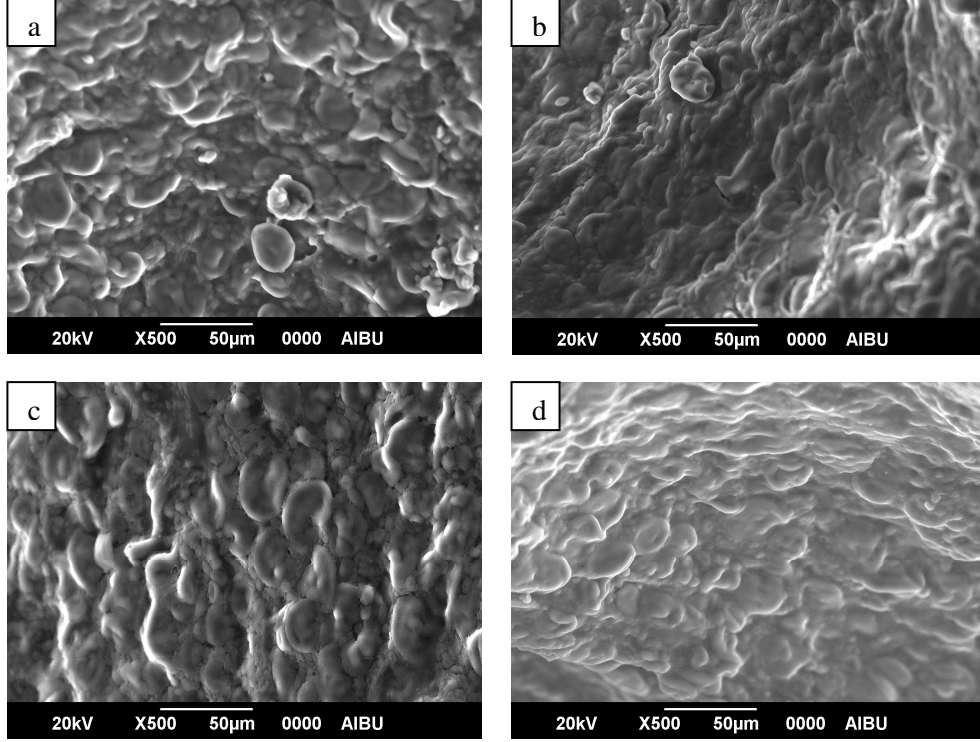


**Şekil 4.6.** a) Kontrol ve %1'lik b) GG1 c) LBG1 d) KG1 katılan ekmek örneklerinin 300x büyütme oranında SEM görüntüleri

Şekil 4.6, 4.7 ve 4.8 %1'lik konsantrasyonda gam içeren ekmek örneklerinin sırasıyla 300x, 500x ve 1000x'lik büyütme oranlarında mikro yapılarını göstermektedir. Mikrogamlar incelendiğinde ekmeklerin nişasta granüllerinin deforme oldukları ancak tamamıyla kendilerine öz kimliklerini kaybetmedikleri gibi, mutlak deformasyona uğramayarak bulundukları ortamdan da kaybolmamışlardır.

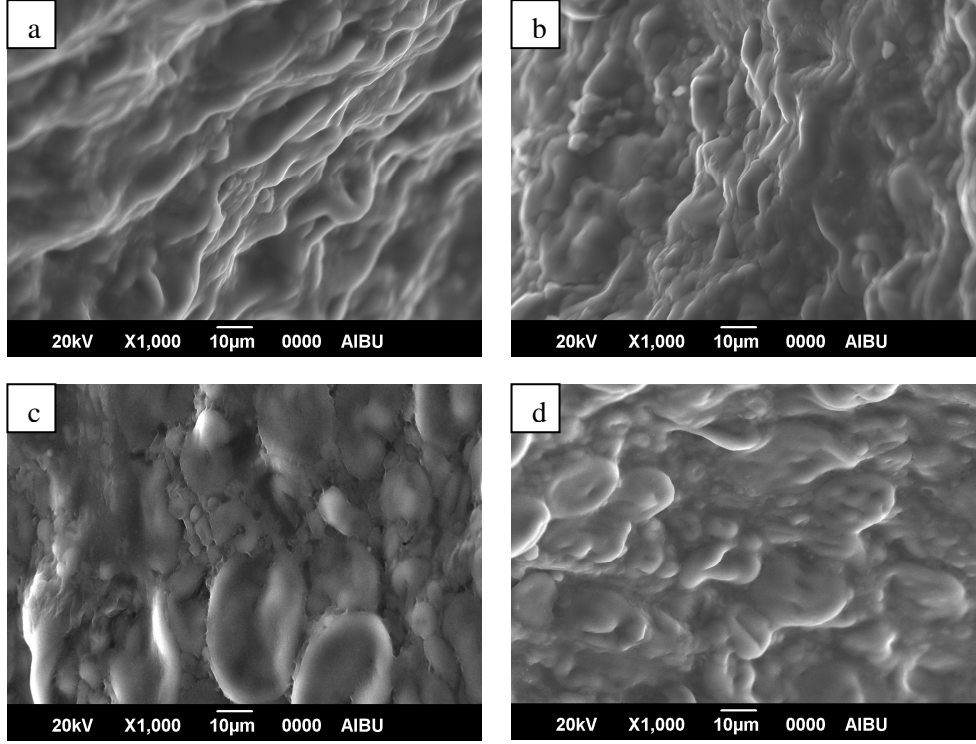
Ekmek üretiminde hidrokolloid gibi katkı maddelerinin kullanımı yaygın olmasına rağmen, bunların fiziksel yapıya olan etkilerini mikro düzeyde inceleyen araştırma sayısı azdır (Chaisawang ve Suphantharika, 2006). Bazı araştırmalar gamların nişasta granüllerinin yüzeyini kaplayarak, peçe gibi bir yapı oluşturduklarını bildirilmiştir (Brennan ve ark., 1996; Özkoç ve ark., 2009). Ancak bu

yapının gerek fiziksel özelliklere gerekse mikro bileşenler olan katkıları hakkında kayda değer bir bilgi bulunmamaktadır.



**Şekil 4.7.** a) Kontrol ve %1'lik b) GG1 c) LBG1 d) KG1 katılan ekmek örneklerinin 500x büyütme oranında SEM görüntüleri

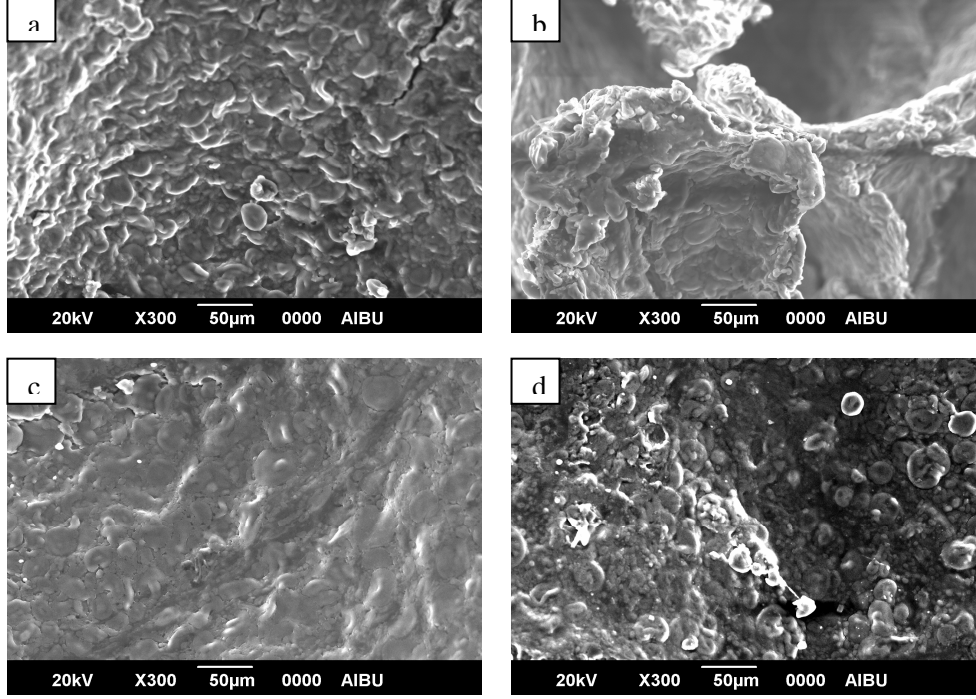




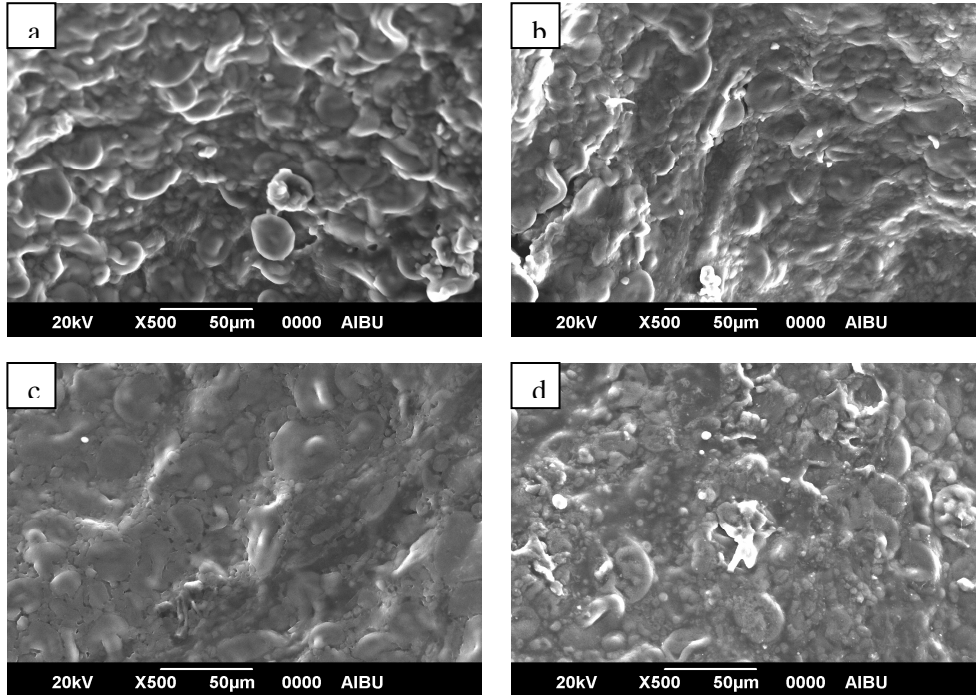
**Şekil 4.8.** a) Kontrol ve %1'lik b) GG1 c) LBG1 d) KG1 katılan ekmek örneklerinin 1000x büyütme oranında SEM görüntüleri

Yine mikrogramlardan formülasyonlarında gam içeren ekmek örneklerindeki nişasta granüllerinin kontrole göre daha çok deformasyona uğradığı görülebilir. Gamların nişasta granüllerinin yüzeyini kaplayarak perdeye benzer bir yapı oluşturduklarına diğer çalışmalarda da rastlanmıştır (Barcenass ve Rosell, 2005). Bu araştırmada kullanılan gamlardan LBG ile yapılan örnekte nişasta moleküllerinin daha çok bozulduğu görülmektedir. Öte yandan nişasta moleküllerinin granül sınırları guar gam ve ksantan gam eklenen ekmeklerde kolayca gözlemlenebilmiştir (Şekil 4.8 b ve c ). Ekmek yapımı sonucu meydana gelen hem deforme olmuş nişasta yapısı, hem de granül kalıntıları yetersiz bir jelatinleşmenin sonucudur. Rosell ve ark. (2001)'nın yaptıkları bir araştırmada LBG, KG ve alginatın nişasta retrogradasyonunu teşvik edici etkisinin bulunduğu, bunun da muhtemelen nişasta

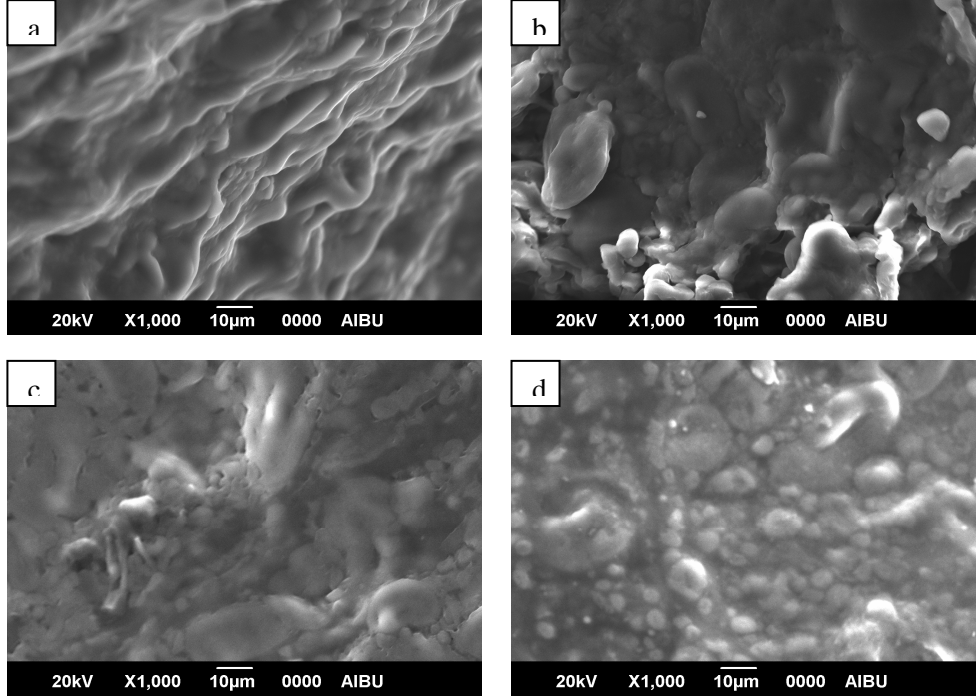
veya glütenin hidrokolloidlerle etkileşime girmiş olmalarında (interactions) ileri gelebileceği belirtilmiştir.



**Şekil 4.9.** a) Kontrol ve %2.5'luk b) GG2 c) LBG2 d) KG2 katılan ekme örneklerinin 300x büyütme oranında SEM görüntüleri

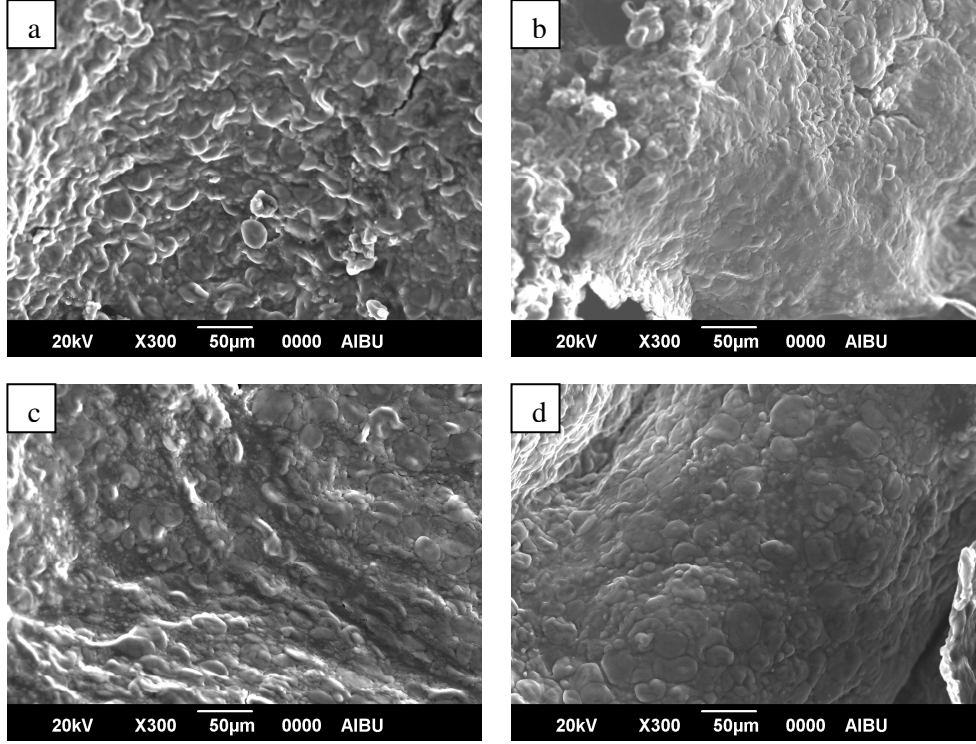


**Şekil 4.10.** a) Kontrol ve %2.5'luk b) GG2 c) LBG2 d) KG2 katılan ekme örneklerinin 500x büyütme oranında SEM görüntüleri



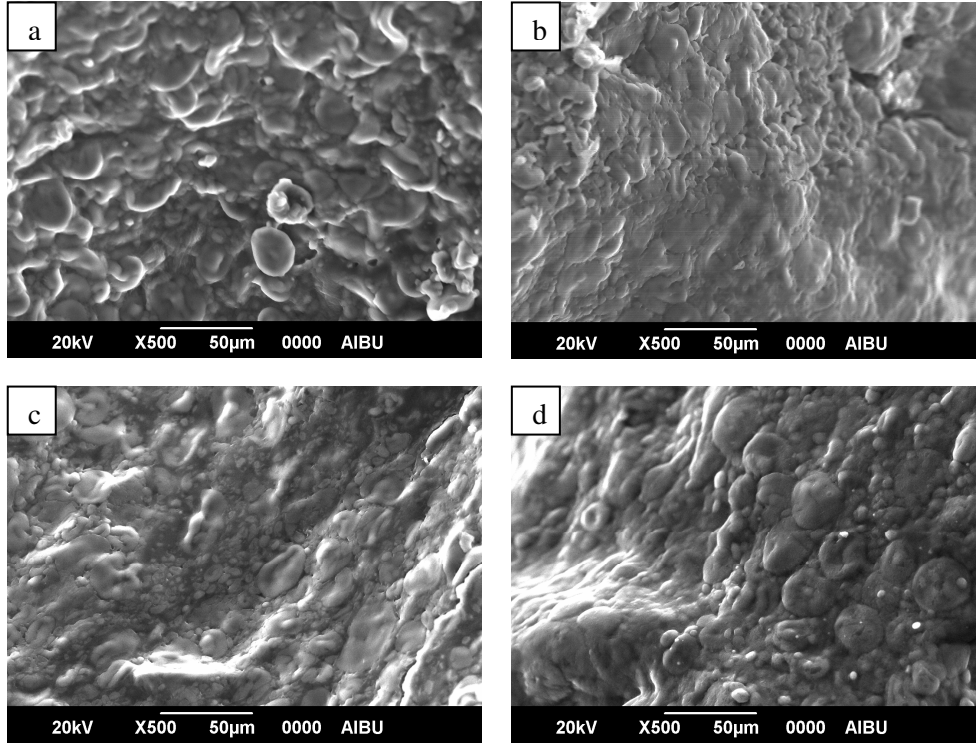
**Şekil 4.11.** a) Kontrol ve %2.5'luk b) GG2 c) LBG2 d) KG2 katılan ekmek örneklerinin 1000x büyütme oranında SEM görüntüleri

Ekmekte ve diğer fırıncılık ürünlerinde kullanımı giderek yaygınlaşan katkı maddeleri, kaliteyi iyileştirmek ve sürekli kılmak, prosesi kolaylaştırmak, hammaddede karşılaşılan farklılıkları karşılamak ayrıca arzulanan özelliklerde ve tazelikte bir gıda üretimi sağlamak amacı ile kullanılmaktadırlar.



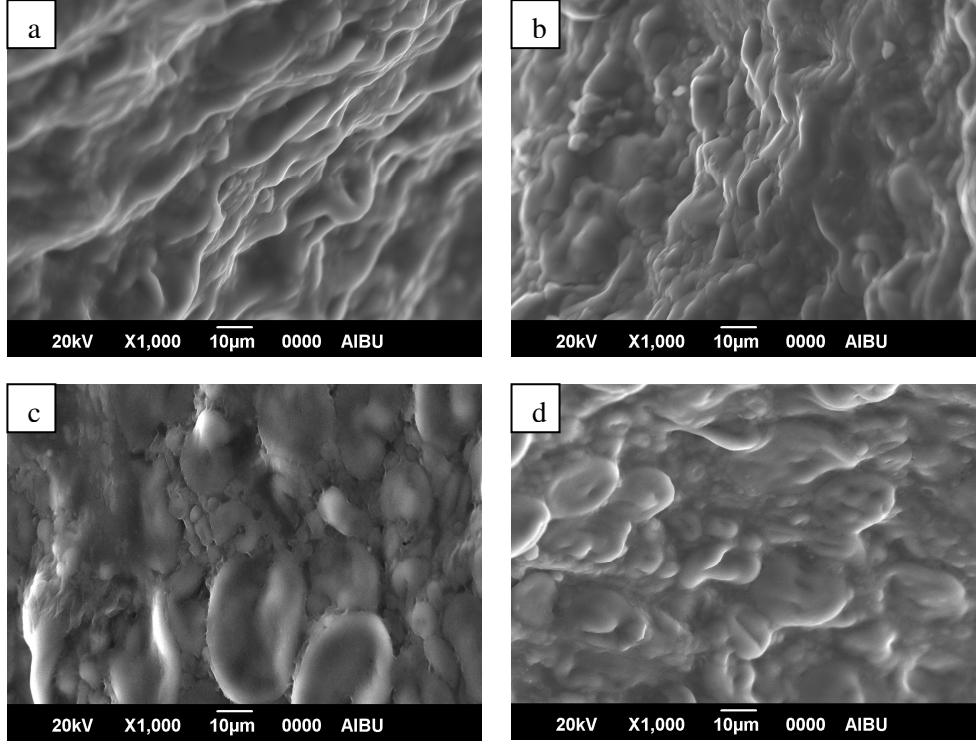
**Şekil 4.12.** a) Kontrol ve %5'lik b) GG3 c) LBG3 d) KG3 katılan ekmek örneklerinin 300x büyütme oranında SEM görüntüleri

Ekmekte gamların kullanılmadığı durumlarda (şekil 4.12a) nişasta granülleriyle gluten networku arasında büyük boşluklar olduğu gözlenmiştir. Araştırmalar bunun hidrokolloidlerin hamur içerisine karışımları esnasında, oluşan hava kabarcıklarının miktarı ve büyüklüğünü etkilediğini göstermiştir (Ribotto ve ark., 2004).



**Şekil 4.13.** a) Kontrol ve %5'lik b) GG3 c) LBG3 d) KG3 katılan ekmek örneklerinin 500x büyütme oranında SEM görüntüleri

%5'lik gibi yüksek konsantrasyonlarda gam uygulaması sonucu tüm nişasta granüllerinin kimliklerini büyük oranda kaybettikleri gözlemlenmiştir (Şekil 4.13). Nişasta jelatinasyonunun hidrokolloid içeren ekmeklerde gözlemlenebileceği belirten araştırmalar mevcuttur (Turabi ve ark., 2010). Bu etkinin yüksek konsantrasyonlarda gam içeren ekmeklerde de devam ediyor olması araştırmayı ilginç kılmaktadır. Lokust bean gam belli koşullarda kuvvetli olmayan jel oluşturma özelliğine sahip olduğu belirtilmiştir (Kök, 1999). LBG'nin bu özelliğinin ayrıca oluşan deforme olmuş yapıları perdelemiş olabileceğini de hesaba katmak gerekir (Şekil 4.13c). Yukarıda bahsedilen bulguları özellikle Şekil 4.14. b,c ve d'de teyit etmektedir.



**Şekil 4.14.** a) Kontrol ve %1'lik b) GG1 c) LBG1 d) KG1 katılan ekmek örneklerinin 1000x büyütme oranında SEM görüntüleri

#### 4.4. Tekstür Profil Analiz Sonuçları

Tekstür Profil Analizi sonuçları Çizelge 4.3'de verilmektedir. İstatistikî açıdan Tekstür Profil Analizi parametreleri arasında fark önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ) (Ek.6).

**Çizelge 4.3.** Tekstür profil analiz (TPA) sonuçları

| Örnek | Hard<br>(N) | Coh  | Gum<br>(N) | Chew<br>(N.mm) | Res  | Spr<br>(mm) | t1   | t2   | t3    | t5    |
|-------|-------------|------|------------|----------------|------|-------------|------|------|-------|-------|
| KO    | 59.20       | 0.47 | 29.07      | 22.91          | 0.35 | 0.77        | 0.66 | 7.20 | 21.27 | 26.31 |
| GG1   | 22.23       | 0.42 | 9.46       | 7.95           | 0.43 | 0.77        | 0.18 | 6.14 | 18.76 | 23.35 |
| GG2   | 32.18       | 0.36 | 12.37      | 11.65          | 0.27 | 0.92        | 0.28 | 6.25 | 18.28 | 23.73 |
| GG3   | 76.82       | 0.51 | 38.78      | 27.76          | 0.33 | 0.72        | 0.69 | 4.79 | 16.44 | 19.37 |
| LBG1  | 14.46       | 0.13 | 7.88       | 7.24           | 0.12 | 0.07        | 0.07 | 0.36 | 1.04  | 1.08  |
| LBG2  | 25.21       | 0.04 | 12.87      | 10.92          | 0.09 | 0.02        | 0.13 | 0.75 | 1.54  | 2.27  |
| LBG3  | 31.01       | 0.08 | 18.43      | 18.19          | 0.03 | 0.14        | 0.14 | 0.04 | 0.59  | 0.14  |
| KG1   | 46.91       | 0.46 | 25.60      | 21.46          | 0.36 | 0.69        | 0.77 | 4.96 | 15.02 | 18.63 |
| KG2   | 25.55       | 0.63 | 15.56      | 13.90          | 0.53 | 0.89        | 0.19 | 5.46 | 16.69 | 21.38 |
| KG3   | 24.57       | 0.59 | 14.40      | 9.81           | 0.45 | 0.67        | 0.39 | 5.04 | 16.99 | 20.10 |

\* Hard: hardness, Spr: springiness, Coh: cohesiveness, Gum: gumminess, Chew: chewiness  
Res: resilience.

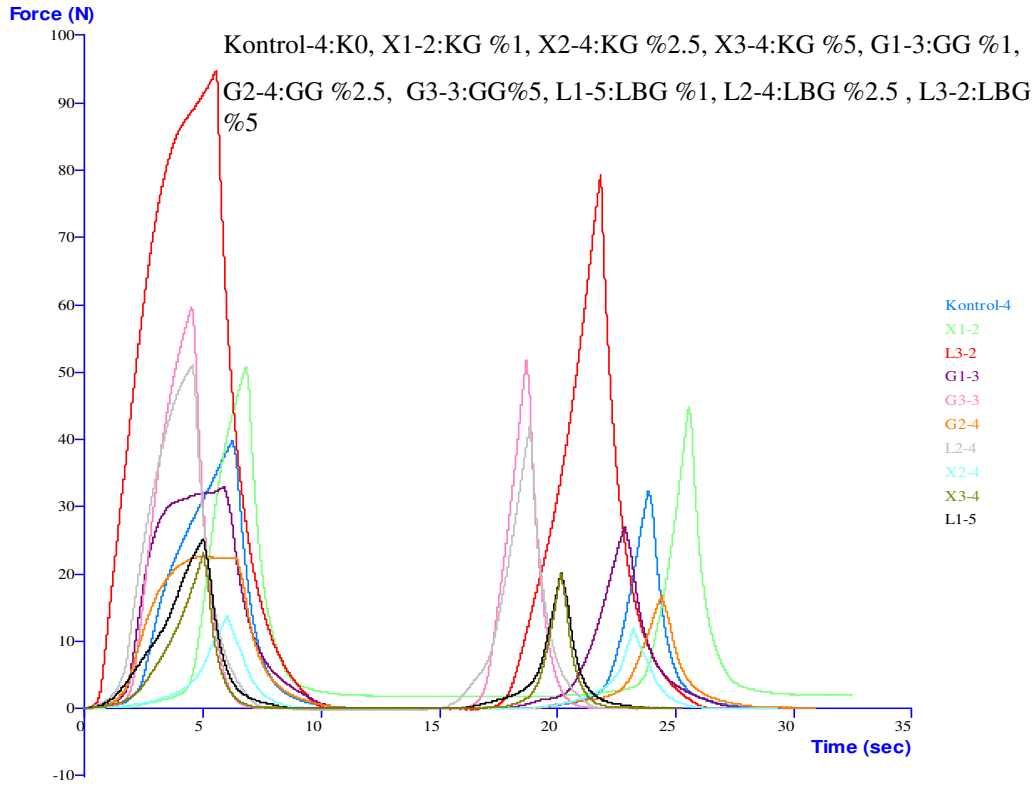
TPA analiz sonuçları; Cohesiveness, Gumminess, Chewiness, Resilience, Hardness, Springiness olarak 6 kategoride incelenmiştir. Hardness (sertlik), Cohesiveness (yapışkanlık) ve Resilience (dirençlilik) verileri grafikten direkt olarak bulunmuştur. Springiness (esneklik), Gumminess (sakızımsılık), Chewiness (çiğnenebilirlik) verileri ise grafik üzerinde bulunan belirli noktalara karşılık gelen değerler kullanarak hesaplanmıştır.

- *Springiness (Esneklik)* için;  $(t5-t4) / (t2-t1)$ ,
- *Gumminess (Yapışkanlık)* için; Hardness( sertlik) x Cohesiveness( bağlılık)
- *Chewiness (Çiğnenebilirlik)* için; Gumminess(yapışkanlık)xSpringiness (esneklik) formülü kullanılmıştır.

Ekmek örneklerinin TPA analiz sonuçları toplu olarak Şekil 4.15’de ve ayrı ayrı her bir gam için Şekil 4.16, Şekil 4.17, Şekil 4.18’de verilmektedir. Toplu olarak ekmek örnekleri incelendiğinde kontrolle kıyaslandığında en yüksek tekstür (hardness, chewenss, gumminess) değerlerini %5’lik GG ve en düşük tekstür

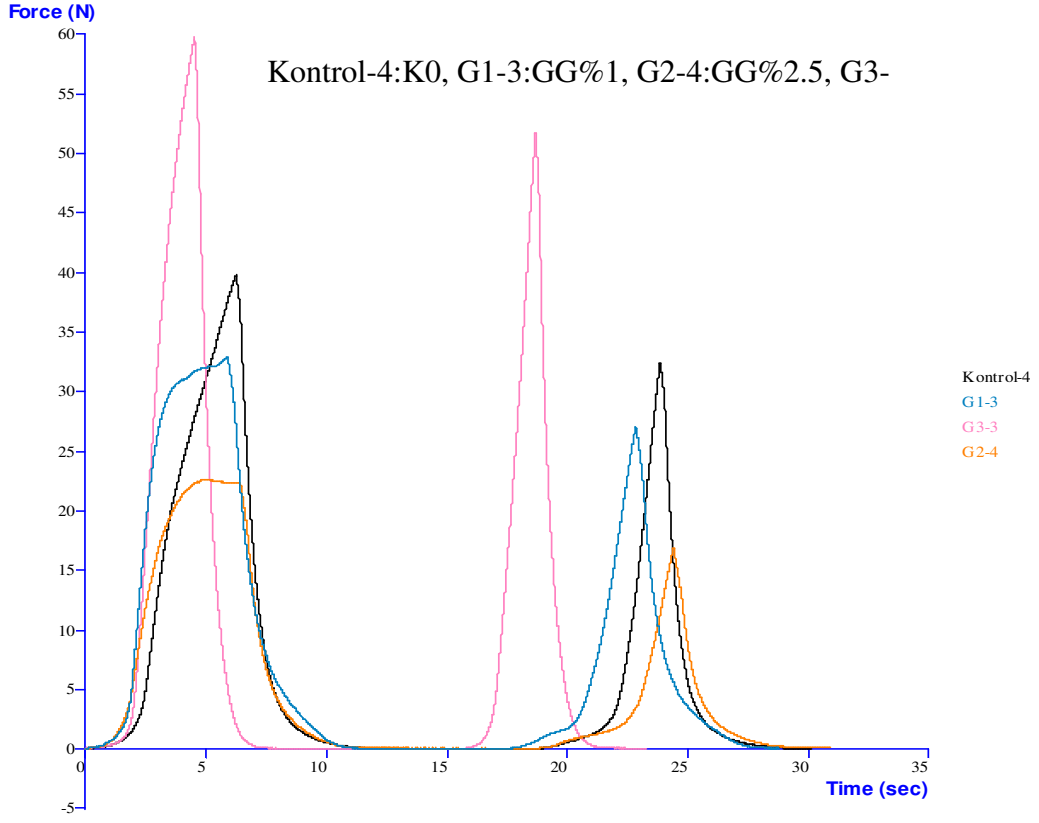
değerlerini ise %1'lik LBG verirken KG arada değerler vermiştir. Bunu GG ve KG'ın soğuk suda çözünme kabiliyeti bağlayabilirken, LBG'in tamamen hidrasyonu için ısıya ihtiyaç göstermesine bağlanabilir (Kök ve ark. 1999a, 1999b). Zira gamların etki gösterebilmeleri için tamamen hidrasyona uğramaları gerekmektedir.

TPA sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde en fazla farklılık hardness değerlerinde görülmüştür. Bunu gumminess ve chewiness değerleri izlemiş, ancak springiness, cohesiveness ve resilience değerlerindeki farklılıklar birbirlerine daha yakın bulunmuştur.

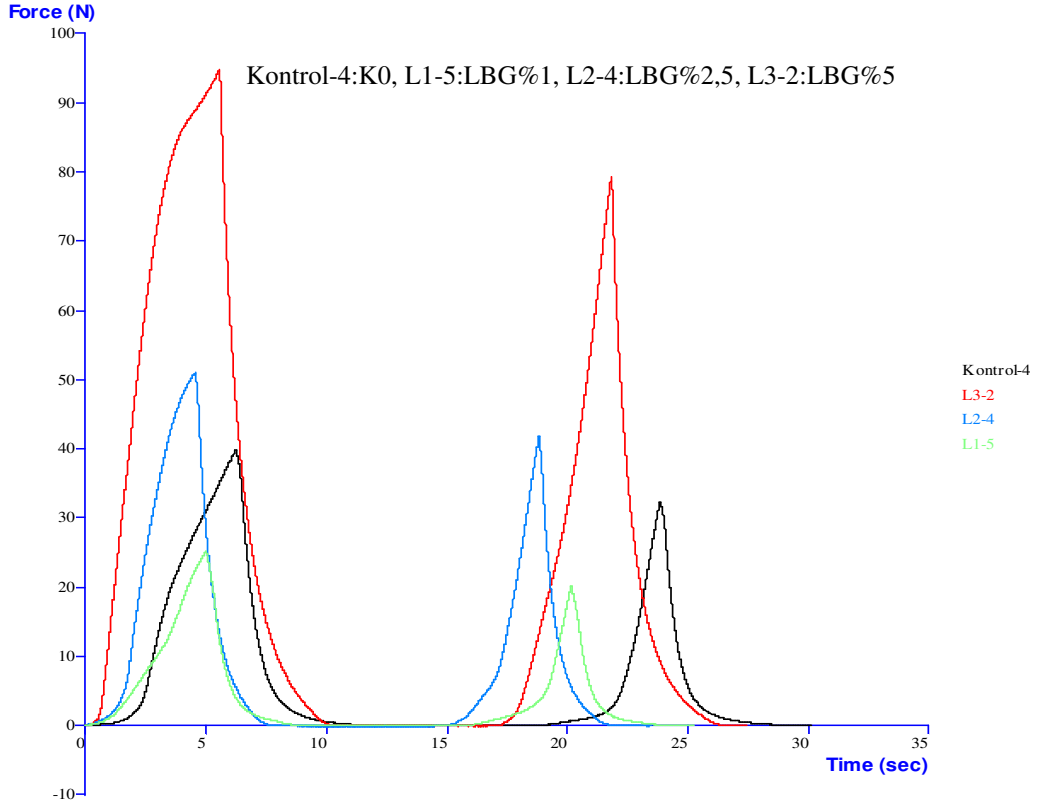


Şekil 4.15. Ekmek örneklerinin TPA grafikleri

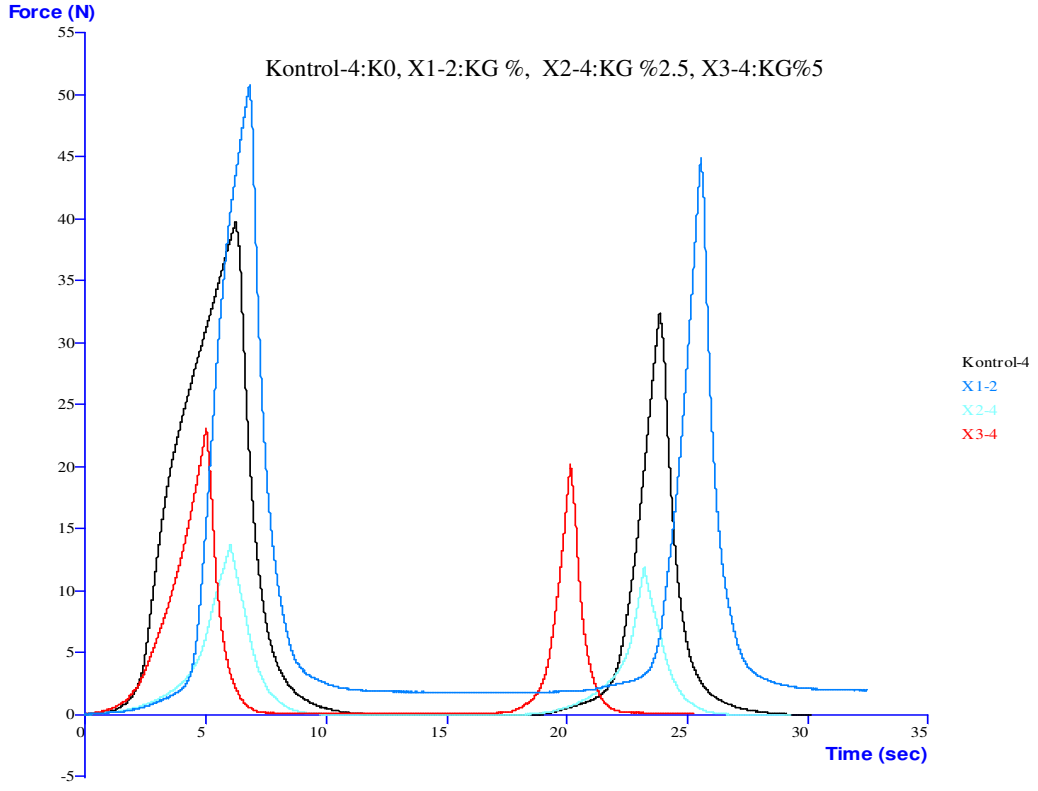




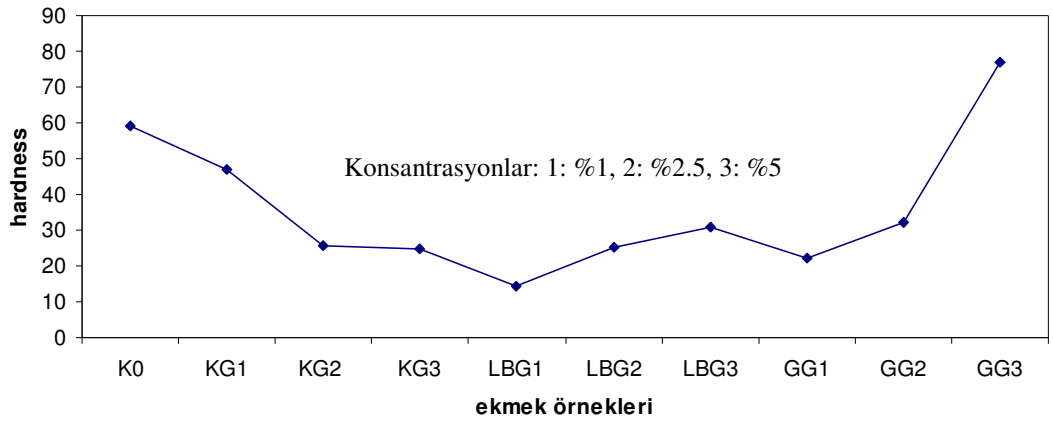
Şekil 4.16. Kontrol grubuyla guar gam katılan örneklerin grafikleri.



Şekil 4.17. Konrol grubuyla lokust bean gam katılan örneklerin grafikleri.



Şekil 4.18. Konrol grubu ile ksantan gam katılan örneklerin grafikleri



Şekil 4.19. Ekmek örneklerinin hardness (sertlik) değerleri

Ekmek örneklerinin TPA analizi hardness değerleri Şekil 4.19’de verilmektedir. Sertlik olarak da adlandırılan “hardness” parametresini; genel olarak maddenin çökme, bükülme veya kırılma gibi uygulanan kuvvetler karşı gösterdiği direnç olarak ifade edilebilir. Gıda mühendisliği açısından sertlik ise ağızda dişlerin maddeyi sıkıştırabilmesi için gerekli güç olarak ifade edilebilmektedir

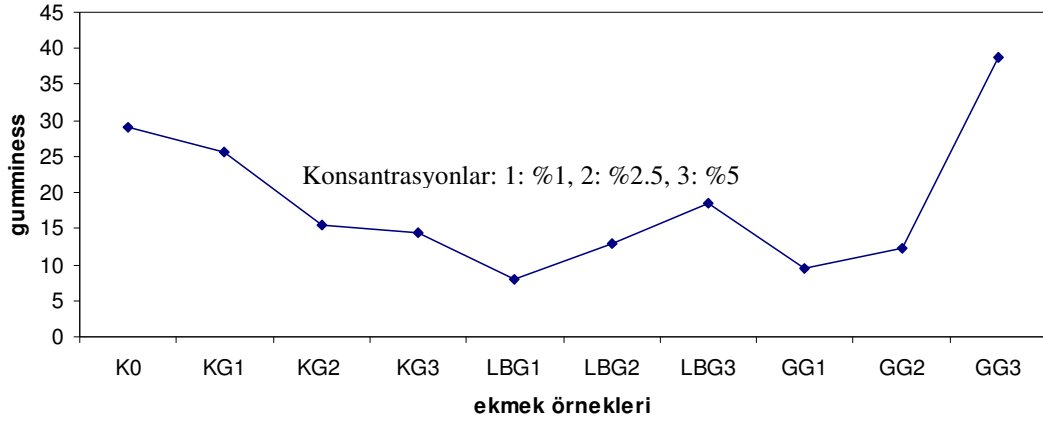
Hardness parametrelerine ait değerler büyükten küçüğe göre şu şekilde sıralanmıştır: GG%5 (77 N), Kontrol (59 N), KG%1 (47 N), GG52.5 (32 N), LBG%5 (31 N), KG%2.5 (26 N), LBG %2.5 (25 N), KG%5 (25N), GG%1 (22 N), LBG%1 (15 N). Burada galaktomannanların (GG ve LBG) konsantrasyona bağlı olarak hardness değerlerini artırdığı, buna karşın KG’ın hardness kabiliyetini düşürdüğü gözlemlenmiştir.

Guar gamın %5’lik konsantrasyondaki en yüksek hardness değeri duyuusal analizler sonuçlarınca da desteklenmektedir. Bu durumda ekmek formülasyonlarında gamların kullanılması, daha yumuşak ekmek üretimlerini mümkün kılar. Bu araştırma; ekmeklerin gamların bayatlama evreleri üzerine etkilerini kapsamamaktadır. Ancak daha sonra yapılacak bir araştırmanın konusu olmasında fayda vardır.

Davidou ve ark.’nın (1996) yaptıkları bir çalışmada; gamlar kıyaslandığında alginat ve ksantan gam, lokust bean gama göre hidrasyon oranını düşürdüğü bildirilmiştir. Ancak ekmeğin içerdiği su oranının artırılması durumunda ise nişasta moleküllerinin ihtiyacı olan suyu ortamda bulabileceklerinden, ekmeğin redrogratasyonunun arttığı gözlemlenmiştir.

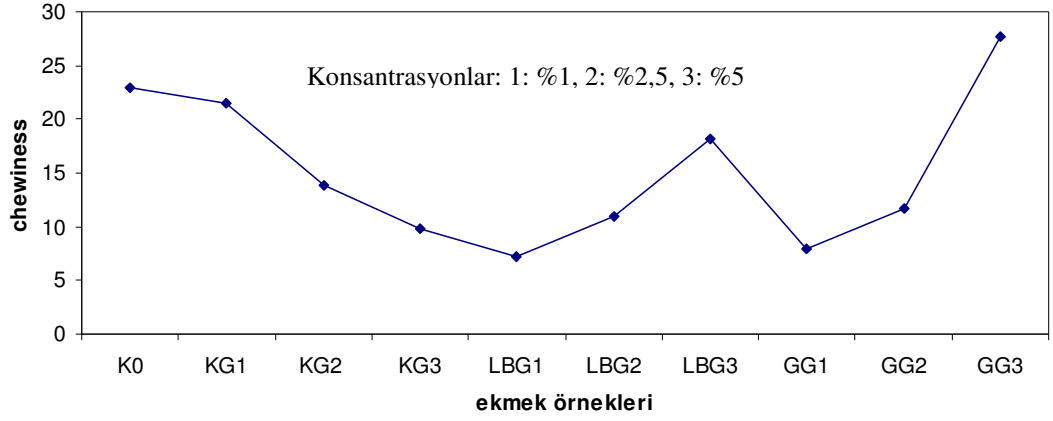
Schiraldi ve ark. (1996) hidrokolloidlerden guar gam ve lokust bean gamın nişasta radrogratasyonunu geciktirdiğini bildirirlerken, ekmeğin bayatlamasını önleyici etkisinin nasıl olduğu üzerine net bir bilgiye ulaşamamışlardır.

Hidrokolloidlerin kullanımı neticesinde ekmeğin su tutma kapasitesi ve ekmek içi sıklığını artırabilmiş, dolayısıyla genel anlamda tekstürel kalitenin iyileştirilebilmesi mümkün olmuştur. Yine aynı araştırmacılar; alginat, ksantan gam ve lokust bean gamın ekmek içi sıklığı ve bayatlama derecesini düşürdüğünü bildirmişlerdir.



**Şekil 4.20.** Ekmek örneklerinin gumminess (yapışkanlık) değerleri

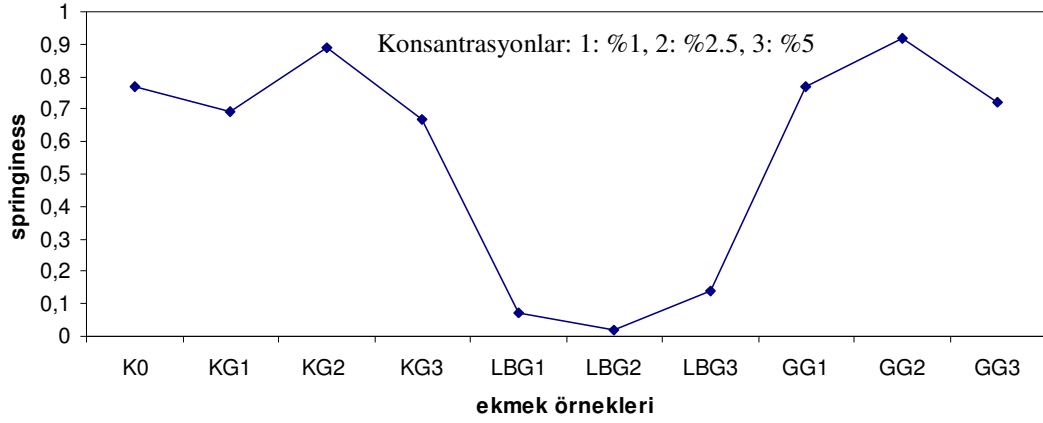
Ekmek örneklerinin gumminess (yapışkanlık) değerleri Şekil 4.20’ de verilmiştir. Gumminess daha çok kolloidal yapıda yapışkanlığı ve buna dayalı kıvamlılığı ifade eden bir kavramdır. Gumminess parametrelerine ait değerler büyükten küçüğe doğru şu şekilde sıralanmıştır: GG%5 (39 N), kontrol(29 N ), KG%1 (26 N), LBG%5 (18 N), KG%2.5 (16 N), KG%5 (14 N), LBG%2.5 (13 N), GG%2.5 (12 N), GG%1 (9 N), LBG%1 (8 N). Ekmek örneklerinden %5’lik GG kullanımı, hardness parametrelerinde olduğu gibi, kontrol ve diğer gam katılan örneklerden elde edilen ekmeklere kıyaslandığında yine en yüksek değeri vermiştir. Ayrıca yine aynı şekilde galaktomannanların (GG ve LBG) konsantrasyona bağlı olarak gumminess değerlerini artırdığı, buna karşın KG’ın gumminess kabiliyetini düşürdüğü gözlemlenmiştir.



Şekil 4.21. Ekmek örneklerinin chewiness (çiğnenebilirlik) değerleri

Chewiness; gumminess den farklı olarak daha çok tekstürel bir yapının sıkılığını ve yapışkanlığını ve bu karakterdeki yapının çiğnenebilmesi için gerekli kuvveti ifade eder. Ekmek örneklerinin chewiness değerleri Şekil 4.21’de verilmiştir. Chewiness parametrelerine ait değerler büyükten küçüğe göre şu şekilde sıralanmıştır: GG%5 (28 N.mm), kontrol (23 N.mm), KG%1 (22 N.mm), LBG%5 (18 N.mm), KG%2.5 (14 N.mm), GG%2.5 (12 N.mm), LBG%2.5 (11 N.mm), KG%5 (10 N.mm), GG%1 (8 N.mm), LBG%1 (7 N.mm). Bu değerler duyu analizi sonuçlarıyla da desteklenmektedir.

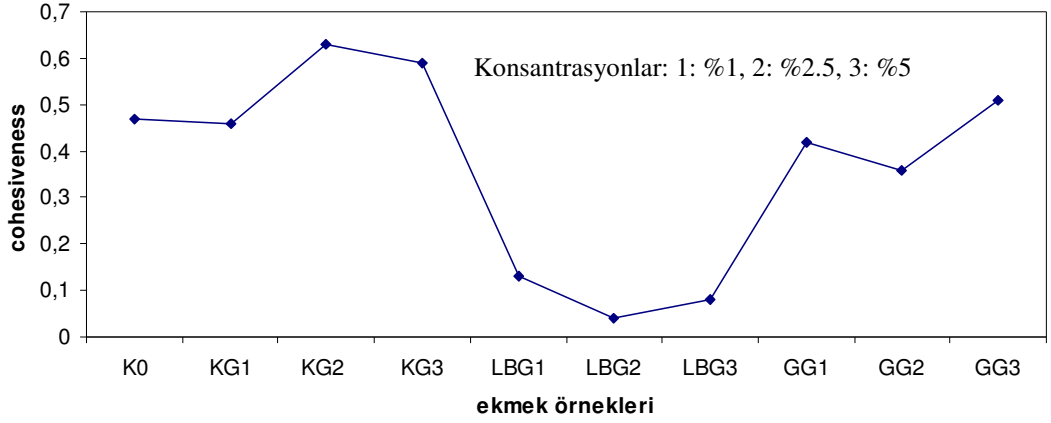
Gamlar pişmiş genel olarak bir ürünü kauçuksu ve elastiki bir yapıya sokarlar. Ağızda verdikleri his; düşük miktarlarda kullanımlarında daha yumuşak, yüksek oranlarda kullanımlarda ise sert ve sakızımsı olarak ifade edilmektedir (Heflich, 1996).



Şekil 4.22. Ekmek örneklerinin springiness (esneklik) değerleri

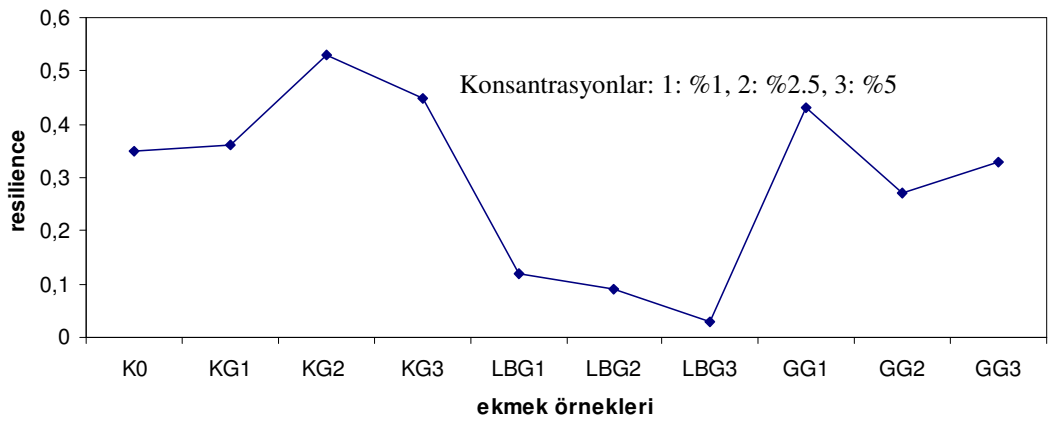
Springiness yani elastikiyet; tekstürel bazda maddenin uygulanan kuvvet karşısında gösterdiği direncin yanında, kuvvetin ortadan kaldırılması sonucu yapının eski haline dönebilme kabiliyeti olarak ifade edilebilir. Gıdalar açısından bu davranış karakterinin matematiksel olarak Kelvin ve Maxwell modelleri ile ifadesi mümkündür (Whorlow, 1992)

Araştırmada ekmek örneklerinin springiness değerleri Şekil 4.22’de verilmiştir. Springiness parametrelerine ait değerler büyükten küçüğe göre şu şekilde sıralanmıştır: GG%2.5 (0.92 mm), KG%2.5 (0.89 mm), GG%1 (0.77 mm), kontrol (0.77 mm), GG%5 (0.72 mm), KG%1 (0.69 mm), KG%5 (0.67 mm), LBG%5 (0.14 mm), LBG%1 (0.07 mm), LBG%2.5 (0.02 mm). Buradan elde edilen en ilginç sonuç LBG’in en düşük değer vermesi ve bir galaktomannan olmasına rağmen GG’in tam tersi bir karakter göstermesidir. Hardness, gumminess ve chewiness değerleri kıyaslayınca sürekli farklı karakter sergileyen KG’in ise, springiness özelliğiyle GG’a benzemesi ilginçtir.



**Şekil 4.23.** Ekmek örneklerinin cohesiveness (bağlılık) değerleri

Birbirine bağlılık olarak da ifade edilebilen “cohesiveness” fiziksel olarak moleküller arası (intermolecular) birbirlerini çekebilme kabiliyetini ifade eder. Şekil 4.23’ de cohesiveness parametrelerine ait değerler büyükten küçüğe göre şu şekilde sıralanmıştır: KG%2.5 (0.6), KG%5 (0.59), GG%5 (0.5), kontrol (0.47), KG%1 (0.46), GG%1 (0.42), GG%2.5 (0.36), LBG%1 (0.13), LBG%5 (0.08), LBG%2.5 (0.04). Ekmek örneklerinin cohesiveness (yapışkanlık) değerlerinde incelendiğinde springiness karakterine benzer davranış özellikleri kaydedilmiştir.



**Şekil 4.24.** Ekmek örneklerinin resilience (direncilik) değerleri

“Resilience” parametresi daha çok hardness ve springiness parametrelerini ortaklaşa ifade eder. Maddenin bir kuvvet uygulaması sonunda eğer deformasyon elastik limiti aşılmamış ise, maddenin eski şekline (haline) dönebilme kabiliyetidir. Ekmek örneklerinin dirençlilik olarak da ifade edilebilen “resilience” değerleri büyükten küçüğe göre şu şekilde sıralanmıştır: KG%2.5 (0.53), KG%5 (0.45), GG%1 (0.43), KG%1 (0.36), kontrol (0.35), GG%5 (0.33), GG%2.5 (0.27), LBG%1 (0.12), LBG%2.5 (0.09), LBG%5 (0.03). Ekmek örneklerinin resilience değerleri incelendiğinde springiness ve cohesiveness karakterlerine benzer davranış özellikleri kaydedilmiştir.

#### **4.6. Ekmek Örneklerinin Duyusal Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi**

Tekstürel özelliklerin insanlar tarafından beğenilip beğenilmemesinde psikolojik ve kültürel faktörler önemli rol oynarlar. Örneğin Amerika birleşik devletlerinde tercih edilen tekstürel karakterler; gevrek, yumuşak, sulu, sıkı, çıtırtılı ses çıkaranlar olarak belirtilmiştir. Tercih edilmeyenler ise; sert, çok sulu, pütürlü, kolayca ufalanan ve yapışkan olanları olarak bildirilmiştir (Ertaş ve Doğruer, 2010).

Ekmeklerin duyusal analizleri AİBÜ, Gıda Mühendisliği Bölümünde 10 deneyimli uzman tarafından gerçekleştirilmiştir. Ekmek örnekleri hakkında ön bilgiler verilmiş daha sonra sırayla tattırılmak üzere düzeneklerine yerleştirilerek örnek sunumu yapılmıştır. Tadımcıların Tadım değerlendirilmesi için Ek.6’da sunulan Anket Formu verilerek aşağıdaki puanlandırmaya göre sonuçlar değerlendirilmiştir.



**Çizelge 4.4.** Panelistlerin ekmek numunelerine verdiği puanların sınır değerleri

|               |            |
|---------------|------------|
| 0-1,5 ARASI   | KÖTÜ       |
| 1.6-2.5 ARASI | FENA DEĞİL |
| 2.6-3.5 ARASI | ORTA       |
| 3.6-4.5 ARASI | İYİ        |
| 4.5-ÜZERİ     | ÇOK İYİ    |

Çizelge 4.4.'e göre elde edilen verilerin ortalama değerleri Çizelge 4.5.'de verilmiştir. Ortalamaların en düşük ve en yüksek değerleri 1.6 ile 4.1 arasında değişmektedir. Açık ve parlak renk verileri ekmekte en iyi %2.5 oranında lokust bean gam kullanılan ekmek örneğinde, en koyu renk ise %5'lik ksantan gam ekmek örneğinden elde edilmiştir. Ekmek tat ve kokusu yönünden en beğenilen örnek lokust bean gamın %2.5'luk ekmek örneğidir. Kontrol ekmeğinin diğer ekmek örneklerine göre daha çok gözenekli olduğu belirtilmiştir. Panelistlerin verdiği sonuçlara göre farklı gam konsantrasyonlarının kullanılması ekmekte duyuşal özellikler yönünden kontrol grubuna göre çok farklı değerler ortaya koymuştur. Fakat tüm duyuşal analiz parametreleri kıyaslandığında, panelistler katkı maddeleri olarak gamların kullanılmalarından doğan olumsuz bir vargıya varmamışlardır. Aramo parametrelerindeki farklılıkların birbirine yakın olduğu görülürken, tekstürel ve renk parametrelerindeki farklar dikkat çekicidir. Hidrokolloidlerin ekmek kalitesi üzerine yapılan bir araştırmada, hidrokolloidlerin ekmek içi sertliğini ve çiğnenebilirliğini azalttığını bildirilmiştir (Ribotto ve ark., 2005). Gam kullanımı hem tekstürü hem de rengi iyileştirmiştir. Dolayısıyla bu araştırma; ekmek üretiminde gamların kullanılmasının kaliteyi artırma çalışmalarında göz ardı edilemeyeceğini göstermektedir.

**Çizelge 4.5.** Ekmek numunelerinin tadımından sonra panelistlerin verdiği puanların değerleri

|  | TAT |    |    |    |    |    |     |     |     |    | KOKU  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | RENK |  |  |  |  |  |  |  |  |  | TEKSTÜR |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|----|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  | L3  | L2 | L1 | G3 | G2 | G1 | KS3 | KS2 | KS1 | K0 | ÖRNEK |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

## BÖLÜM V

### 5. TARTIŞMA

Ekmek kalitesinin belirlenmesinde kullanılan en önemli parametrelerden biri de hiç kuşkusuz ekmek içi yapısıdır (tekstürü). Bu araştırmada; hidrokolloidlerden gamların kullanılmasının ekmek içi tekstürüne olan etkilerini incelemek amaçlanmıştır. Gam katılan ekmeklerde TPA analiz sonuçları Şekil 4.15 ile 4.24 arasında verilmiştir. Guar gamın %5'lik konsantrasyonda elde edilen örneklerin en yüksek hardness değeri duyuusal analizler sonuçlarınca da sert bulunarak desteklenmektedir. Ancak %5'lik GG'mı (77 N) takip eden kontrol örneğinden (59 N) sonraki tüm gam katılmış ekmek örneklerinin hardness değerleri önemli ölçüde düşmüş ve en düşük %1'lik LBG olarak tesbit edilmiştir. Bu durum ekmek formülasyonlarında gamların kullanılması durumunda daha yumuşak ekmek üretimlerini mümkün kılacağını göstermektedir.

Bu araştırma; ekmeklerin gamların bayatlama evreleri üzerine etkilerini kapsamamaktadır ancak daha sonra yapılacak bir araştırmanın konusu olmasında fayda vardır. Çizelge 4.5'de gam katılan ekmeklerin panelistlerce belirlenen kabul edilebilirlik skorlarını sunmaktadır. Gam katılan ekmeklerin kabul edilebilirlik düzeylerinde; tat ve koku bakımından önemli farklar gözlemlenmemiş olup kullanılan gamların katkı maddesi olarak kullanımlarının aroma açısından bir sorun

oluşturmayacağı sonucuna varılmıştır. Çünkü katkı maddesi olarak kullanılan miktarlar, diğer katkı maddeleriyle kıyaslandığında çok düşük düzeylerde dir.

Elastikiyet esneklik (springiness) değerlerinde elde edilen en ilginç sonuç LBG'nin en düşük değer vermesi ve GG gibi bir galaktomannan olmasına rağmen GG'nin tam tersi bir karakter göstermesidir. Hardness, gumminess ve chewiness değerleri kıyaslandığı zaman ise sürekli farklı karakter sergileyen KG'nin springiness özelliğiyle GG'a benzemesi ilginçtir. Ayrıca yine aynı şekilde galaktomannanların (GG ve LBG) konsantrasyona bağlı olarak gumminess değerlerini artırdığı, buna karşın KG'nin gumminess kabiliyetini düşürdüğü gözlemlenmiştir. Bağlılık (cohesiveness) değerinin  $\frac{Alan2}{Alan1}$  formülünden hesaplandığı düşünülürse, LBG'nin daha düşük cohesiveness değerine sahip olmasının nedeni Alan 1 değerinin büyük oluşu yani kırılabilirliğin artıp ilk sıkıştırma alanının genişlemesinden kaynaklanması gerekir.

Ekmek içi renkleri  $L^*$  (parlaklık) gam içeren ekmeklerin içlerinin kontrol ekmek örneği ile kıyaslandığında, daha açık ve parlak renge sahip oldukları görülmüştür. Duyusal analiz bulgularıyla da bu sonuç desteklenmektedir. Duyusal analiz sonuçlarına göre gam katılan ekmekler ile kontrol ekmeği arasında tat ve aroma bakımından belirli farklılıklar görülmemiştir. Bu da göstermektedir ki; gam katılan ekmeklerin tüketiminin tat ve aroma üzerine olumsuz bir etkisi bulunmayacağıdır. Dolayısıyla tekstürel yapının iyileştirilmesi amaçlı hidrokolloid kullanımının yararlarının çok yönlü olarak daha detaylı araştırılması yararlı olacaktır.

Kontrol örneklerinin gözenekli yapısının daha kaba, hava boşluğu hücre çeperlerinin daha sağlam, elastik ve belirgin, ayrıca renginin daha koyu olduğu görülmektedir. Şekil 4.2'de görülen ekmeklerin hacimleri de bu tespiti desteklemektedir. Ekmek hacimleri sıralamasında en düşük hacim kontrol ile KG

katılan ekmeklerde görülürken, hacim artışı KG artışına bağlı olarak azalmaya devam etmiştir. GG ve LBG katılan ekmeklerde en yüksek değer %5'lik GG örneğinde görülürken, hacim artışı gam artışlarına bağlı olarak artmaktadır (Şekil 4.3). Ekmek hacmi, ekmeğin özelliklerini belirleyen önemli kalite unsurlarındandır.

Şekil 4.6 ile 4.13 arasında gam katılan ekmek örneklerinin taramalı elektron mikroskopisi ile elde edilen görüntüleri verilmiştir. Beklenildiği gibi gam katılmış farklı ekmek örnekleri arasında yapısal açıdan önemli farklar görülmüştür. Ekmeklerin SEM analizi sonuçları kıyaslandığında; gamlar nişasta granüllerinin yüzeyini kaplamakta ve perdeye benzer bir yapı oluşturmaktadırlar.

%5'lik gibi yüksek konsantrasyonlarda gam uygulaması sonucu tüm nişasta granüllerinin özelliklerini büyük oranda kaybettikleri gözlemlenmiştir (Şekil 4.13). Nişasta jelatinasyonunun hidrokolloid içeren ekmeklerde gözlemlenebileceğini belirten araştırmalar mevcuttur. Bu etkinin yüksek konsantrasyonlarda gam içeren ekmeklerde de devam ediyor olması araştırmayı ilginç kılmaktadır. Lokust bean gamın belli koşullarda kuvvetli olmayan jel oluşturma özelliğine sahip olduğu belirtilmiştir. LBG'nin bu özelliğinin ayrıca oluşan deforme olmuş yapıları perdelemiş olabileceğini de hesaba katmak gerekir (Şekil 4.13c). Yukarda bahsedilen bulguları özellikle Şekil 4.14. b,c ve d'de gözlemlemek mümkündür.

Bu araştırmada ekmek örneklerinin ışık mikroskopu altında elde edilen görüntülerinden KG konsantrasyonunun %5'lik kullanımında gözenekler hemem hemen kaybolmuş görünmektedir. Çünkü ekmeği oluşturan sistemin hidre olabilmesi için yeterli miktarda suya ihtiyaç vardır. Yüksek oranda hidrokolloid katımı neticesinde tüm sistemin hidre olabilmesi için gerekli olan su miktarını da doğal olarak artıracaktır. %1' in üzerindeki KG uygulamalarında hidrasyona dayalı suya olan rekabet dolayısıyla ekmek hacminin küçüldüğü gözlemlenmiştir (Şekil 4.2). Bu

özelliikteki sistemlerin daha fazla su kaldırma kapasitelerinin bulunduğu unutulmamalıdır. Dolayısıyla tekstürel açıdan yapıya daha fazla su katılarak bu olumsuzluklar giderilebilir ve ekmek ağırlığı artacağından ekonomik yönden olumlu etkilerinin olacağı da düşünölebilir.

Tekstür (TPA, SEM), renk ve duyusal analiz incelemeleri sonucunda bu araştırma; katkı maddesi olarak gam kullanımının ekmeği tekstürel yönden destekleyici, hacim artışını kontrol edici, su bağlayıcı özelliğini geliştirici gibi nedenlerden dolayı ekmek üretiminde kullanımlarının yararlı olabileceğini göstermektedir. Ayrıca sağlık açısından günümüzde giderek önem kazanan ve diyetlerimizde azalan diyet liflerinin doğal kaynağı olan gamların ekmek formölasyonlarında kullanımına dayalı araştırmalara ağırlık verilmesi faydalı olacaktır.

## KAYNAKLAR

Aguilera, J. M. ve Germain, J. C., 2007, Advances in image analysis for the study of food microstructure, In D. J. McClements (Ed.), Understanding and controlling the microstructure of complex foods Cambridge: CRC Pres. s. 261-284.

Aguilera, J. M., 2005, Why food microstructure, Journal of Food Engineering, Cilt: 67, s. 3-11.

Ahmad, S. S., Morgan, M. T., Oks, M. R., 2001, Effects of microwave on the drying, checking and mechanical strength of baked biscuits, Jorunal of Food Engineering, Cilt 50: s. 63-75.

Altuğ, T., 2006, Gıda katkı maddeleri, Meta Basım Matbaacılık, 2. Baskı. İzmir. Bornova. s.77-103.

Anderson, D.M. and Andon, S. A., 1988. Water soluble food gams and their role in product devolopment. The American Association of Cereal Chemists, Cilt 33: s. 844-850.

Anonim, 2011.<http://www.gıdabilimi.com> (Erişim tarihi: 29 Mayıs 2011).

Anonim, 2011.<http://www.abp.com.tr> (Erişim tarihi: 30 Mayıs 2011).

Anonim, 2011.<http://www.ankara.halk.ekmek.com.tr> (Erişim tarihi: 30 Mayıs 2011).

Anonim, 2012.<http://www.img.guidechem.com.tr> (Erişim tarihi: 26 Ocak 2012).

Anonim, 2012.<http://www.lookchem.com.tr> (Erişim tarihi: 24 Ocak 2012).

Anonim,2012,<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/01/20120104-6.htm>  
(Erişim tarihi:12 Mayıs 2012).

Azizi, M.H. ve Rao, G.V., 2004, Effect of surfactand gel and gum combinations on dough rheological characteristics and quality of bread, *Journal of Food Quality*, Cilt 27: s. 320-336.

Barcenas, M.E. ve Rosell, C. M., 2005, Effect of HPMC addition on the microstructure, quality and aging of wheat bread. *Food Hydrocolloids*, 19(6), 1037-1043.

Belitz, H. ve Grosch, W., 1999, Polysaccharides, In:Belitz, H., Grosch,W.(Eds), *Food Chemistry*, Springer, Berlin, s. 237-318.

BeMiller, J.N. ve Whistler, R. L., 1996, Carbohydrates, In:Food Chemistry, Edited by O.R. Fennema, Marcel Dekker, New York, s. 158-220.

Berk, Z. 1976, *Introduction to the biochemistry of foods*, Elsevier, New York.

Bertrant, D., Le Guerneve, C., Marion, D., Devaux, M. F., and Robert, P., 1992, Description of textural appearance of bread crumb by video image analysis, *Cereal Chemistry*, Cilt 69: s. 257-261.

Brennan, C. S. Blake, D. E., Ellis, P. R., ve Schofield, J. D., 1996. Effects of guar galactomannan on wheat bread microstructure and on the in vitro and in vivo digestibility of starch in bread. *Journal of Cereal Science*, 24(2), 151-160.

Brosnan, T. ve Sun, D. W., 2004, Improving quality inspection of food products by computer vision –a review, *Journal of Food Engineering*, Cilt: 61, s. 3-16.

Bulduk, S., 2004, *Gıda Teknolojisi*, Detay Yayıncılık, 2. Baskı, Ankara.

Carr, L. G. ve Tadini, C. C., 2003, Influence of yeast and vegetable shortening on physical and texturel parameters of frozen part baked French bread, *Lebensm, Technology*, Cilt: 36, s. 609-614.

Cemeroğlu, B., 2007, *Gıda Analizleri*, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No:34, Bizim Büro Basımevi, Ankara.



Chaisawang, M., Supphantharika, M., 2006, Pasting and rheological properties of native and anionic tapioca starches as modified by guar gum and xanthan gum, Food Hydrocolloids, Cilt: 20, s. 641-649.

Christianson, D. D., Hodge, J. E., Osborne, D. ve Detroy, D.W., 1981, Gelatinization of wheat starch as modified by xanthan gam, guar gam and cellulose gam, Cereal Chem., Cilt: 58, s. 513-517.

Çakmakçı, S., Çelik, İ., 1994, Gıda Katkı Maddeleri, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notu No:164, Erzurum.

Datta, A. K., Sahin, S., Summu, G. ve Keskin, S. O., 2007, Porous media characterization of breads baked using novel heating modes, Journal of Food Engineering, Cilt:79(1), s. 106-116.

Davidou S., Le Meste M., Debever E., Bekaert D., 1996, A contribution to the study of staling of White bread: effect of water and hydrocolloid, Food Hydrocolloid, 10: 375.

Deman, J. M., 1999, Principles of Food Chemistry Third Edition Professor Emeritus Department of Food Science University of Guelph Guelph, Ontario Gaithersburg, Maryland.

Dizlek, H., 2011, Gluten Oluşumu ve Bunu Sınırlayan-Engelleyen Etmenler, Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, cilt: 6, no:3, s.14-22.

Doğan, Y., Yıldız, Ö., 2009, Ekmek Makinelerinde Kullanılan Farklı Bileşen Seviyelerinin Ekmek Kalitesi Üzerine Etkisi, Gıda Dergisi, cilt:34, no:5, s.295-301.

Dziezak, J. D., 1991, A Focus on Gams. Food Technology, 45: 115-132.

Elgün A., Ertugay Z., 2002, Tahıl İşleme Teknolojisi, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No:718: 297, Erzurum. 411 s.

Ertaş, N., Doğruer, Y., 2010, Besinlerde Tekstür, Erciyes Üniv. Vet. Fak., Derg.,Cilt:7, s. 35-42.

Fennema, O.R., 1996, Food Chemistry, Warcel Dekker Inc., Newyork s. 1067.

Freeman, T. P. ve Shelton, D. R., 1991, Microstructure of wheat starch from kernel to bread, Food Technology, Cilt:45, s. 164-168.

Fiszman, S.M. ve Salvador A., 2003, Recent developments in coating batters, Trend in Food Science and Technology, Cilt:14, s. 399-407.

Fiszman, S.M., Salvador A., Varela P., 2005, Methodological developments in bread staling assessment: application to enzyme-supplemented brown pan bread Eur Food Res Technol, cilt 221: s. 616–623

Gavilighi, H.A., Azizi, M.H., Barzegar, M., Ameri, M.A., 2006, Effect of selected hydrocolloids on bread staling as evaluated by DSC and XRD., Journal of Food Technology, cilt 4: s. 185-188.

Gerçekaslan, K. E., 2006, Trabzon Vakfıkebir ekmeğinin bayatlamasının çeşitli yöntemlerle takibi ve francala ekmeği ile mukayesesi (Yüksek Lisans Tezi), Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum, s.103.

Ghodke, S. K., 2009, Effect of Guar Gum on Dough Stickiness and Staling in Chapatti–An Indian Unleavened Flat. Published by Berkeley Elektronik Press.

Gliksman, M., 1969, Gum technology in the food industry, Akademik Press, New York.

Goldstein, J., Newbury, D., David, J., Lyman, C., Echlin, P., Lifshin, E., ve ark., 2003, Scanning elektron microscopy and X-ray microanalysis (3rd ed.). New York: Springer.

Gomez, M., Ronda, F., Caballero, P.A., Blanco, C.A., Rosell, C.M., 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. Food Hydrocolloids, 21: 167-173.

Gray, J.A ve Bemiller, J. N., 2003, Bread staling: Molecular Basis and Control. Institute of Food Technologists, s. 1-21.

Guarda, A., Roll, C.M., Benedito, C., Galotto, M.J., 2004, Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents , Food Hydrocolloids, Cilt:18, s. 241-247.

Gurkin, S., 2002, Hydrocolloids-Ingredients that add flexibility to tortilla processing, Cereal Foods World, cilt 47: s. 41-43.

Hayman, D., Hoseney, R. C. ve Faubion, J. M., 1998, Bread crumb grain development during baking. Cereal Chemistry, Cilt:75(5), s. 577-580.

Heflich, L.W., 1996, A Baker' s Perspective, In: Baked Goods Freshness, Technology, Evaluation and Inhibition of Staling, Edited by R. E. Hebeda, H. Zobel, Marcel Dekker, New York, s. 239-256.

Hoseney, R. C., 1994, Principles of Cereal Science and Technology, American Association of Cereal Chemists, Inc. S. Paul, Minnesota, U.S.A.

Kang, M. Y., Choi, Y. H., Choi, H. C., 1997, Effects of gums, fats and glutens adding on processing and quality of milled rice bread, Korean, Journal of Food Science and Technology, Cilt: 29, s. 700-704.

Kampf, N. ve Nussinovitch, A., 2000, Hydrocolloid coating of cheeses, Food Hydrocolloids, Cilt:14, s. 531-537.

Kawamura, Y., 2008, Guar Gum Chemical and Technical Assessment, CTA, Cilt:1(4)

Khoo, U., Christianson, D. D., and Inglett, G. E., 1975, Scanning and transmission microscopy of dough and bread. The Baker's Digest, Cilt:49(4), s. 24-26.

Kılınççeker, O. ve Küçüköner, E., 2005, Gıdalarda gıamların yenilebilir film olarak kullnımı, Gıda Dergisi, Cilt:30,s. 181-186.

Kim, H. J., Morita, N., Le, S. H., Moon, K. D., 2003, Scanning electron microscopic observation of dough and bread supplemented with Gastrodia elata Blume powder. Food Research International Cilt 36, s. 387-397.

Kök, M.S., 1999, Heat processing of galactomannas, PhD Thesis, Univercity of Nottingham, UK.

Kök, M. S., Hill, S. E., Mitchell, J. R., 1999a, Viscosity of galactomannans during high temperature processing: influence of degradation and solubilisation, Food Hidrocolloid, Cilt 13: s.535-542.

Kök, M. S., Hill, S. E., Mitchell, J. R. 1999b, A comparison of the rheological behaviour of crude and refined locust bean gum preparations during thermal processing, *Carbohydrate Polymers* Cilt 38: s. 261-265.

Kulp, K., Loewe, R., 1990, *Batters and Breadings in Food Processing*, American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, U.S.A.

Karaoğlu, M. M., Kotancılar, H.G., 2005, Ekmek içi yumuşaklık üzerine kısmı pişirme yöntemi ve depolama şartlarının etkisi, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Gıda 2005 Cilt 30(2): s.117-122.

Klose, R. E., Glicksman, M., 1972, *Handbook of Food Additives*, 2nd., CRC Press.

Liu, Z. ve Scanlon, M. G., 2003, Predicting mechanical properties of bread crumb, *Food and Bioproducts processing: Transactions of Institute of Chemical Engineers*, bölüm C,Cilt: 81(3), s. 224-238.

Maier, H., Anderson, M., Karl, C. ve Magnusinm, K., 1993, Guar, locust bean, tara and fenugreek gums. In: Whistler, R. L., Be Miller ,J.N.(Eds), *Industrial Gums. Polysaccharides and their Derivatives*. Academic Pres, New York, s. 182-205.

Majzoobi, M., Ghavi, F.S., Farahnaky, A., Jamalain, J. ve Mesbahi, G., 2009, Effect of Tomato Pomace Powder on the physicochemical properties of flat bread (barbari bread), *Journal of Food Processing and Preservation*, Shiraz, ISSN: 0145-8892.

Mandala, I.G., 2005, Physical properties of fresh and frozen stored, microwave-reheated breads, containing hydrocolloids, *Journal of Food Engineering*, Cilt:66, s. 291-300.

Mandala, I.G. ve Sotirakoğlu, K., 2005, Effect of frozen storage and microwave reheating on some physical attributes of fresh bread containing hydrocolloids, *Food Hydrocolloids*, Cilt:19, s. 709-719.

Mc Clements, D. J., 2007, *Understanding and controlling the microstructure of complex foods*. Cambridge: CRC Pres, Nussinovitch, A. 1993, *Gum-Based Texturized Products*, In *Yearbook of Science and Techonology*, McGraw-Hill, New York, s. 138-140.

Nussinovitch, A., 1997, *Hydrocolloid Applications: Gum techonology in the food and other industries*, Blackie Akademic and Professional UK.

Nussinovitch, A., 2005, Production, properties and applications of hydrocolloid cellular solids, Mol.Nutr.Food res. Cilt:49, s. 195-213.

Özkoç, S. O., Sumnu, G., Sahin, S., 2009, The effects of gums on macro and micro-structure of breads baked in different ovens, Food Hydrocolloids, Cilt:23, s. 2182-2189.

Özkoç, S. Ö., 2008, Farklı gam konsantrasyonlarıyla farklı fırınlarda pişirilen ekmeklerin kalite ve bayatlamalarının incelenmesi (Doktora Tezi), Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara. s.271.

Pomeranz, Y., Shogren, M. D., Finney, K. F., Behtel, D. B., 1977, Fiber in breadmaking- effects on functional properties. Cereal Chemistry, Cilt: 54, s. 25-41.

Pomeranz, Y., Meyer, D. ve Seibel, W., 1984, Wheat, wheat-rye, and rye dough and bread studied by scanning electron microscopy, Cereal Chemistry, Cilt:6, s.53-59.

Pyler, E. J., 1988, Baking science and technology, Kansas State: Sosland, s. 850-910.

R. Baixauli, A. Salvador. S.M. Fiszman., 2008, Textural and colour changes during storage and sensory shelf life of muffins containing resistant starch, Eur Food Res Technol, Cilt:226, s. 523-530.

Ribotta, P.D., Cuffini, S., Leon, A.E., Anon M.C., 2004. The staling of bread: An X-ray diffraction study. European Food Research and Technology, Cilt:218, s. 219-223.

Ribotta, P.D., Ausar, S.F., Beltramo, D.M., Leon, A.E., 2005, Interaction of hydrocolloids and sonicated-gluten proteins, Food Hydrocolloids, Cilt:19, s.93-99.

Rojas, J. A., Rosell, C. M., Barber, C. B., 1999, Pasting properties of different wheat flour-hydrocolloid systems, Food Hydrocolloids, Cilt: 13, s. 27-33.

Rojas, J. A., Rosell, C. M., Barber, C. B., Perez-Munuera, I. ve Lluch, M. A., 2000, The baking process of wheat rolls followed by cryo scanning elektron microcopy, European Food Research and Technology,Cilt: 212, s. 57-63.

Rosell, C. M., Rojas, J.A., Benedito, C., 2001, Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality, Food Hydrocolloids, Cilt:15, s. 75-81.

Saldamlı, İ., 1985, Gıda Katkı Maddeleri ve İngrediyenler, Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği, Ankara.

Schenz, T.W., 1995, Glass transition and product stability-an over review, Food Hydrocolloids, Cilt:9, s. 307-315.

Schiraldi A., Piazza L., Brenna O., Vittadini E., 1996a, Structure and properties of bread dough and crumb. J Therm Anal Cilt:47, s. 1339.

Selamulyo, V.O. ve Zhou, W., 2007, Frozen bread dough effect of freezing storage and dough improvers, Journal of Cereal Science, Cilt:45, s. 1-17.

Sharadanant R. ve Khan, K., 2003. Effect of hydrophilic gums on the quality of frozen dough, Cereal Chemistry, Cilt 80, s. 764-780.

Singh, R.P. ve Heldman D.R., 1993, Fluid Flow in Food Processing, 2nd Ed., Introduction to Food Engineering, New York.

Stanley P.C., ve Linda S.Y., 2004, The Chorleywood Bread Process, Woodhead Publishing Limited Cambridge England.

Steffe, J.F., 1996, Rheological Methods in Food process Engineering, Freen Pres, USA, s. 346.

Sungur, B., 2009, Bazı hidrokolloidler ve yüzey aktif maddenin hamurun reolojik özellikleri ile dondurulmuş hamurun ekmek kalitesi üzerine etkileri (Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, s.163.

Talay, M., 1997, Ekmek Bilimi Teknolojisi Punto dijital yayıncılık.

Trudso, J.E., 1992, Hydrocolloids what can they do- how are they selected? 6th Ed., Danimarka.

Turabi, E., Summu, G., Sahin, S., 2008, Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend, Food Hydrocolloids, Cilt: 22, s. 305-312.

Turabi, E., Sumnu, G., Sahin S., 2010, Quantitative analysis of macro and micro-structure of gluten-free rice cakes containing different types of gums baked in different ovens, Food Hydrocolloids, Cilt: 24, s.755-762.

Ward, F. M. ve Andon, S. A., 2002, Hydrocolloids as film formers adhesives and gelling agents for bakery and cereal products, Cereal Foods World, Cilt:47, s. 52-55.

Wildmoser, H., Scheiwiller, J. ve Erich, J., 2003, Impact of disperse microstructure on rheology and quality aspects of ice cream, Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, Cilt:37, s. 881–891.

Whorlow R. W., 1992, Rheological Techniques, 2<sup>nd</sup> edition, Ellis Horwood Ltd., London.

Zayas, I. Y., 1993, Digital image texture analysis for bread crumb grain evaluation, Cereal Foods World,Cilt: 38 (10), s. 760-766.

Zghal, M. C., Scanlon, M. G. ve Sapirstein, H. D.,1999, Prediction of bread crumb density by digital image analysis, Cereal Chemistry, Cilt:76(5), s. 734-742.

Zghal, M. C., Scanlon, M. G. ve Sapirstein, H. D., 2002, Cellular structure of bread crumb and its influence on mechanical properties, Journal of Cereal Science, Cilt:36 (2),167-176.

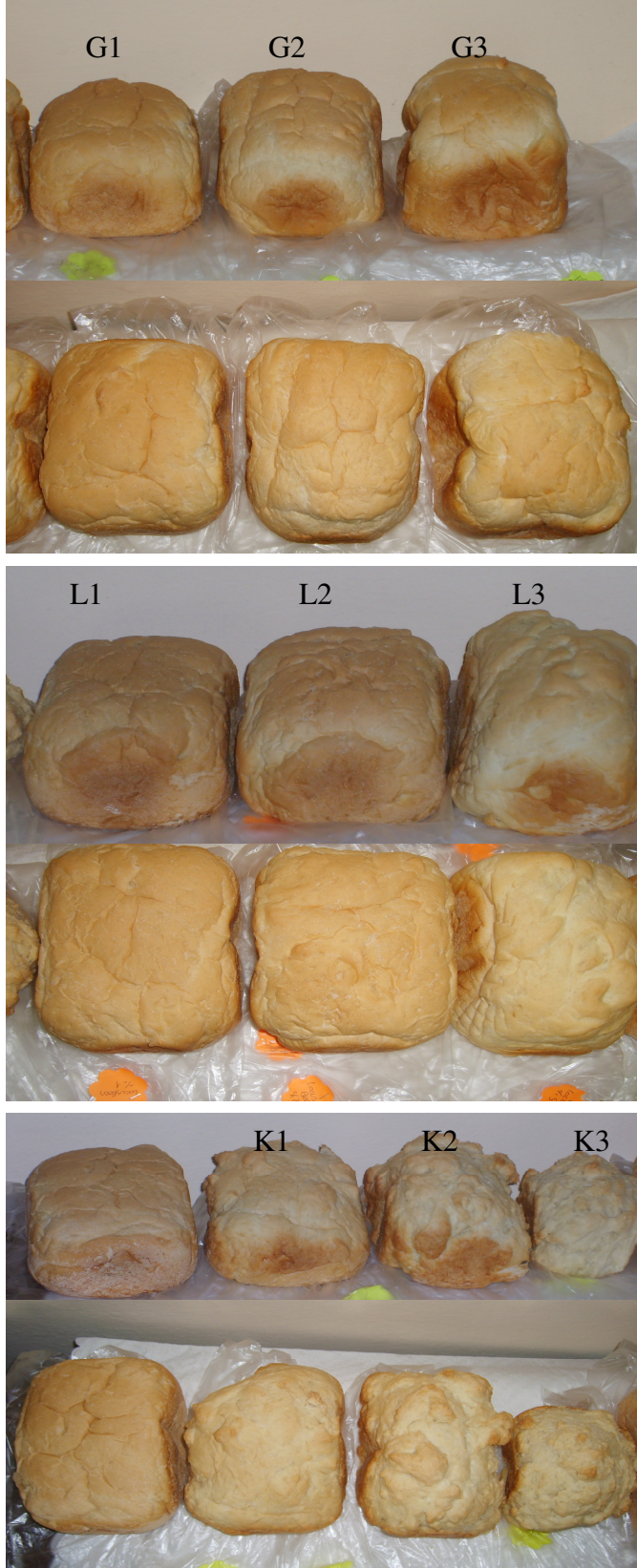
## EKLER

Ek A. Ekmek dilimleri görüntüleri

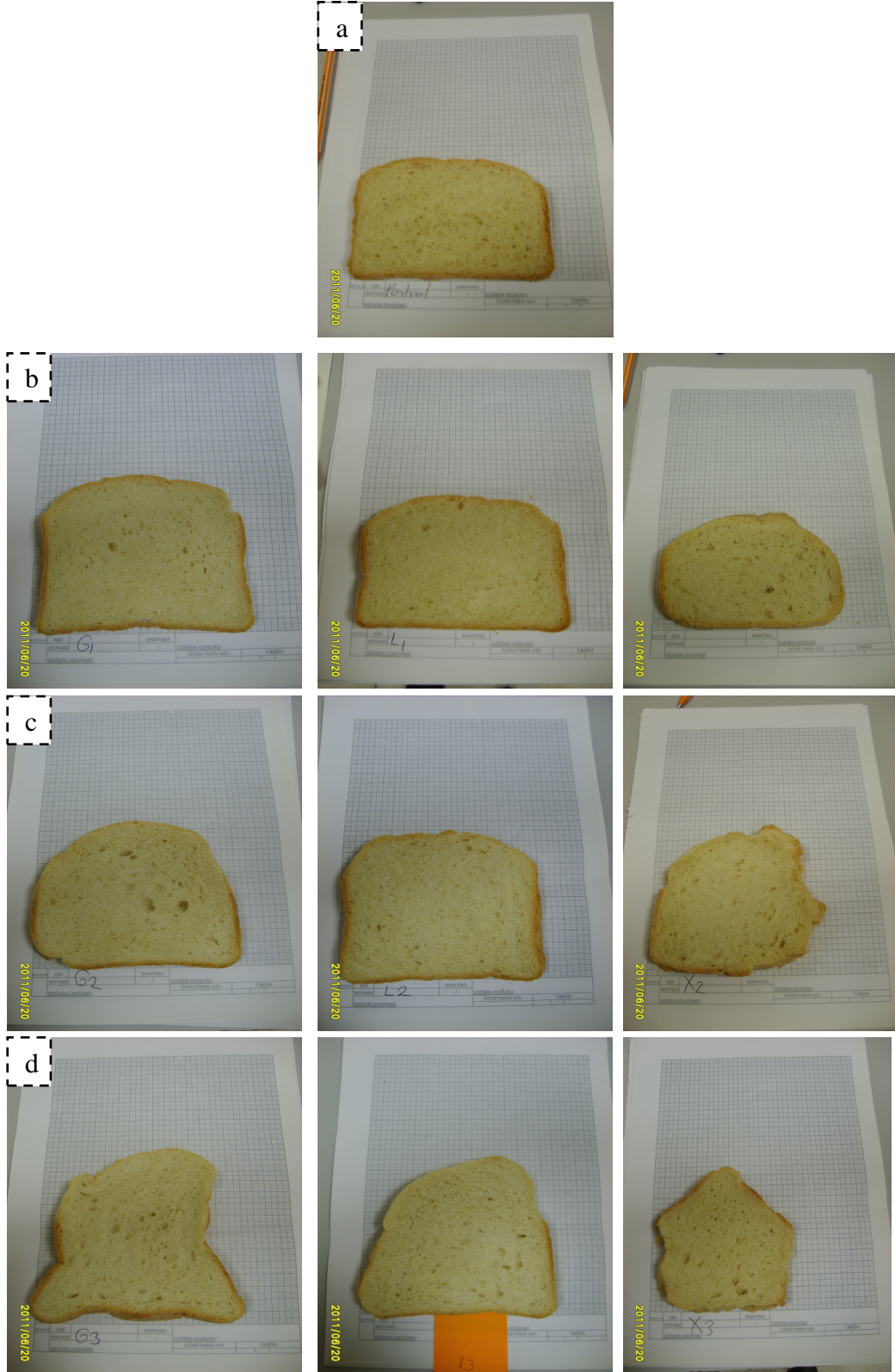




**Ek B.** Guar, Locust bean, Ksantan gam katılan somun ekmek örnekleri



**Ek C.** Ekmek dilimlerinin görüntüleri a: kontrol, b:%1'lik, c:%2,5'luk, d:%5'lik örnekleri soldan sağa:GG, LBG, KG



## Ek D. Duyusal Analiz Testi Formu

### DUYUSAL ANALİZ TESTİ

Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği'nin Yetki Kanunu Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği'nce Yayınlandığı R. Gazete 15.02.2002-24672 Tebliğ No 2002/13 ve Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında Tebliğin Yayınlandığı R. Gazete 15.10.2003-25260 Tebliğ No:2003-36 ve Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında Tebliğin Yayınlandığı R. Gazete 05.03.2008-26807 Tebliğ No:2008-5 ve Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında Tebliğ Yayınlandığı R. Gazete 27.06.2008-26919 Tebliğ No:2008-38 göre ekmek: Ekmeklik buğday ununa içilebilir nitelikte su, tuz, maya (*Saccharomyces cerevisiae*), gerektiğinde "Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğinde izin verilen katkı maddeleri ile Tarım ve Köy işleri Bakanlığı'ndan üretim izni almış şeker, enzim ve benzeri maddeleri içeren ekmek katkı karışımları katılarak hazırlanan hamurun tekniğine uygun bir şekilde yoğrulup, çeşitli şekillerde hazırlanıp fermantasyona bırakılması ve pişirilmesi ile yapılan üründür. Bu Tebliğ kapsamındaki ürünlerin özellikleri aşağıda verilmiştir: Duyusal özellikler: Dışından bakıldığında iyi pişmiş ve kabarmış, kendine has görünüşte, kokuda ve kabuk renk dağılımı olabildiğince homojen olmalı, basık ve yanık olmamalıdır. Ekmek ve ekmek çeşitlerinin iç özellikleri: Kesildiği zaman iç kısmı süngerimsi yapıda, gözenekler mümkün olduğunca homojen olmalıdır. Büyük hava boşlukları bulunmamalı, hamur ve yapışkan olmamalı, karışmamış halde un, tuz katkı maddeleri, bunların topakları ve yabancı madde bulunmamalı, rengi beyaz krem ve homojen olmalı, kendine has tat ve kokuda olmalı, yabancı tat ve koku hissedilmemelidir. Ekmek çeşitlerinin iç özellikleri ise, hamur ve yapışkan olmamalı, karışmamış halde, bunların topakları ve

yabancı madde bulunmamalı, kendine has tat ve kokuda olmalı, yabancı tat ve koku hissedilmemelidir.

1. Cinsiyetiniz.

☐ Kadın

☐ Erkek

2. Ailenizin Gelir Durumu

☐ 500 TL ve Alt

☐ 500 TL ve 2000 TL arası

☐ 2000 TL ve Üstü

3. Günlük Ekmek tüketiminiz.

☐ Tüketmem

☐ Her öğün tüketirim

☐ Ekmeksiz yemek yemem

☐ Sadece kahvaltıda tüketirim

4. Ekmek alırken nelere dikkat edersiniz.

☐ Renk

☐ Yumuşaklık

☐ Sade oluşu

☐ Koku

☐ Tazelik

☐ Lezzet

5. Aşağıda tabloda isimleri görülen örnekleri tat ve koku özelliklerine göre 1'den 5'e kadar puanlayınız. 1: Çok az, 2: Az, 3: Orta, 4: İyi, 5: Çok iyi

| ÖRNEKLER | TAT |       |       |            |        |       | KOKU      |             |                      |              |
|----------|-----|-------|-------|------------|--------|-------|-----------|-------------|----------------------|--------------|
|          | Acı | Tatlı | Küflü | Ekmek Tadı | Asidik | Tuzlu | Hamurumsu | Maya Kokusu | Katkı Maddesi Kokusu | Ekmek Kokusu |
| 1301Y    |     |       |       |            |        |       |           |             |                      |              |
| 1301G    |     |       |       |            |        |       |           |             |                      |              |
| 1301M    |     |       |       |            |        |       |           |             |                      |              |
| 1301S    |     |       |       |            |        |       |           |             |                      |              |
| 1301P    |     |       |       |            |        |       |           |             |                      |              |
| 1301D    |     |       |       |            |        |       |           |             |                      |              |
| 1301B    |     |       |       |            |        |       |           |             |                      |              |
| 1301Z    |     |       |       |            |        |       |           |             |                      |              |
| 1301H    |     |       |       |            |        |       |           |             |                      |              |
| 1301R    |     |       |       |            |        |       |           |             |                      |              |

6. Aşağıda tabloda isimleri görülen örnekleri renk ve tekstür özelliklerine göre 1'den 5'e kadar puanlayınız

| ÖRNEKLER | RENK |      |     |        | TEKSTÜR (YAPI) |      |      |                 |             |
|----------|------|------|-----|--------|----------------|------|------|-----------------|-------------|
|          | Acık | Koyu | Mat | Parlak | Gözenekli      | Sert | Unsu | Çiğnenebilirlik | Yapışkanlık |
| 1301Y    |      |      |     |        |                |      |      |                 |             |
| 1301G    |      |      |     |        |                |      |      |                 |             |
| 1301M    |      |      |     |        |                |      |      |                 |             |
| 1301S    |      |      |     |        |                |      |      |                 |             |
| 1301P    |      |      |     |        |                |      |      |                 |             |
| 1301D    |      |      |     |        |                |      |      |                 |             |
| 1301B    |      |      |     |        |                |      |      |                 |             |
| 1301Z    |      |      |     |        |                |      |      |                 |             |
| 1301H    |      |      |     |        |                |      |      |                 |             |
| 1301R    |      |      |     |        |                |      |      |                 |             |

6. Tattığınız örneklerden hangisini tercih edersiniz?

.....

.....

.....

## Ek E.TPA Analiz Grafiği

| ÖRNEKLER, | Hardness | t1   | t2   | t4    | t5    | Springeness | Cohesiveness | Gamminess | Chewiness | Resilience |
|-----------|----------|------|------|-------|-------|-------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| Kontrol   | 95,56    | 1,41 | 7,96 | 23,55 | 28,50 | 0,76        | 0,56         | 53,32     | 40,37     | 0,43       |
| Kontrol   | 33,70    | 0,16 | 7,12 | 21,96 | 26,13 | 0,60        | 0,46         | 15,54     | 9,32      | 0,36       |
| Kontrol   | 67,72    | 0,71 | 7,36 | 20,57 | 26,74 | 0,93        | 0,45         | 30,14     | 27,98     | 0,28       |
| Kontrol   | 39,82    | 0,36 | 6,37 | 19,03 | 23,89 | 0,81        | 0,43         | 17,28     | 13,98     | 0,34       |
| ORT       | 59,20    | 0,66 | 7,20 | 21,27 | 26,31 | 0,77        | 0,47         | 29,07     | 22,91     | 0,35       |
| STDEV     | 28,40    | 0,55 | 0,66 | 1,93  | 1,91  | 0,14        | 0,06         | 17,43     | 14,08     | 0,06       |
| KG1       | 61,92    | 0,72 | 6,76 | 19,77 | 25,38 | 0,93        | 0,55         | 34,06     | 31,61     | 0,39       |
| KG1       | 49,16    | 1,35 | 6,88 | 21,75 | 25,63 | 0,70        | 0,72         | 35,20     | 24,64     | 0,60       |
| KG1       | 29,64    | 0,48 | 5,53 | 16,65 | 21,63 | 0,99        | 0,53         | 15,71     | 15,49     | 0,41       |
| ORT       | 46,91    | 0,77 | 4,96 | 15,02 | 18,63 | 0,69        | 0,46         | 25,60     | 21,46     | 0,36       |
| STDEV     | 16,26    | 0,40 | 2,93 | 8,98  | 11,30 | 0,39        | 0,28         | 10,46     | 8,23      | 0,22       |
| KG2       | 37,76    | 0,31 | 5,99 | 17,93 | 22,95 | 0,88        | 0,53         | 20,16     | 17,82     | 0,34       |
| KG2       | 22,04    | 0,17 | 5,83 | 17,32 | 22,51 | 0,92        | 0,62         | 13,68     | 12,55     | 0,55       |
| KG2       | 13,81    | 0,10 | 6,09 | 18,14 | 23,29 | 0,86        | 0,73         | 10,05     | 8,65      | 0,69       |
| KG2       | 28,60    | 0,17 | 3,92 | 13,36 | 16,75 | 0,90        | 0,64         | 18,33     | 16,57     | 0,55       |
| ORT       | 25,55    | 0,19 | 5,46 | 16,69 | 21,38 | 0,89        | 0,63         | 15,56     | 13,90     | 0,53       |
| STDEV     | 10,14    | 0,09 | 1,03 | 2,24  | 3,10  | 0,02        | 0,08         | 4,57      | 4,16      | 0,14       |
| KG3       | 125,54   | 0,54 | 5,46 | 18,04 | 21,39 | 0,68        | 0,56         | 70,68     | 48,25     | 0,28       |
| KG3       | 31,51    | 0,43 | 4,70 | 15,99 | 19,10 | 0,73        | 0,61         | 19,25     | 13,98     | 0,44       |
| KG3       | 18,98    | 0,31 | 5,35 | 18,07 | 20,99 | 0,58        | 0,62         | 11,76     | 6,80      | 0,50       |
| KG3       | 23,23    | 0,44 | 5,08 | 16,92 | 20,21 | 0,71        | 0,53         | 12,19     | 8,66      | 0,40       |
| ORT       | 24,57    | 0,39 | 5,04 | 16,99 | 20,10 | 0,67        | 0,59         | 14,40     | 9,81      | 0,45       |
| LBG1      | 1,55     | 0,07 | 5,12 | 15,29 | 20,38 | 1,01        | 0,47         | 0,73      | 0,73      | 0,29       |
| LBG1      | 18,21    | 0,07 | 5,87 | 17,70 | 22,61 | 0,85        | 0,40         | 7,25      | 6,15      | 0,35       |
| LBG1      | 29,46    | 0,14 | 5,18 | 15,56 | 20,51 | 0,98        | 0,38         | 11,17     | 10,97     | 0,34       |
| LBG1      | 1,29     | 0,04 | 5,10 | 15,36 | 20,31 | 0,98        | 0,70         | 0,89      | 0,87      | 0,39       |
| LBG1      | 25,27    | 0,14 | 5,08 | 16,00 | 20,24 | 0,86        | 0,48         | 12,18     | 10,44     | 0,40       |
| LBG1      | 23,89    | 0,20 | 4,77 | 14,78 | 19,32 | 0,99        | 0,71         | 17,05     | 16,96     | 0,67       |
| LBG1      | 40,69    | 0,24 | 5,57 | 17,02 | 21,70 | 0,88        | 0,54         | 21,85     | 19,18     | 0,43       |
| ORT       | 34,56    | 0,39 | 5,15 | 15,83 | 19,79 | 0,74        | 0,49         | 18,99     | 15,34     | 0,39       |
| STDEV     | 14,46    | 0,07 | 0,36 | 1,04  | 1,08  | 0,07        | 0,13         | 7,88      | 7,24      | 0,12       |
| LBG2      | 49,08    | 0,28 | 6,53 | 19,18 | 24,68 | 0,88        | 0,48         | 23,61     | 20,77     | 0,34       |
| LBG2      | 5,42     | 0,10 | 5,66 | 17,05 | 22,00 | 0,89        | 0,50         | 2,71      | 2,41      | 0,42       |
| LBG2      | 51,01    | 0,28 | 4,64 | 15,28 | 18,90 | 0,83        | 0,54         | 27,34     | 22,72     | 0,37       |
| LBG2      | 4,35     | 0,07 | 5,15 | 15,97 | 20,44 | 0,88        | 0,58         | 2,50      | 2,20      | 0,47       |
| LBG2      | 2,44     | 0,00 | 6,10 | 17,87 | 23,26 | 0,88        | 0,47         | 1,15      | 1,02      | 0,23       |
| ORT       | 22,46    | 0,15 | 5,61 | 17,07 | 21,86 | 0,87        | 0,51         | 11,46     | 9,82      | 0,37       |
| STDEV     | 25,21    | 0,13 | 0,75 | 1,54  | 2,27  | 0,02        | 0,04         | 12,87     | 10,92     | 0,09       |
| LBG3      | 48,89    | 0,21 | 5,60 | 18,58 | 21,80 | 0,60        | 0,38         | 18,53     | 11,07     | 0,28       |
| LBG3      | 94,86    | 0,41 | 5,56 | 17,39 | 21,90 | 0,87        | 0,50         | 46,96     | 41,08     | 0,30       |
| LBG3      | 35,83    | 0,14 | 5,53 | 18,04 | 21,63 | 0,67        | 0,35         | 12,43     | 8,28      | 0,25       |
| ORT       | 59,86    | 0,25 | 5,56 | 18,00 | 21,77 | 0,71        | 0,41         | 25,97     | 20,14     | 0,28       |
| STDEV     | 31,01    | 0,14 | 0,04 | 0,59  | 0,14  | 0,14        | 0,08         | 18,43     | 18,19     | 0,03       |
| G1        | 7,72     | 0,00 | 7,16 | 21,60 | 26,46 | 0,68        | 0,49         | 3,75      | 2,55      | 0,64       |
| GG1       | 34,45    | 0,24 | 6,37 | 18,55 | 23,81 | 0,86        | 0,45         | 15,50     | 13,30     | 0,34       |
| GG1       | 33,02    | 0,38 | 5,93 | 17,63 | 22,88 | 0,95        | 0,42         | 13,90     | 13,15     | 0,35       |
| GG1       | 13,97    | 0,10 | 5,09 | 17,26 | 20,24 | 0,60        | 0,33         | 4,67      | 2,79      | 0,40       |
| ORT       | 22,29    | 0,18 | 6,14 | 18,76 | 23,35 | 0,77        | 0,42         | 9,46      | 7,95      | 0,43       |
| STDEV     | 13,47    | 0,16 | 0,87 | 1,97  | 2,57  | 0,16        | 0,06         | 6,10      | 6,10      | 0,14       |
| GG2       | 64,14    | 0,78 | 6,12 | 18,10 | 23,32 | 0,98        | 0,44         | 27,96     | 27,36     | 0,28       |
| GG2       | 22,90    | 0,04 | 5,91 | 17,49 | 22,75 | 0,89        | 0,31         | 7,17      | 6,41      | 0,25       |
| GG2       | 22,36    | 0,16 | 6,49 | 19,18 | 24,44 | 0,83        | 0,32         | 7,24      | 6,03      | 0,25       |
| GG2       | 19,32    | 0,16 | 6,49 | 18,35 | 24,40 | 0,96        | 0,37         | 7,09      | 6,78      | 0,28       |
| ORT       | 32,18    | 0,28 | 6,25 | 18,28 | 23,73 | 0,92        | 0,36         | 12,37     | 11,65     | 0,27       |
| STDEV     | 21,36    | 0,34 | 0,29 | 0,70  | 0,83  | 0,07        | 0,06         | 10,40     | 10,48     | 0,02       |
| GG3       | 81,71    | 0,65 | 4,89 | 17,12 | 19,66 | 0,60        | 0,48         | 38,81     | 23,28     | 0,26       |
| GG3       | 88,91    | 0,60 | 4,92 | 16,41 | 19,72 | 0,77        | 0,48         | 42,76     | 32,77     | 0,31       |
| GG3       | 59,85    | 0,82 | 4,58 | 15,79 | 18,73 | 0,78        | 0,58         | 34,77     | 27,22     | 0,41       |
| ORT       | 76,82    | 0,69 | 4,79 | 16,44 | 19,37 | 0,72        | 0,51         | 38,78     | 27,76     | 0,33       |
| STDEV     | 15,13    | 0,12 | 0,19 | 0,67  | 0,56  | 0,10        | 0,06         | 4,00      | 4,77      | 0,07       |



## Ek F. TPA İstatistik Verileri

Dependent Variable: Veriler  
Tamhane

| (I) Gruplar | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig.  | 95% Confidence Interval |             |
|-------------|-----------------------|------------|-------|-------------------------|-------------|
|             |                       |            |       | Lower Bound             | Upper Bound |
| 1,00 2,00   | 35,24800*             | 6,12248    | ,004  | 11,1397                 | 59,3563     |
| 3,00        | 35,44500*             | 6,12186    | ,004  | 11,3359                 | 59,5541     |
| 4,00        | 17,37200              | 6,85984    | ,312  | -7,0015                 | 41,7455     |
| 5,00        | 20,63500              | 6,51106    | ,122  | -3,3731                 | 44,6431     |
| 6,00        | 35,51800*             | 6,12172    | ,004  | 11,4088                 | 59,6272     |
| 2,00 1,00   | -35,24800*            | 6,12248    | ,004  | -59,3563                | -11,1397    |
| 3,00        | ,19700                | ,12892     | ,909  | -,2512                  | ,6452       |
| 4,00        | -17,87600*            | 3,09786    | ,004  | -30,0669                | -5,6851     |
| 5,00        | -14,61300*            | 2,22110    | ,001  | -23,3468                | -5,8792     |
| 6,00        | ,27000                | ,12195     | ,502  | -,1661                  | ,7061       |
| 3,00 1,00   | -35,44500*            | 6,12186    | ,004  | -59,5541                | -11,3359    |
| 2,00        | -,19700               | ,12892     | ,909  | -,6452                  | ,2512       |
| 4,00        | -18,07300*            | 3,09664    | ,004  | -30,2653                | -5,8807     |
| 5,00        | -14,81000*            | 2,21940    | ,001  | -23,5458                | -6,0742     |
| 6,00        | ,07300                | ,08540     | 1,000 | -,2172                  | ,3632       |
| 4,00 1,00   | -17,37200             | 6,85984    | ,312  | -41,7455                | 7,0015      |
| 2,00        | 17,87600*             | 3,09786    | ,004  | 5,6851                  | 30,0669     |
| 3,00        | 18,07300*             | 3,09664    | ,004  | 5,8807                  | 30,2653     |
| 5,00        | 3,26300               | 3,80865    | 1,000 | -9,7698                 | 16,2958     |
| 6,00        | 18,14600*             | 3,09636    | ,004  | 5,9533                  | 30,3387     |
| 5,00 1,00   | -20,63500             | 6,51106    | ,122  | -44,6431                | 3,3731      |
| 2,00        | 14,61300*             | 2,22110    | ,001  | 5,8792                  | 23,3468     |
| 3,00        | 14,81000*             | 2,21940    | ,001  | 6,0742                  | 23,5458     |
| 4,00        | -3,26300              | 3,80865    | 1,000 | -16,2958                | 9,7698      |
| 6,00        | 14,88300*             | 2,21900    | ,001  | 6,1467                  | 23,6193     |
| 6,00 1,00   | -35,51800*            | 6,12172    | ,004  | -59,6272                | -11,4088    |
| 2,00        | -,27000               | ,12195     | ,502  | -,7061                  | ,1661       |
| 3,00        | -,07300               | ,08540     | 1,000 | -,3632                  | ,2172       |
| 4,00        | -18,14600*            | 3,09636    | ,004  | -30,3387                | -5,9533     |
| 5,00        | -14,88300*            | 2,21900    | ,001  | -23,6193                | -6,1467     |

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

### ANOVA

Veriler

|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F      | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| Between Groups | 10214,155      | 5  | 2042,831    | 23,572 | ,000 |
| Within Groups  | 4679,814       | 54 | 86,663      |        |      |
| Total          | 14893,970      | 59 |             |        |      |

## Ek G. Ekmek içi renk istatistik verileri

### Multiple Comparisons

Dependent Variable: Veriler  
Tamhane

| (I) Gruplar | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval |             |
|-------------|-----------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
|             |                       |            |      | Lower Bound             | Upper Bound |
| 1,00 2,00   | -1,96400              | ,94689     | ,285 | -4,7994                 | ,8714       |
| 3,00        | 5,20800*              | ,55212     | ,000 | 3,3837                  | 7,0323      |
| 4,00        | -60,90000*            | 1,76632    | ,000 | -66,5597                | -55,2403    |
| 2,00 1,00   | 1,96400               | ,94689     | ,285 | -,8714                  | 4,7994      |
| 3,00        | 7,17200*              | ,78007     | ,000 | 4,5767                  | 9,7673      |
| 4,00        | -58,93600*            | 1,85029    | ,000 | -64,6912                | -53,1808    |
| 3,00 1,00   | -5,20800*             | ,55212     | ,000 | -7,0323                 | -3,3837     |
| 2,00        | -7,17200*             | ,78007     | ,000 | -9,7673                 | -4,5767     |
| 4,00        | -66,10800*            | 1,68279    | ,000 | -71,7380                | -60,4780    |
| 4,00 1,00   | 60,90000*             | 1,76632    | ,000 | 55,2403                 | 66,5597     |
| 2,00        | 58,93600*             | 1,85029    | ,000 | 53,1808                 | 64,6912     |
| 3,00        | 66,10800*             | 1,68279    | ,000 | 60,4780                 | 71,7380     |

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

### ANOVA

Veriler

|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F        | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|----------|------|
| Between Groups | 29087,370      | 3  | 9695,790    | 1040,208 | ,000 |
| Within Groups  | 335,556        | 36 | 9,321       |          |      |
| Total          | 29422,926      | 39 |             |          |      |