

**VAKFIKEBİR EKMEK HAMURUNDAN
LAKTİK ASİT BAKTERİLERİNİN
İZOLASYONU-İDENTİFİKASYONU VE EKMEK
ÜRETİMİNDE KULLANILABİLME İMKANLARI**

Kamil Emre GERÇEKASLAN

**Doktora Tezi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Doç. Dr. H. Gürbüz KOTANCILAR
2012**

Her hakkı saklıdır.

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

VAKFIKEBİR EKMEK HAMURUNDAN
LAKTİK ASİT BAKTERİLERİNİN İZOLASYONU-İDENTİFİKASYONU
VE EKMEK ÜRETİMİNDE KULLANILABİLME İMKANLARI

Kamil Emre GERÇEKASLAN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ERZURUM
2012

Her Hakkı Saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

VAKFIKEBİR EKMEK HAMURUNDAN LAKTİK ASİT BAKTERİLERİNİN
İZOLASYONU-İDENTİFİKASYONU VE EKMEK ÜRETİMİNDE
KULLANILABİLME İMKANLARI

Doç.Dr. H. Gürbüz KOTANCILAR danışmanlığında, Kamil Emre GERÇEKASLAN tarafından hazırlanan bu çalışma 27.02.2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora tezi olarak ~~oybirliği/oy çokluğu~~ (5./5.) ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof.Dr. Fulya TURANTAŞ

İmza :

Üye : Prof.Dr. Hakan ÖZER

İmza :

Üye : Doç.Dr. H.Gürbüz KOTANCILAR

İmza :

Üye : Doç.Dr. M.Murat KARAOĞLU

İmza :

Üye : Doç.Dr. Güzin KABAN

İmza :

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum

Prof.Dr. İhsan EFEOĞLU
Enstitü Müdürü

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri ve TUBİTAK 1002-Hızlı Destek Programı kapsamında desteklenmiştir.

Proje No: BAP 2009/09; **TUBİTAK:** 109O867

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Doktora Tezi

VAKFIKEBİR EKMEK HAMURUNDAN LAKTİK ASİT BAKTERİLERİNİN İZOLASYONU-İDENTİFİKASYONU VE EKMEK ÜRETİMİNDE KULLANILABİLME İMKANLARI

Kamil Emre GERÇEKASLAN

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. H. Gürbüz KOTANCILAR

Araştırmada Vakfikebir ekmeğ hamuru örneklerinden toplam 113 laktik asit bakterisi izole ve tanımlanmıştır. Örneklerde dominant türün *Lactobacillus plantarum* (%54) olduğu bunu *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* (%13,2) ve *L. brevis* (%7,9)' in izlediği belirlenmiştir. Hamurdan izole-tanımlanmış olan suşlardan seçilen *L. plantarum* HB75 ve *L. brevis* EG80, starter kültür olarak kullanılarak 4 grup ekmeğ (kontrol, *L. plantarum* HB75, *L. brevis* EG80 ve *L. plantarum* HB75 + *L. brevis* EG80) üretilmiştir. Üretilen ekmeğlerin bazı kalitatif özellikleri ve uçucu bileşik profili incelenmiştir. Starter kültür kullanımının ekmeğ hacmi ($p<0,01$), kabuk rengi ($p<0,05$), ağırlığı ($p<0,05$), ekmeğ içi pH değeri ($p<0,01$), yumuşaklık ($p<0,01$), hidrasyon kapasitesi ($p<0,01$) ve tekstürel özellikleri ($p<0,01$ veya $p<0,05$) üzerine önemli etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Starter kültür kullanımının ekmeğ hacmini artırdığı ve ekmeğ içini yumuşattığı tespit edilmiştir. En yüksek ekmeğ hacmi karışık kültür kullanımında elde edilmiştir. Ayrıca starter kültür kullanımının uçucu bileşikler üzerinde farklı seviyelerde ($p<0,01$ veya $p<0,05$) etkili olduğu da saptanmıştır. *L. plantarum* HB75 + *L. brevis* EG80 karışık kültürünün hamurda ve ekmeğ içinde toplam uçucu bileşik miktarı açısından en yüksek değere sahip olduğu görülmüştür.

2012, 84 sayfa

Anahtar Kelimeler: Vakfikebir, ekmeğ, ekşi hamur, laktik asit bakterisi, uçucu bileşikler, depolama süresi, TPA

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

ISOLATION-IDENTIFICATION OF LACTIC ACID BACTERIA FROM VAKFIKEBİR BREAD DOUGH AND THEIR POSSIBILITY OF USE IN BREAD PRODUCTION

Kamil Emre GERÇEKASLAN

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. H. Gürbüz KOTANCILAR

In this research, 113 lactic acid bacteria were isolated and identified from Vakfikebir bread dough samples. Dominant species in dough samples was *Lactobacillus plantarum* (54%) followed by *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* (13,2%) and *L. brevis* (7,9%). From the strains isolated and identified from the dough samples, *L. plantarum* HB75 and *L. brevis* EG80 were used as starter cultures and 4 bread groups (control, *L. plantarum* HB75, *L. brevis* EG80 and *L. plantarum* HB75 + *L. brevis* EG80) were produced. The qualitative properties and volatile compounds profile of breads were investigated. It was determined that the use of starter cultures had a significant effect on volume ($p<0,01$), crust color ($p<0,05$), weight ($p<0,05$), crumb pH ($p<0,01$), softness ($p<0,01$), hydration capacity ($p<0,01$) and textural properties of breads ($p<0,01$ or $p<0,05$). The use of starter cultures increased bread volume and softened bread crumb. The mixed culture (*L. plantarum* HB75 + *L. brevis* EG80) bread had the highest volume. It was also determined that the use of starter cultures had a significant effect on volatile compounds in different levels ($p<0,01$ or $p<0,05$). In terms of total volatile compound amounts, the mixed culture showed highest value in dough and bread crumb.

2012, 84 pages

Keywords: Vakfikebir, bread, sourdough, lactic acid bacteria, volatile compounds, storage time, TPA

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın planlanması ve yürütülmesinde emeği geçen hocam Sayın Doç. Dr. H. Gürbüz KOTANCILAR'a teşekkür ederim.

ÇalıŐmalarım esnasında desteğini benden esirgemeyen Gıda Mühendisliği Bölüm BaŐkanı Sayın Prof. Dr. Mkerrem KAYA'ya, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım Sayın Doç. Dr. Güzin KABAN ve Sayın Doç. Dr. M. Murat KARAOĞLU'na ve de laboratuvar çalışmalarında beni yalnız bırakmayan değerli ağabeyim Okt. Hüseyin BOZ'a teŐekkürü bir borç bilirim.

Bu zamana kadar maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen aileme Őükranlarımı sunarım.

Kamil Emre GERÇEKASLAN

Őubat 2012

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	10
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	23
3.1. Materyal.....	23
3.2. Yöntem	24
3.2.1. Laktik asit bakterilerinin izolasyonu ve identifikasyonu	24
3.2.2. Un analizleri	25
3.2.3. Deneme hamurlarında yapılan analizler.....	25
3.2.4. Deneme ekmeklerinin üretimi	25
3.2.5. Ekmekte yapılan analizler	26
3.2.5.a. pH tayini	26
3.2.5.b. Ekmek içi, ekmek kabuğu ve kabuğa yakın bölgenin nem miktarının belirlenmesi	26
3.2.5.c. Su aktivitesi ölçümleri	26
3.2.5.d. Ekmek için su tutma (hidrasyon) kapasitesinin belirlenmesi.....	27
3.2.5.e. Penetrometre ile ekmek içi yumuşaklık değerinin belirlenmesi.....	27
3.2.5.f. Ekmek içinin tekstür özelliklerinin belirlenmesi	27
3.2.6. Uçucu bileşiklerin analizi.....	29
3.2.7. İstatistiksel analizler	30
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	31
4.1. İzolasyon ve İdentifikasyon Sonuçları	31
4.2. Deneme Hamurlarına ait Renk ve pH Değerleri	33
4.3. Deneme Ekmeklerine Ait Sonuçlar	35

4.3.1. Ekmek içi ve kabuğuna ait renk değerleri	35
4.3.2. Ekmeklerin hacim, ağırlık, spesifik hacim ve ekmek içi pH değerleri	38
4.3.3. Ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin nem içeriği ve su aktivitesi değerleri	41
4.3.4. Ekmek içinin yumuşaklığı ve hidrasyon kapasitesi değerleri	48
4.3.5. Ekmek içi tekstür profil analizi (TPA) değerleri.....	52
4.3.6. Uçucu Bileşikler	57
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	75
KAYNAKLAR	79
ÖZGEÇMİŞ	85

SİMGELER DİZİNİ

a_w	Su Aktivitesi
cm	Santimetre
dk	Dakika
g	Gram
kg	Kilogram
kob	Koloni Oluşturan Bakteri
log	Logaritma
mm	Milimetre
N	Newton
s	Saniye
°C	Derece Santigrat

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Glikolizis ile oluşan uçucu bileşikler.....	4
Şekil 3.1. Örnek bir TPA grafiği.....	29
Şekil 4.1. Ekmek içi su aktivitesi üzerinde etkili olan starter kültür x depolama süresi interaksyonu	47
Şekil 4.2. Ekmek kabuğu su aktivitesi üzerinde etkili olan starter kültür x depolama süresi interaksyonu	47
Şekil 4.3. Ekmek kabuğuna yakın bölgenin su aktivitesi üzerinde etkili olan starter kültür x depolama süresi interaksyonu	47
Şekil 4.4. Ekmek içi hidrasyon kapasitesi üzerinde etkili olan starter kültür x depolama süresi interaksyonu.....	52

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> ve <i>Lactobacillus brevis</i> ile fermente edilmiş buğday unu ekşi hamurunda mevcut olan bazı uçucu ve uçucu olmayan bileşikler.....	6
Çizelge 3.1. Una ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları	23
Çizelge 3.2. Ekmek içi tekstür profil analizinin yürütüldüğü koşullar	28
Çizelge 4.1. Laktik asit bakteri suşlarının firmalara göre dağılımı.....	31
Çizelge 4.2. Deneme hamurlarının renk ve pH değerlerine ait analiz sonuçları	34
Çizelge 4.3. Deneme hamurlarının renk ve pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları	34
Çizelge 4.4. Starter kültür değişkenine ait renk ve pH değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları.....	34
Çizelge 4.5. Ekmek içi ve kabuğuna ait renk analizi sonuçları	36
Çizelge 4.6. Ekmek içi renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları	36
Çizelge 4.7. Ekmek kabuğu renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları	36
Çizelge 4.8. Starter kültür değişkenine ait ekmek içi renk değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları.....	37
Çizelge 4.9. Starter kültür değişkenine ait ekmek kabuğu renk değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	37
Çizelge 4.10. Ekmeklerin hacim, ağırlık, spesifik hacim ve ekmek içi pH analizi sonuçları	38
Çizelge 4.11. Ekmeklerin hacim, ağırlık, spesifik hacim ve ekmek içi pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları	39
Çizelge 4.12. Starter kültür değişkenine ait ekmek hacmi, ağırlığı, spesifik hacmi ve ekmek içi pH ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	39
Çizelge 4.13. Depolama süresince ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin (K.Y.B) nem içeriği ve su aktivitesi analiz değerleri ortalamaları.....	42
Çizelge 4.14. Ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin (K.Y.B) nem içeriği değerlerine ait varyans analiz sonuçları	43

Çizelge 4.15. Starter kültür değişkenine ait ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin (K.Y.B) nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	43
Çizelge 4.16. Depolama süresi değişkenine ait ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin (K.Y.B) nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	44
Çizelge 4.17. Ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin (K.Y.B) su aktivitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları	45
Çizelge 4.18. Starter kültür değişkenine ait ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin (K.Y.B) su aktivitesi değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	45
Çizelge 4.19. Depolama süresi değişkenine ait ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin (K.Y.B) su aktivitesi değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	46
Çizelge 4.20. Ekmek içi yumuşaklığı ve hidrasyon kapasitesi analiz değerleri ortalamaları	48
Çizelge 4.21. Ekmek içi yumuşaklığı ve hidrasyon kapasitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları	49
Çizelge 4.22. Starter kültür değişkenine ait ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	49
Çizelge 4.23. Depolama süresi değişkenine ait ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	51
Çizelge 4.24. Ekmeklerin sertlik, elastikiyet, kohezivlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik parametrelerine ait ortalamaları	53
Çizelge 4.25. Ekmek içi sertliği, elastikiyet ve kohezivlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları	54
Çizelge 4.26. Starter kültür değişkenine ait ekmek içi sertliği, elastikiyet ve kohezivlik değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	54

Çizelge 4.27. Depolama süresi değişkenine ait ekmek içi sertliği, elastikiyet ve kohezivlik değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	55
Çizelge 4.28. Ekmek içi sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları	56
Çizelge 4.29. Starter kültür değişkenine ait ekmek içi sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	57
Çizelge 4.30. Depolama süresi değişkenine ait sakızimsılık ve çiğnenme değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	57
Çizelge 4.31. Kontrol grubu ve starter kültür kullanılarak üretilen ekmeklerin hamur, ekmek içi ve ekmek kabuğu uçucu bileşiklerine ait ortalama değerler (10^{-6} amu)	59
Çizelge 4.32. Kontrol grubu ve starter kültür kullanılarak üretilen ekmeklerin uçucu bileşiklerine ait varyans analiz sonuçları.....	61
Çizelge 4.33. Örnek tipi değişkenine ait uçucu bileşik ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları ve bu uçucu bileşiklerin % payları	63
Çizelge 4.34. Starter kültür değişkenine ait uçucu bileşik ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları ve bu uçucu bileşiklerin % payları ..	69

1. GİRİŞ

Ekmek, insanoğlunun en temel gıda maddelerinden birisidir. Dünyanın birçok yerinde yapılan kazı çalışmaları ekmek yapımının yazılı tarihin başında hatta daha öncesinde var olduğunu göstermektedir (Clarke and Arendt 2005). M.Ö. 3000–2700 tarihleri arasında Mısırlıların ekmekçilik alanında çok ilerledikleri tespit edilmiştir (Talay 1997). Antik şehir Chaldea'deki kazılarda ortaya çıkarılan fırın kalıntılarının M.Ö. 4000 yıllarına ait olduğu bildirilmiştir (Elgün ve Ertugay 2003).

Ekmek yapımının amacı mevcut tahıl unlarını tüketicilere çekici, lezzetli ve sindirilebilir bir formda sunmaktır. Ekmek üretim teknolojisindeki gelişmeler mayalanmanın tanımlanmasına bağlı olarak ilerleme göstermiştir. İlk hamur mayalanmasının unda doğal olarak bulunan maya ve laktik asit bakterilerinin aktivitesi sonucu gerçekleştiği düşünülmektedir. Böylelikle asidik tat, aroma ve gaz üretiminden ötürü hacim artışıyla karakterize edilen ekşi hamur kavramı ortaya çıkmıştır. Bir mayalama şekli olarak ekşi hamur kullanımı gıda üretimindeki en eski biyoteknolojik işlemlerden birisidir (Clarke and Arendt 2005).

Ekşi hamur metodunun esası; normal kültür mayalarının yanında kullanılan hammaddeler ve kontaminasyon kaynaklarından gelen yabancı mayaların, laktik, sitrik ve asetik asit bakterilerinin faaliyet gösterdiği bir hamuru bir sonraki hamurda maya olarak kullanmaktır. Bu hamur bekletilirken, özellikle laktik asit bakterilerinin (LAB) metabolik aktivitesi nedeniyle laktik asit fermantasyonu gerçekleşmektedir (Hansen and Schieberle 2005). Bu mikroorganizmalar aynı zamanda organik asitler ve bakteriyosin ve/veya bakteriyosin benzeri bileşikler üreterek antimikrobiyal aktivite göstermektedir. Diğer taraftan bu mikroorganizmaların ürettikleri organik asitler, esterler, alkoller ve karbonilli bileşikler aroma gelişiminde önemli rol oynamakta ve bayatlamayı geciktirmektedir. Bu nedenle ekşi hamurdaki laktik asit bakterileri ve mayalar üzerinde çok sayıda çalışma yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir.

Laktik asit bakterileri metabolik faaliyetleri ile karbonhidratlardan laktik asit üretme yeteneğine sahip mikroorganizmalardır. Cins ve tür özelliklerine bağlı olmakla birlikte bu bakteriler laktik asit yanında asetik asit, karbondioksit, alkol ve bazı aroma bileşenleri oluşturmaktadır. Bununla birlikte laktik asit bakterileri tarafından üretilen asit ve bakteriyosin gibi bazı antimikrobiyal maddeler nedeniyle gıdaların bozulmasına neden olan ve insan sağlığını tehdit eden patojen mikroorganizmalar üzerine antogonistik etkiye de sahiptirler. Bu nedenle, gıda enfeksiyonları ve intoksikasyonları göz önüne alındığında laktik asit bakterilerinin faaliyetiyle üretilen fermente gıdalar insan sağlığı açısından güvenilir gıdalar olarak kabul edilmektedir (Turantaş 1999a).

Ekşi hamurda laktik asit bakterileri ve mayaların varlığı ve de asidifikasyon ve bakteriyel metabolizma arasındaki ilişki ilk olarak 1984 yılında ortaya çıkarılmıştır. *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Enterococcus*, *Lactococcus* ve *Leuconostoc* gibi birçok laktik asit bakterisi buğday ununda doğal olarak bulunmaktadır. Benzer şekilde, birçok laktik asit bakterisi ki özellikle *Lactobacillus* ekşi hamurlardan izole edilmektedir. *Lactobacillus* cinsi bakteriler Gram pozitif, spor oluşturmeyen çubuk veya karmaşık besinsel gereksinimleri olan kokobasillerdir. Bitkiler veya bitkisel kaynaklı ürünler gibi karbonhidrat bakımından zengin gıdalarda ve doğal florada bulunurlar. Optimum gelişme sıcaklıkları 30-40°C'dir. Ekşi hamur laktik asit bakterileri tarafından üretilen başlıca fermantasyon ürünü laktik asittir. Laktik asit bakterilerini fermantasyon son ürünlerine göre homofermantatif ve heterofermantatif olarak iki gruba ayırmak mümkündür. Heterofermantatif türler tarafından hatırı sayılır miktarda asetik asit de üretilmektedir (Clarke and Arendt 2005; Rehman *et al.* 2006).

Ekşi maya hamurları üretimlerindeki teknolojik farklılıklarına göre Tip 1, Tip 2 ve Tip 3 olmak üzere 3 gruba ayırmak mümkündür (Stoltz *et al.* 1995; Hammes and Ganzle 1998; Vogel *et al.* 1999; Clarke and Arendt 2005; Minervini *et al.* 2010). Tip 1 hamurlar mikrofloranın aktivitesini daimi kılmak amacıyla hamurun sürekli olarak çoğaltılmasıyla karakterize edilir. Geleneksel üretimde en fazla kullanılan bu tip hamurlardaki organizmalar düşük pH seviyelerine duyarlıdır. Bu hamurlarda daha ziyade aside dayanıklı türler ortama hakim olmaktadır. Uzun fermantasyon süresi ve

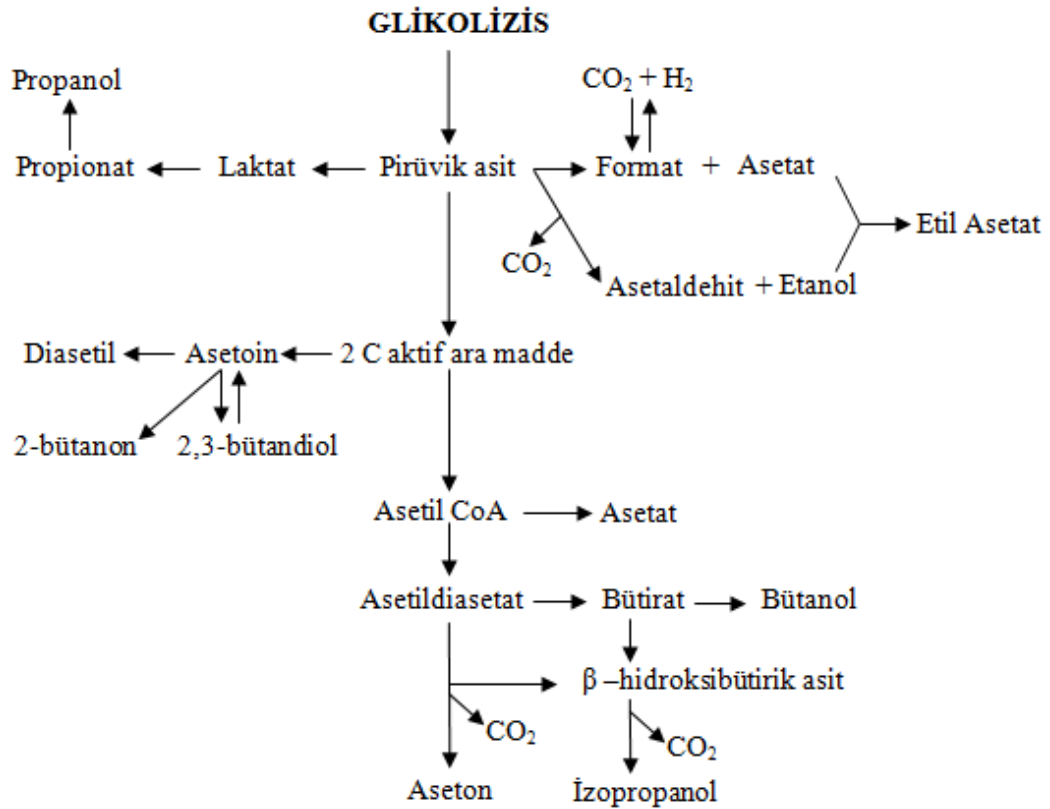
yüksek su içeriğine sahip Tip 2 hamurlar yüksek sıcaklıklarda fermente edilmekte ve esasen asitleştirici ve aroma taşıyıcı olarak kullanılmaktadır. Endüstrinin standart ve kesintisiz üretim ihtiyacından dolayı bu tip hamur ortaya çıkmıştır. Tip 2 ekşi hamur büyük hacimlerde üretilebilir ve 1 haftaya kadar depolanabilir. Bu tip hamur kullanıldığında mayalama amacıyla hamura fırıncı mayası da ilave edilmelidir. Tip 3 hamurlar kurutulmuş ekşi hamurlardır ve esasen tat verici ajan olarak kullanılırlar.

Dünyada ekşi hamur metodu kullanılarak yapılan çok sayıda ekmek çeşidi mevcut olup, ekşi hamurdan üretilen değişik tip ekmeklerin üretiminde değişik laktik asit bakterileri ve maya türleri rol oynamaktadır (Turantaş 1999b). Ekşi hamur ilavesiyle buğday ekmeği yapım geleneği Akdeniz ve Orta Doğu ülkelerinde ve Amerika Birleşik Devletleri San Fransisco Körfezinde geniş ölçüde kullanılmaktadır (Hansen and Schieberle 2005). Ekşi hamurda laktik asit bakterileri ve mayaların starter kültür formunda kullanımı İtalya, Almanya, İspanya ve Fransa'da yaygındır. Buğday ekmeğinin aromasını ve kalitesini geliştirmeye yardımcı olduğu için buğday ürünlerinde ekşi hamur kullanımı popüler hale gelmiştir (Clarke and Arendt 2005; Katina *et al.* 2006). Ekşi hamur içeren ürünlerin katkısız ve doğal imajı tüketicileri bu ürünlere yönelten önemli bir unsurdur.

Ekşi hamurların birçoğu hala bir gün önceki olgun ekşi hamurdan bir parça eklenmek suretiyle yapılmaktadır. Ayrıca, günümüzde spesifik özelliklere sahip ekşi hamur mayaları ile, laktik asit bakterilerinin tanımlanmış suşlarını içeren standardize edilmiş ticari ekşi hamurlara ulaşmak mümkündür. Bu gibi starter kültürler; rekabetçilik, ekşi hamurun viskozitesini değiştiren ekzopolisakkarit üretimi ve aroma oluşumuna katkı gibi belirgin özellikler göz önünde bulundurularak seçilmektedir (Hansen and Schieberle 2005).

Aroma; tüketicilerin ekmeği tercih etmesindeki en önemli duyuşal özelliklerden birisidir (Katina 2005; Rehman *et al.* 2006). Jackel (1969)'a göre ekmek aromasını etkileyen dört önemli faktör bulunmaktadır. Bunlar; bileşenler, fermantasyon, degradasyon ve termal reaksiyonlardır. Bunların içerisinde fermantasyon ve pişirme işlemi ekmek

aromasını etkileyen ana kaynaklardır ve her iki işlem basamağı da zaruridir (Martinez-Anaya 1996; Hansen and Schieberle 2005). Şekil 1.1’de glikolizis ile oluşan uçucu bileşikler gösterilmiştir. Doğal olarak ekşitilmiş hamur ile hazırlanan ekmeklerin tat ve aromasının laktik asit ve asetik asit ilave edilerek ekşitilen hamurdan üretilen ekmeklerin tat ve aromasından daha iyi olduğu belirtilmiştir (Oura *et al.* 1982).



Şekil 1.1. Glikolizis ile oluşan uçucu bileşikler (Martinez-Anaya 1996)

Bugüne kadar ekmekten 540’tan fazla uçucu bileşik izole edildiği ve bu bileşikler içerisinde miktar bakımında en fazla olan bileşik gruplarının sırasıyla alkoller, aldehitler, esterler, ketonlar, asitler, pirazinler, pirolinler, furanlar, hidrokarbonlar ve laktonlar olduğu bildirilmektedir (Cho and Peterson 2010).

Unun ekmek aromasındaki etkisinin az olduğu düşünülmesine karşın, unda az miktarlarda da olsa uçucu bileşikler ve aroma ön maddeleri bulunmaktadır. Ekmek aromasıyla ilişkili olduğu düşünülen uçucu bileşiklerin büyük bir kısmı mayalar

tarafından şekerlerin fermantasyonu sonucu oluşmaktadır. Bu durum fermente edilmemiş hamurdan yapılan ekmeğin fermente edilmiş hamurdan yapılan ekmekten farklı bir aromaya sahip olduğunun tespit edilmesiyle kanıtlanmıştır. Özellikle uzun süreli fermantasyonlarda laktik asit fermantasyonunun etkisiyle aroma gelişimi daha iyi olmaktadır. Pişme esnasındaki karamelizasyonu ve enzimatik olmayan esmerleşmeyi içine alan termal reaksiyonlar kabuk rengini ve aromasını oluşturmaktadır (Martinez-Anaya 1996).

Ekşi hamur ekmeğinde laktik asit bakterileri mayalardan daha düşük seviyelerde uçucu bileşik üretmektedir. Uçucu bileşikler ingredientlerde bulunan veya enzimatik veya mekanik parçalanma sonucu oluşan ön maddelerden meydana gelmektedir. Laktik asit fermantasyonu esnasında mikrobiyal ya da buğday proteaz aktivitesi, maya tarafından kullanılabilir ya da pişirme sırasında aroma bileşenlerine dönüşebilecek olan amino asitlerin oluşmasına neden olmaktadır. Sıklıkla tespit edilen uçucu bileşikler; şekerler ve amino asitler olmak üzere iki grup ön maddeden meydana gelmektedir (Meignen *et al.* 2001).

Ekşi hamurun ekmek aroması üzerine etkisi üç ana faktöre dayanmaktadır. Bu faktörler;

- i) Asitliğin artması,
- ii) Amino asitler gibi aroma ön maddelerinin oluşumu,
- iii) Uçucu bileşiklerin oluşumudur (Katina 2005).

Birçok ekşi hamurda bulunan laktik asit bakterilerinin organik asitlerin yanında antimikrobiyal aktiviteye sahip diğer bazı bileşikler de ürettiği ve bu bileşiklerin pH 4.0-6.0 arasında maksimum düzeyde üretildiği belirtilmiştir (Messens and De Vuyst 2002).

Ekmek aroması; fermantasyon ve pişirme basamakları gibi pişirme proseslerinin farklı kısımlarından ve ingredientlerden kaynaklanan, yüzlerce uçucu ve uçucu olmayan bileşenden oluşmaktadır (Katina 2005). Ekşi hamur ekmeği alkoller, aldehitler,

ketonlar, esterler ve sülfürlü bileşikler olmak üzere pek çok uçucu bileşik grubu içermektedir. Bu bileşikler fermantasyon esnasında meydana gelen biyolojik ve biyokimyasal reaksiyonlar sonucu oluşmaktadır. Uçucu olmayan bileşikler ise homofermantatif ve heterofermantatif laktik asit bakterileri tarafından üretilen organik asitleri içermektedir (Rehman *et al.* 2006). *Saccharomyces cerevisiae*, *L. plantarum* ve *L. brevis* ile fermente edilmiş buğday unu ekşi hamurunda mevcut olan bazı uçucu ve uçucu olmayan bileşikler Çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1. *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus plantarum* ve *Lactobacillus brevis* ile fermente edilmiş buğday unu ekşi hamurunda mevcut olan bazı uçucu ve uçucu olmayan bileşikler (Rehman *et al.* 2006)

Bileşiğin ismi	<i>S. cerevisiae</i>	<i>L. plantarum</i>	<i>L. brevis</i>
Laktik asit	-	+	+
Asetik asit	-	+	+
Etanol	+	-	+
1-Propanol	+	-	-
2-Metil 1-propanol	+	-	-
Etil asetat	+	+	+
3-Metil 1-bütanol	+	-	-
2-Metil 1-bütanol	+	-	-
2-Metil 1-pentanol	-	-	+
1-Hekzanol	+	+	+
3-Hekzen 1-ol	-	-	-
1-Heptanol	-	+	-
1-Octanol	-	-	+
Asetaldehit	+	+	+
3-Metil 1-bütanal	+	+	-
2-Metil 1-bütanal	+	-	-
Hekzanal	+	+	+
3-Metil hekzanal	-	+	-
Heptanal	-	+	+
Trans-2-heptenal	-	+	+
Oktanal	+	+	+
Nonanal	+	+	+
Benzaldehit	-	+	-
Diasetil	+	+	-
Hekzan	+	+	+
Heptan	-	+	+
Oktan	-	+	+

+ : Mevcut - : Mevcut değil

Salovaara (1998) laktik asit bakterilerinin tahıl ve diğer gıda ürünlerinin muhafaza özelliklerini ve aromasını geliştirmesinin yanı sıra teknolojik ve besinsel faydalarının da mevcut olduğunu belirtmiş ve ekşi hamur kullanımının ekmek yapımındaki faydalarını aşağıdaki gibi özetlemiştir.

- a) Un bileşenlerinin modifikasyonunu (protein ve polisakkaritlerin kısmi hidrolizasyonu gibi) sağlayarak hamur pişme özelliklerinin ve ekmek içi özelliklerinin geliştirilmesi,
- b) Maya ve laktik asit bakterilerinin mayalama etkisiyle hamurun daha iyi pişmesi, ekmek içinin daha yumuşak ve daha lezzetli olması,
- c) Fermantasyon esnasında asetik ve laktik asit oluşumuyla ortam pH'sının düşmesi sayesinde bozulmaya neden olan mikrofloranın kontrolünün ve inhibisyonunun sağlanması, ekmeğin küflenmesinin geciktirilmesi ve ekmeklerde rop hastalığına neden olan *Bacillus subtilis* gelişiminin engellenmesi,
- d) Laktik asit, asetik asit ve diğer fermantasyon ürünleri gibi aroma bileşiklerinin oluşumunun ve birikiminin sağlanması,
- e) Fitat yıkımı (degradasyonu) sayesinde mineral biyoyararlılığının artması ve
- f) Ekşi hamurun kullanıldığı ürüne “doğal” imajını kazandırmasıdır.

Ekşi hamur kullanımı aromayı her zaman olumlu yönde etkileyebilir. Ekşi hamur fermantasyonunun arzu edilen ve arzu edilmeyen aroma özelliklerinin her ikisini de geliştirebildiği bildirilmiştir (Katina *et al.* 2006). Aşırı ekşi tadın oluşumunu engelleyebilmek için genellikle kullanılan ekşi hamur miktarı sınırlandırılmaktadır. Ancak bu yaklaşım son üründe önemli olan aroma bileşenlerinin, ekşi hamur kaynaklı

ön maddelerinin miktarını da sınırlamaktadır. Dolayısıyla da ekşi hamur fermantasyonunun her bakımdan kontrollü şartlarda gerçekleştirilmelidir.

Kontrollü olarak fermente edilmiş ekşi hamurdan uygun seviyede kullanmak suretiyle ekmeğin tat ve aromasını geliştirmek mümkündür. Ekşi hamur yöntemiyle mayalanmış buğday ekmeğinin aroması normal şekilde mayalanmış buğday ekmeğinden çok daha zengindir. Bu da ekşi hamur fermantasyon süresinin uzun olmasıyla ilişkilendirilmektedir. Laktik asit bakterilerinin buğday ekmeğinin aroması üzerine etkisinin pozitif olduğu görülmüştür. Ekşi hamurda uçucu aroma bileşenlerinin oluşumunun büyük ölçüde starter kültüre bağlı olduğu ve bununla birlikte kullanılan unun özelliklerinin de önemli olduğu bildirilmiştir (Clarke and Arendt 2005; Katina 2005). Örneğin; yapılan bir çalışmada unun kül içeriğinin son ürünün duyu özelliklerini etkileyen temel faktörlerden biri olduğu saptanmıştır (Katina *et al.* 2006). Konuyla ilgili diğer bir çalışmada da fermantasyon yoluyla asitlendirilmiş hamurlardan yapılan ekmeklerdeki aroma yoğunluğunun kimyasal olarak asitlendirilenlerden çok daha yüksek olduğu bulunmuştur (Clarke and Arendt 2005).

Dünya genelinde buğday ekmeği üretiminde ekşi hamur kullanımı konusunda ülkemizi temsil edebilecek ürünlerimizin başında Trabzon Vakfikebir ekmeği gelmektedir. Günümüzde halen geleneksel yöntemlerle üretilen Vakfikebir ekmeği; pişme sıcaklığı düşük, toplam işlem süresi uzun, kalın kabuklu, iri gözenekli, yüksek hacim ve ağırlıklı, geç bayatlayan, üstün aromaya ve raf ömrüne sahip bir ekmektir. Trabzon Vakfikebir ekmeğinin bu özellikleri hemen herkes tarafından bilindiği için de ülkemizin çeşitli bölgelerinde ekşi hamur yöntemiyle yapılan ekmekler “Trabzon Vakfikebir Ekmeği” adı altında satılmaktadır. Ancak hiçbir zaman Vakfikebir’de yapılan ekmeklere birebir benzemediği de bilinen bir gerçektir.

Ekşi hamur ekmeklerinin kendine özgü özelliklerinin büyük oranda mikroflorasından kaynaklandığı bilinmektedir. Bundan dolayı Vakfikebir ekmeğine en yakın ekşi hamur ekmeğini farklı bölgelerde de üretebilme imkanlarını belirlemek büyük önem arz etmektedir. Mevcut bu araştırma Trabzon Vakfikebir ekmeği hamurundan laktik asit

bakterilerini izole-identifiye etmek ve ekme üretiminde starter kültür olarak kullanılabilme imkanlarını belirlemek amacıyla kurulmuş ve yürütülmüştür.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Lorenz and Maga (1972)'nin beyaz ekmeğin uçucu bileşikleri ve duyuşal özellikleri üzerinde yürüttükleri araştırmada taze ekmekte karbonil bileşikler içerisinde %72,9'luk bir orana sahip olan aldehitlerin beş günlük depolama sonunda %15,1'e düştüğü; ketonların ise %27,1'den %84,9'a yükseldiğini tespit etmişlerdir. Sonuç olarak aldehit seviyesindeki bu düşüşün bayat ekmeğin tat ve lezzet puanlarının düşüşünde önemli bir paya sahip olduğu vurgulanmıştır.

Hironaka (1986) tarafından yürütölen bir araştırmada francala ekmeğin uçucu bileşik profili ile lezzet parametresi arasındaki ilişkiler incelenmiş ve lezzet profili ile karbonil bileşikleri (izobütölaldehit, propölaldehit ve 2-bütanon gibi) arasında önemli pozitif bir ilişkinin olduğu, buna karşın alkollerin (etanol ve izobütöl alkol gibi) lezzet profili üzerinde olumsuz etki gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca fermantasyon süresinin uzamasıyla birlikte ürünün lezzet yoğunluğunun arttığı, pişirme işleminin lezzet üzerine fermantasyona göre daha etkili olduğu belirtilmiş, pişirme işlemi esnasında meydana gelen reaksiyonların lezzetin gelişiminde etkili olan birçok bileşiğin oluşumunda önemli rol oynadığı vurgulanmıştır.

Schieberle and Grosch (1987), buğday ve çavdar ekmeği kabuğunun uçucu bileşiklerini belirlemek amacıyla yürüttükleri araştırmada buğday ekmeği kabuğundaki baskın uçucu bileşiğin 2-asetöl 1-proöl olduğunu ve bunu 2 (E)-nonenal ve 3-metil bütanal'in takip ettiğini tespit etmişlerdir. Çavdar ekmeği kabuğundaki en etkili uçucu bileşiklerin ise 3-metil bütanal, 2(E)-nonenal ve 2,6-dimetöl-3-etölpirazin olduğunu ve ayrıca çavdar ekmeği kabuğunda buğday ekmeği kabuğuna kıyasla daha fazla uçucu bileşik oluştuğunu da belirtmişlerdir.

Üç heterofermantatif ve iki homofermantatif laktik asit bakterisi suşunun starter kültür olarak kullanıldığı ekşi hamurlar ile laktik ve asetik asit kullanılarak üretilen çavdar ekmeklerinin ekmeği için aroma profilinin GC-MS tekniği ile belirlendiği bir çalışmada;

homofermantatif kültürler ile fermente edilen çavdar ekmeği örneklerinde izoalkoller, 2-metil 1-propanol ve 2/3-metil 1-bütanol'ün, asitlerin kullanıldığı çavdar ekmeği örneklerinde ise 2,3-bütandion ve 3-hidroksi 2-bütanon'un fazla miktarlarda bulunduğu tespit edilmiştir (Hansen *et al.* 1989a).

Hansen *et al.* (1989b), farklı fermantasyon sıcaklıkları (25, 30, 35 ve 40°C) ve homofermantatif (*L. delbrueckii*, *L. plantarum*) ve heterofermantatif (*L. sanfrancisco*, *L. brevis*, *Lactobacillus* sp.) laktik asit bakterilerinin çavdar ekşi hamurunun asit ve uçucu bileşik profilini belirlemek üzere yürüttükleri araştırmada, 35°C'de asit üretiminin en fazla olduğunu, ekşi hamurlarda 10'u alkol (etanol, *n*-propanol, 2-metil 1-propanol, *n*-bütanol, 1-penten 3-ol, 2/3-metil 1-bütanol, *n*-pentanol, *n*-hekzanol, *n*-heptanol, *n*-oktanol), 10'u ester (etil asetat, etil *n*-propanoat, bütül asetat, 2-metilbütül asetat, bütül *n*-propanoat, *n*-pentil asetat, etil *n*-hekzanoat, *n*-hekzil asetat, etil laktat, etil *n*-oktanoat) ve 6'sı karbonil (3-metil 1-bütanal, diasetil, *n*-hekzanal, 2-heptanon, *n*-nonanal, benzaldehit) olmak üzere toplam 26 bileşiğin bulunduğunu ve bu bileşikler içerisinde etil asetat, 2-metil 1-propanol, 2/3-metil 1-bütanol, etil *n*-hekzanoat ve diasetil'in starter kültür kullanımı ve/veya fermantasyon sıcaklığı faktörlerinden önemli ölçüde etkilendiğini belirlemişlerdir.

Dığrak ve Özçelik (1991) tarafından yapılan araştırmada, Elazığ ve yöresinde kullanılan ekşi hamur örneklerinde *Saccharomyces cerevisiae*, *S. rouxii*, *S. rosei*, *S. delbrueckii*, *Torulopsis holmii*, *T. un'sporus* ve *T. stelletta* maya türleri izole edilmiş ve aynı çalışmada toplanılan hamur örneklerinden *L. plantarum*, *L. acidophilus*, *L. casei*, *L. brevis*, *L. fermentum*, *L. fructivoran* ve *Pediococcus pentosaceus* bakteri türleri teşhis edilmiştir.

Martinez-Anaya *et al.* (1993), farklı kültürler kullanarak ürettikleri buğday ekşi hamurlarını liyofilize etmişler ve daha sonra bu liyofilizatların starter kültür olarak kullanımının hamurların biyokimyasal özelliklerine ve ekmeğin pişirme performanslarına etkilerini araştırmışlardır. *S. cerevisiae* + *L. plantarum* + *L. brevis* (1), *S. cerevisiae* + *S. fructuum* + *L. brevis* (2), *S. cerevisiae* + *Candida boidinii* + *L. plantarum* (3) ve *L.*

plantarum + *L. brevis* (4) karışık kültür olmak üzere dört farklı starter kullanmışlardır. Starter kültür kullanılmadan üretilen hamurlar ise kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Starter kullanılarak üretilen ekmeklerin duyuşal puanları ile hacim ve titrasyon asitliği değerlerinin kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir.

Chang *et al.* (1995), sert kırmızı kışlık ve sert beyaz kışlık buğday kullanılarak üretilen beyaz tava ve tam buğday ekmeklerinin iç ve kabuğunun uçucu bileşiklerini belirlemek üzere yürüttükleri araştırmada toplam 74 bileşik tanımlamışlar ve bu bileşikler içerisinde alkollerin (özellikle etanol, izobütanol, 3-metil-1-bütanol) dominant olduğunu ve karbonil bileşiklerin (3-metilbütanal, 2,3-bütandion, hekzanal) de miktar bakımından önemli seviyelerde olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca tam buğday ekmeğinde tespit edilen 15 bileşiğin (etil asetat, 3-metilbütanal, etanol, 1-propanol, hekzanal, izoamilasetat, 1-bütanol, heptanal, 1-pentanol, 2-oktanon, 1-hekzanol, etil oktanoat, 1-okten-3-ol, 1-heptanol ve 2-furfural) seviyelerinin beyaz tava ekmeğine ait değerlerden önemli ölçüde yüksek olduğu, beyaz tava ekmeğinde ise sadece 2 bileşiğin (dimetil sülfid ve 1-(2-furanil)-etanon) miktar bakımından tam buğday ekmeğine göre daha yüksek değerler gösterdiği, hammadde olarak kullanılan buğdayın uçucu bileşik profili üzerinde etkisinin az olduğu ve sert kırmızı kışlık buğdaylara ait ekmeklerin etil asetat, etanol, 2-etil-3-metilpirazin ve etil oktanoat bileşiklerini daha yüksek seviyelerde içerdiği saptanmıştır.

Ekşi hamur ile ilgili yürütölen bir çalışmada, ekşi hamur kullanımının ekmeklerin asetik asit, 2-metil propanoik asit ve 3-metil bütanoik asit miktarını önemli ölçüde artırdığı, *L. plantarum*, *L. delbrueckii* veya *L. sanfrancisco* kullanılarak fermente edilen ekşi hamur ekmeklerinin 2- veya 3-metil 1-bütanol açısından kontrol grubuna göre daha yüksek değerler verdiği, starter kültür ve ekşi hamur kullanımına bağılı olarak etanol, 2-metil propanol, 2/3-metil 1-bütanol, 2-fenil etanol, benzil alkol, asetik asit, 2-metil propanoik asit ve 3-metil propanoik asit seviyelerinin arttığı tespit edilmiştir. *L. sanfrancisco* ile fermente edilen ekşi hamurdan %5 ila %15 seviyelerinde ilave edilerek üretilen ekmek örneklerinin arzu edilen ekşi tat ve kokuya sahip olduğu, *L. plantarum*'un daha ekşi ve arzu edilmeyen kokuya ve metalimsi bir tada yol açtığı, ancak *L. plantarum*'un

Saccharomyces cerevisiae ile birlikte kullanıldığında daha aromatik bir ekmek elde edildiği, ve bu sonucun 2/3-metil 1-bütanol, 2-metil propanoik asit, 3-metil bütanoik asit ve 2-fenil etanol miktarındaki artıştan kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Hansen and Hansen 1996).

McKinnon *et al.* (1996), preferment hazırlamada şarap mayası kullanmak suretiyle ekmeğin aroma ve lezzetini geliştirmeyi amaçladıkları çalışmalarında; 8 ticari ve 5 ATCC (American Type Culture Collection) şarap mayası kullanılarak hazırlanan sıvı fermentten ürettikleri ekmeklerin uçucu bileşik profilinin ekmeğin mayası kullanılarak hazırlanan ekşi hamurdan ürettikleri ekmeğe kıyasla çok farklı olduğunu bildirmişlerdir. Referans olarak kullandıkları ekşi hamur metoduyla yapılan ekmeklere kıyasla şarap mayası prefermenti kullanılarak üretilen ekmeklerde daha fazla 2-bütanon ve daha az etanol, asetoin, diasetil, asetaldehit ve aseton olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca aynı araştırmada sıvı ferment sisteminde şarap mayası varlığında düşük şeker konsantrasyonlarında dahi aroma bileşiklerini hızlı bir şekilde oluştuğu belirtilerek, ekmeğin aroma ve lezzetini artırmak için sıvı ferment hazırlamada şarap mayasının kullanılabilirliği sonucuna varılmıştır.

Rychlik and Grosch (1996) kızartılmış buğday ekmeği dilimlerinin aroma profilini ortaya çıkarmak amacıyla yürüttükleri çalışmada, en yüksek koku aktivite değerinin (OAV) 2-asetil-1-prolin'e ait olduğunu ve bunu (E)-2-nonenal, 3-metilbütirik asit, 4-hidroksi-2,5-dimetil-3 (2H)-furanon, metiyonal ve 2,3-bütandion'un takip ettiğini tespit etmişlerdir. Kızartma başlangıcında ekmeğin dilimlerindeki 2-asetil-1-prolin miktarının çok hızlı bir şekilde arttığı, kızarmış ekmeğe has kokunun asetilprolin, (E,E)-2,4-decadienal, metiyonal, 2/3-metilbütanal, 2,3-bütandion, 1-okten-3-on, 2-etil-3,5-dimetilpirazin, (E)-2-nonenal ve guaiakol bileşikleriyle ilişkili olduğu da belirlenmiştir.

Corsetti *et al.* (1998), ekşi hamur laktik asit bakterilerinin ekmeklerin sertliği ve bayatlama özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla sadece *Saccharomyces cerevisiae* kullanılarak hazırlanan ekmekler kontrol grubu olarak değerlendirilmiş, laktik asit bakterisi olarak da *L. sanfrancisco* CB1, *L. plantarum* DC400, *L. farciminis*

A80 ve *L. fructovirans* DD10 suşları kullanılmıştır. Depolama süresindeki artışla birlikte ekmeğin içi sertliğinin arttığı, en düşük ekmeğin içi sertlik değerini genellikle *S. cerevisiae* + *L. plantarum* kullanılan ekmeklerin verdiği, ekmeğin içi sertliğinde en yüksek artışın bütün ekmeğin örneklerinde ilk 48 saatte gerçekleştiği ve daha sonra ise sertlik değerlerindeki artışın daha yavaş olduğu tespit edilmiştir. Aynı çalışmada diferansiyel taramalı kalorimetri (Differential Scanning Calorimetry) tekniği kullanılarak elde edilen entalpi değerlerinde ise ilk 144 saat içerisinde entalpi değerlerinin hızla yükseldiği, fakat sonraki 48 saatte değişmediği, depolama süresince ölçülen entalpilerin ortalama değerlerine göre en düşük entalpi değerinin *S. cerevisiae* + *L. sanfrancisco* kombinasyonuna ait olduğu, ticari maya ile üretilen ekmeklere kıyasla laktik asit bakterisi kullanılarak üretilen ekmeklerin daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Sonuç olarak da elde edilen bulgular ışığında ekşi hamur kullanımının ekmeğin bütün özelliklerini geliştirdiği ve bayatlamayı geciktirdiği kanaatine varılmıştır.

Seitz *et al.* (1998) yaptıkları çalışmada bölgesel marketlerden topladıkları 7 farklı ekmeğin uçucu bileşiklerini analiz etmişlerdir. Çalışmada “purge and trap” tekniğini kullanılarak her bir ekmeğin çeşidi için ekmeğin içi ve kabuğundan aldıkları uçucu bileşikler gaz kromatografisinde analiz etmişlerdir. Analiz sonucunda ekmeklerde çok sayıda uçucu bileşik tespit etmişler ve bu uçucu bileşiklerin miktarlarının ekmeğin çeşidine göre önemli ölçüde değiştiğini gözlemlemişlerdir. Tespit ettikleri bileşikler içerisinde genel itibarıyla alkollerin çoğunlukta olduğunu ve bunu sırasıyla aldehitler, esterler, ketonlar, asitler, çeşitli aromatikler, terpenler ve hidrokarbonların takip ettiğini bildirmişlerdir. Diğer ekmeklerle kıyaslandığında ekşi hamur ekmeğindeki aldehit (özellikle 2-heksanal ve 2-heptanal), asit ve ester seviyelerinin arttığını rapor etmişlerdir.

Zehentbauer and Grosch (1998), Fransız baget ekmeğinin kabuk aromasını araştırdıkları çalışmalarında hem maya miktarındaki, hem de hamur yapım işlemindeki farklılıkların farklı aroma profillerinin oluşumuna sebebiyet verdiğini tespit etmişlerdir. 2-asetil 1-pirolin, 4-hidroksi-2,5-dimetil-3(2H)-furanon, 2,3-bütandion, metional, (E)-2-nonenal,

metilpropanal ve 2- ve 3-metilbütanal'in baget ekmeği kabuğundaki anahtar uçucu bileşikler olduğu rapor etmişlerdir. Daha fazla maya kullanılarak üretilen baget ekmeklerinde kızarmış kokunun daha yoğun olduğu tespit etmişler ve bunun nedeninin daha yüksek pirolin konsantrasyonundan kaynaklandığı kanaatine varmışlardır. Bu durumun aksine, preferment hamur kullanılarak hazırlanan baget ekmeklerde maltımsı kokunun yoğun olduğunu tespit etmişler ve bu sonucun da maltı kokuya sahip aldehitler olan metilpropanal ve 2- ve 3-metil bütanal miktarındaki artışla ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

Güney İtalya'nın Apulia bölgesinde yürütülen bir çalışmada ekşi hamurlarda en çok izole edilen laktik asit bakterisi türünün *Lactobacillus sanfranciscensis* olduğu bildirilmiştir. 25 ekşi hamur örneğinin 17'sinde *L. sanfranciscensis* türü tespit edilmiştir. İzolatların %30'u *L. sanfranciscensis*, %20'si *L. alimentarius*, %14'ü *L. brevis*, %12'si *Leu. citreum*, %7'si *L. plantarum*, %6'sı *Lc. lactis* subsp. *lactis*, %4'ü *L. fermentum* ve *L. acidophilus*, %2'si *Weissella confusa* ve %1'i *L. delbrueckii* subsp. *delbrueckii* olarak tanımlanmıştır (Corsetti *et al.* 2001).

Kirchhoff and Schieberler (2001), çavdar ekşi hamuru ekmeğinin ekmek içi uçucu bileşiklerini "Aroma Ekstrakt Dilüsyon Analizi" (AEDA) tekniği kullanarak araştırmışlar ve 22 bileşik tanımlanmıştır. Ekmek içi lezzetiyle ilişkili olan bileşiklerin 3-metil bütanal, (*E*)-2-nonenal, (*E,E*)-2,4-decadienal, hekzanal, asetik asit, fenil asetaldehit, metional, vanilin, 2,3bütandion, 3-hidroksi 4,5-dimetil-2(5*H*)-furanon ve 2- ve 3-metil bütanoik asit olduğunu belirtmişlerdir.

Meignen *et al.* (2001), tekli işlem (*Lactobacillus brevis* veya *Saccharomyces cerevisiae* ile ayrı ayrı inoküle edilmiş hamurun 30°C'de 20 saat fermantasyonu), karışık işlem (*Lactobacillus brevis* + *Saccharomyces cerevisiae* ile inoküle edilmiş hamurun 30°C'de 20 saat fermantasyonu) ve kombine işlem (15 saat tekli işlemi takiben 10 saat karışık işlem) olmak üzere 3 farklı fermantasyon koşulu kullanarak ürettikleri ekşi hamur ve ekmeklerin aroma profillerini araştırmışlardır. *Lactobacillus brevis* ve *Saccharomyces cerevisiae* birlikte kullanıldığında hamurda maya gelişiminin yavaşladığı ve buna bağlı

olarak etanol üretiminin düştüğünü, gliserol ve asetik asitin oluştuğunu ve laktik asit seviyesinin sabit kaldığını tespit etmişlerdir. Ekşi hamurda özellikle 3-metil-1-bütanol, etil laktat ve 2-feniletıl alkol bileşiklerinin bulunduğunu, ekşi hamur üretiminde karışık starter kullanımının tekli starter kullanımından daha fazla aroma bileşiğinin oluşumuna neden olduğunu ancak ekme aromalarındaki farklılıkların istatistiksel açıdan önem arz etmediğini belirtmişlerdir. Karışık kültürün daha çok aroma bileşiği oluşturmasını laktik asit bakterilerinin proteolitik aktiviteleriyle izah etmişlerdir.

Dikbaş (2003) tarafından yapılan araştırmada Trabzon'dan temin edilen 8 ekşi hamur örneğinden MIS (Microbial Identification System) kullanılarak *Lactobacillus* (%46,74), *Enterococcus* (%19,61), *Streptococcus* (17,72), *Lactococcus* (%6,95), *Pediococcus* (%5,05) ve *Leuconostoc* (%1,26) cinslerine ait toplam 158 laktik asit bakterisi türü tanımlanmıştır. Aynı çalışmada; Gaz kromatografisi/Kütle Spektroskopisi (GC/MS) kullanılarak uçucu bileşik analizi yapılmış, indirekt sistemle üretilen Vakfıkebir ekmeğinin ekşi hamurlarında en yüksek uçucu bileşiğin etanol olduğu, ayrıca ekşi hamur örneklerinin asetaldehit, etilamin, 2-n-pentil furan ve oktanal, 2-propanamin, 2- veya 3-metil bütanol, n-hexanol, n-nonanal, 2-furan karboksialdehit içerdiği de tespit edilmiştir. Direkt sistemle üretilen Francala ekmeğinin ilk fermantasyon sonrası hamurunda ise etilamin, asetaldehit, etanol, 2-propanamin, diasetil, hexanal, 2-n-pentilfuran, n-hexanol, n-nonanal tespit edilmiştir. Son fermantasyon işleminden sonra ise hamurda yüksek miktarda etanol belirlenmiştir. Araştırma sonucunda Vakfıkebir ekmeğinin Francala ekmeğine göre daha fazla uçucu bileşiğe (17:11) sahip olduğu rapor edilmiştir.

Ruiz *et al.* (2003), ekme için uçucu bileşiklerini tespit etmede katı faz mikroekstraksiyon (SPME, Solid-phase microextraction) yöntemini başarıyla kullandıklarını belirtmişler ve diğer solvent ekstraksiyon metotlarına kıyasla bu metodun daha kolay ve hızlı olduğunu vurgulamışlardır. Tanımlanmış toplam 65 uçucu bileşik içerisinde miktar bakımında en önemli bileşiklerin etanol, izobütıl alkol, izoamil alkol, 1-hekzanol, benzil alkol, 2-feniletanol, hekzanal, furfural, benzaldehit, 2-nonanal, 2,4-dekadienal, asetik asit, propiyonik asit, izobütirik asit, bütirik asit,

izovalerik asit, 2,3-bütandion ve 3-hidroksi 2-bütanon olduğunu rapor etmişlerdir. Bununla birlikte, yaptıkları bu çalışmada Polydimethylsiloxane /Divinylbenzene (PDMS/DVB), Carboxen/ Polydimethylsiloxane (CAR/PDMS) ve Carbowax/ Divinylbenzene (CW/DVB) olmak üzere 3 farklı fiber kullanmışlar ve kullandıkları fiberler arasında en iyi sonucu CAR/PDMS fiber'in verdiğini belirtmişlerdir.

Uysal (2004) yaptığı araştırmada farklı oranlarda (%0, 10, 20 ve 30) ekşi hamur ilave ettiği ekmeklerin üç günlük depolanmaları süresince pH'larını takip etmiş ve en düşük pH'yı %30 ekşi hamur içeren ekmeğin verdiğini belirtmiştir. Ayrıca fermantasyon süresinin artışıyla birlikte ekmeğin yumuşaklık değerinin arttığını ve en yüksek ekmeğin yumuşaklık değerinin %30 ekşi hamur ilavesiyle elde edildiğini rapor etmiştir.

Gül vd (2005), Isparta ilinde yaptıkları çalışmada ekşi hamur örneklerinden 23'ü *Lactobacillus* cinsine ait olmak üzere toplamda 33 adet farklı tür laktik asit bakterisi izolatı elde etmişlerdir. İzole edilen laktik asit bakterileri arasında baskın türün *L. brevis* olduğunu ve bu türün izolatların %15'lik kısmını oluşturduğunu belirtmişlerdir. İzole edilen diğer laktik asit bakterilerinin ise *Carnobacterium divergens*, *Lactobacillus amylophilus*, *Lactobacillus sake*, *Lactobacillus acetotolerans*, *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus*, *Pediococcus acidilactici* ve *Tetragenococcus halophilus* olduğunu rapor etmişlerdir.

Güney İtalya'da durum buğdayı ekşi hamurundan üretilen geleneksel bir ekmeğin "Altamura" üzerine yapılan bir çalışmada; ekşi hamurdan 111 laktik asit bakteri suşu izole etmişlerdir. Altamura ekmeğinin hamurunda fakültatif heterofermantatif laktik asit bakterilerinin baskın olduğu rapor edilmiştir. İzole edilen suşların %88'inin fakültatif heterofermantatif laktik asit bakterileri (*L. plantarum*, *L. paracasei*, *L. casei*) ve %12'sinin heterofermantatif laktik asit bakterileri (*L. brevis*, *Leu. mesenteroides*) grubuna girdiği ve en sık izole edilen türün *L. plantarum* (izolatların %49'u) olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte ekşi hamur ekmeklerinde sıklıkla izole edildiği bildirilen *L. sanfranciscensis* ve *L. alimentarius*'un bu çalışmada tespit edilemediği de rapor edilmiştir (Ricciardi *et al.* 2005).

Katina *et al.* (2006), buğday ekmeğinin dokusunu ve aromasını geliştirmek amacıyla optimum ekşi hamur işlem şartlarını belirlemeye çalışmışlar ve *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis*, *Saccharomyces cerevisiae* ile veya maya ve laktik asit bakterilerinin bir kombinasyonu ile fermente edilen ekşi hamur ekmekleri için farklı fermantasyon sıcaklıkları (16-32°C), fermantasyon süresi (6-20 saat) ve farklı kül içeriğine sahip unların (0.6-1.8g/100g) etkilerini araştırmışlardır. Duyusal özellikler üzerinde unun kül içeriği ve fermantasyon süresinin önemli ölçüde etkili olduğu, en fazla etkinin *L. brevis* veya *L. plantarum* içeren ekşi hamur ekmeklerinde görüldüğü, homofermantatif laktik asit bakterisinin kısa süreli fermantasyonda (24°C'de) dahi genel tat yoğunluğunu *L. brevis*'e göre daha fazla geliştirdiği, düşük fermantasyon sıcaklığı - uzun fermantasyon süresi - yüksek kül içeriği - *L. brevis* kombinasyonu ile elde edilen ekşi hamurdan %20 oranında kullanılması durumunda; ekmeklerin genel tat, ağızda kalan tat ve kızarmış tat parametreleri bakımından daha iyi sonuçlar elde edildiği, laktik asit fermantasyonunun ekmeğin dokusal özelliklerini geliştirmesinin yanı sıra hem arzu edilen ve hem de arzu edilmeyen lezzet oluşumunda önemli bir faktör olduğu bildirilmiştir.

Kotancılar vd (2006) tarafından yapılan bir araştırmada geleneksel yöntemle üretilen Trabzon Vakfikebir ekmeği modifiye edilerek beyaz tava ekmeği olarak laboratuvar şartlarında üretilmiş ve bu ekmeklerin kalitesi üzerine, ekşi hamur fermantasyon süresi ve ilave ekşi hamur miktarlarının etkileri incelenmiştir. Farklı sürelerde (0, 5, 10 ve 15 saat) fermente edilen ekşi hamurlar 100 kg un esasına göre farklı seviyelerde (%0, 10, 20 ve 30) ilave edilerek, beyaz tava ekmekleri üretilmiştir. Üretilen ekmeklerin pH ve ekmeğin içi yumuşaklık değerleri incelenmiş, sonuç olarak; 10-15 saatlik fermantasyon süresinde, %20-30 ekşi hamur katkısı ile yapılan ekmeklerin ekmeğin içi yumuşaklık değeri bakımından kaliteli olduğu tespit edilmiştir. Fermantasyon süresi ve ilave edilen ekşi hamur miktarı artırıldıkça; ekmeğin içi yumuşaklığında artış, hamurda ve ekmeğin pH'sında azalmalar olmuştur.

Ferchichi *et al.* (2007), 4 farklı ekşi hamurun laktik asit bakteri profilini incelemişler ve *Lactobacillus*, *Leuconostoc* ve *Weissella* cinslerine ait 30 bakteri suşu tespit ettiklerini

bildirmişlerdir. Araştırmacılar ekşi hamurların laktik asit bakteri profilindeki farklılıkların ekolojik şartlardan kaynaklandığını, dominant türün *L. sanfransiscensis* olduğunu bu türü *L. panis*, *L. nantensis*, *L. hammesii*, *L. spicheri*, *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides*, *L. frumenti* ve *L. paralimentarius* türlerinin izlediğini belirtmişlerdir.

Laktik asit bakterilerinin glutensiz ekşi hamurların ve ekmeklerin üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada laktik asit bakterisi olarak *Lactobacillus plantarum* 2115KW, *Lactobacillus plantarum* FST 1.11 ve *Lactobacillus sanfranciscensis* TMW 1.52 kullanılmış ve bunlar kontrol (asitlendirilmemiş) ve kimyasal olarak asitlendirilmiş ekşi hamurlar ve ekmekleriyle kıyaslanmıştır. *Lactobacillus plantarum* 2115KW ve *Lactobacillus plantarum* FST 1.11 suşlarının *Lactobacillus sanfranciscensis* TMW 1.52 suşundan daha fazla asit ürettikleri, beş günlük depolama sonunda 2115KW ve FST1.11 bakterileri kullanılarak üretilen ekmeklerin kontrol grubu ekmeklerinden daha yumuşak, buna karşın kimyasal olarak asitlendirilmiş ekmeğin ise bütün diğer ekmeklerden daha sert olduğu tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda ise ekşi hamur kullanımının glutensiz ekmeğin bayatlama sürecini önemli derecede geciktirdiği kanaatine varılmıştır (Moore *et al.* 2007).

Altamura ekmeği üzerine yapılan bir çalışmada ekmek içi ve ekmek kabuğundan dinamik headspace ekstraksiyon tekniği kullanılarak toplanan uçucu bileşikler GC-MS ile analiz edilmiştir. Altamura ekmeğinin kabuğundan 17'si furan, 13'ü aldehit, 11'i alifatik hidrokarbon, 9'u alkol, 9'u aromatik hidrokarbon, 8'i keton, 9'u pirazin, 5'i sülfürik bileşik, 3'ü terpen, 3'ü pirol ve 2'si ester olmak üzere toplam 89 uçucu bileşik tespit edilmiştir. Kabukta en fazla miktarda tespit edilen uçucu bileşiklerin sırasıyla etanol (%20±6), 2-furfural (%14±7), 3-metil-1-bütanol (%9±5), 3-pentanol (%6±2), aseton (%5±3), 2,3-bütandion (%4±1) ve 2,3-pentandion (%4±2) olduğu rapor edilmiştir. Ekmek içinde tespit edilen uçucu bileşiklerin ekmek kabuğundaki uçucu bileşiklerden daha az olduğu da belirtilmiştir. Altamura ekmeğinin iç kısmında ise 16'sı aldehit, 13'ü furan, 12'si alkol, 10'u aromatik hidrokarbon, 9'u keton, 3'ü alifatik hidrokarbon, 3'ü pirazin, 3'ü terpen, 2'si pirol, 2'si sülfürlü bileşik ve 1'i ester olmak

üzere toplamda 74 uçucu bileşik belirlenmiştir. Ayrıca ekmeğin içinde miktar bakımından en fazla olan bileşiklerin sırasıyla etanol (%32±7), 3-metil-1-bütanol (%23±6), 3-pentanol (%7±3), 2,3-bütandion (%5±2), aseton (%5±2), 3-metilbütanol (%4±2) ve 2-metilbütanol (%4±2) olduğu da rapor edilmiştir (Bianchi *et al.* 2008).

Moore *et al.* (2008), *Lactobacillus plantarum* FST 1.7 suşu kullanarak fermente ettikleri ekşi hamuru glutensiz ekmeğin üretiminde kullanmışlar ve ekmeğin raf ömrüne etkisini takip etmişlerdir. Beş günlük depolama sonunda starter kültür kullanılarak asitlendirilmiş ekmeğin kimyasal olarak (asetik ve laktik asit ilavesi) asitlendirilen ekmeğinden daha yumuşak olduğunu, depolama esnasında ekmeğe meydana gelen küf gelişimini *Lactobacillus plantarum* FST 1.7 suşunun geciktirebildiğini saptamışlardır. Çalışma sonucunda *Lactobacillus plantarum* FST 1.7'nin glutensiz ekmeğin kalitesini ve raf ömrünü uzatmada başarılı bir şekilde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Plessas *et al.* (2008a), *Kluyveromyces marxianus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Lactobacillus helveticus*'u ekşi hamur ekmeği üretiminde starter kültürler olarak kullandıkları çalışmalarında ürettikleri ekşi hamur ekmeğinin laktik ve asetik asit içeriklerini, ekmeğin hacmini, uçucu bileşik kompozisyonunu, raf ömrünü ve duyu kalitesini değerlendirmişlerdir. Ekmeğin yapım işlemini optimize etmek için farklı starter kültür seviyesi, fermantasyon sıcaklığı ve ekşi hamur miktarı faktörlerini esas alarak denemeler yürütmüşlerdir. Geleneksel olarak (yabani mikroflora) üretilen ekmeğin ile kıyaslandığında en yüksek titrasyon asitliği değeri ve laktik asit konsantrasyonunun karışık kültür kullanımıyla elde edildiğini, %1 *K. marxianus* ve %4 *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* içeren ekşi hamurdan %50 oranında kullanılmak suretiyle üretilen ekmeğin en yüksek asitliğe ve en uzun raf ömrüne sahip olduğunu ve bu kültürlerin kullanımının ekşi hamur ekmeğinin aromasını geliştirdiğini rapor etmişlerdir. *K. marxianus* ve *L. bulgaricus* içeren ekşi hamur kullanılarak yapılan ekmeğelerde toplam 24, *K. marxianus* ve *L. helveticus* içeren ekşi hamur kullanılarak yapılan ekmeğelerde toplam 18 ve geleneksel olarak üretilen ekşi hamur ekmeğelerinde ise toplam 15 uçucu bileşik tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Duyusal analizde en yüksek notu %50 ekşi hamur (%1 *K. marxianus* ve %4 *L. bulgaricus* veya *L. helveticus* kullanılarak 40°C'de

fermente edilmiş) kullanılarak üretilen ekmeklerin aldığını belirtmişlerdir. Bu çalışmada *K. marxianus* ve *L. bulgaricus* veya *L. helveticus*'un karışık kültürlerinin kaliteli ekmek üretiminde başarıyla kullanılabileceğini belirtmişler ve geleneksel ekşi hamur ekmeklerine kıyasla starter kültür içeren ekşi hamurlardan üretilen ekmeklerin daha iyi duyuşsal özelliklere ve daha uzun raf ömrüne sahip olduğu sonucuna varmışlardır.

Plessas *et al.* (2008b) tarafından yapılan diğerk bir çalışmada ise depolama sırasında ekmek uçucu bileşiklerindeki değışimler incelenmiştir. Kontrol grubu olarak %1 *K. marxianus* ilavesiyle hazırlanan ekşi hamurdan (%50 ekşi hamur) üretilen ekmekler kullanılmıştır. Diğerk deneme ekmeklerinde ise %1 *K. marxianus* + %4 *L. bulgaricus* ve %1 *K. marxianus* + %4 *L. helveticus* starter kültür olarak alınmış ve elde edilen ekşi hamurlar %50 oranında ekmek yapımında kullanılmıştır. Ekmek çeşidindeki farklılıkların uçucu bileşik kompozisyonuna da yansıdığı, 5 günlük depolama esnasında uçucu bileşiklerin sayı ve miktarlarında çarpıcı düşüşler olduğu, *K. marxianus* ve *L. bulgaricus*'un kullanıldığı ekşi hamurdan üretilen ekmeklerin daha uzun raf ömrüne sahip olduğu ve duyuşsal testlerde en yüksek sonucu aldığı rapor edilmiştir. Ayrıca uçucu bileşik sonuçlarıyla duyuşsal analiz sonuçlarının paralellik gösterdiği vurgulanmıştır.

Güney İtalya'nın Basilicata bölgesine ait geleneksel bir buğday ekşi hamuru ekmeğinin hamurundan toplam 41 laktik asit bakterisinin izole edilmiş ve izolatların %49'unun *Lactobacillus plantarum*, %17'sinin *Leuconostoc mesenteroides*, %15'inin *Lactobacillus curvatus*, %12'sinin *Lactobacillus paraplantarum*, %5'inin *Weissella cibaria* ve %2'sinin *Lactobacillus pentosus* olduğu rapor edilmiştir (Zotta *et al.* 2008).

Kim *et al.* (2009), Çin'in kuzey bölgesine özgü ekşi hamur tekniğı kullanılarak çok amaçlı un ve tam buğday unu ile üretilen buharda pişirilmiş ekmeklerin uçucu bileşik kompozisyonunu ve bazı kalitatif özelliklerini araştırdıkları çalışmalarında toplam 89 uçucu bileşik tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Ürettikleri ekmeklerde en fazla tespit edilen bileşik etanol olduğunu ve bunu 3-metil 1-bütanol, nonanal, hekzanal, 1-hekzanol, bütanoik asit, heptanal, asetik asit, oktan, 1-(4-metoksifenil)-1-metoksipropan

ve 1- heptanol'ün takip ettiğini, bu bileşiklerin toplam pik alanındaki payının %70'den daha fazla olduğunu, çok amaçlı undan yapılan ekşi hamur ekmeği için %20 preferment ve tam buğday unundan yapılan ekşi hamur ekmeği için %30 preferment uygulamasının daha yüksek spesifik hacim verdiğini ve her iki ekşi hamur ekmeği için de en yumuşak ekmek içi değerlerinin %20-25 arası preferment ilavesiyle elde edildiğini tespit etmişlerdir.

Bolourian *et al.* (2010), *Lactobacillus plantarum* kullanarak hazırladıkları ekşi hamuru ekmek hamuruna %5, 10 ve 15 seviyelerinde ilavesiyle somun ekmeğın raf ömrünü ve duyuşal kalitesini geliştirmeyi amaçlamışlardır. Ekmek hamuru formülasyonundaki ekşi hamur miktarının artışıyla birlikte hamur pH'sının düştüğünü, ekmeğın daha geç bayatladığını, ekmeğın lezzeti üzerine yaptıkları panel sonrasında en yüksek puanın üretiminde %5 ekşi hamurun kullanıldığı ekmeğe ait olduğunu, koku açısından ise en yüksek puanı %15 ekşi hamur uygulamasının verdiğini ve optimum ekşi hamur kullanım seviyesinin %5 olduğunu rapor etmişlerdir.

Kaseleht *et al.* (2011) yaptıkları çalışmada çavdar ekşi hamurunun uçucu bileşik profilinin laktik asit bakteri türüne bağılı olarak değıştüğünü bildirmişler ve heterofermantatif laktik asit bakterilerinin (*L. brevis*, *Leu. citreum*, *L. vaginalis*, *L. panis*) yüksek asetik asit, CO₂, etanol ve etil asetat üretimlerinin yanında heksil asetat, etil heksanoat ve izopentil asetat; homofermantatif türlerin (*L. helveticus*, *L. casei*, *L. sakei*, *L. curvatus*) ise önemli miktarlarda 2,3-bütandion ürettiklerini tespit etmişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmada Trabzon'un Vakfikebir ilçesinden 2, Akaçaabat ilçesinden 1, Trabzon merkezden 2 olmak üzere toplamda 5 farklı fırından 10 adet ekşi hamur örneği alınmış ve soğuk şartlarda laboratuara getirilmiştir.

Deneme ekmeklerinin yapımında Tip 650 ekmeklik buğday unu kullanılmıştır. kullanılan unun özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir. Kullanılan su Atatürk Üniversitesi içme suyu şebekesinden temin edilmiş; mutfak tuzu ve yaş (pres) maya kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Una ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Un Özellikleri	
Nem (%)	14,8
Ham Protein (KM'de %)	12
Yaş Öz (%)	27,8
Kuru Öz (%)	8,7
Zeleny Sedimentasyon (cm ³)	34
Düşme Sayısı (FN, sn)	544
Sıvılaşma Sayısı (LN)	12,1
Kül (KM'de %)	0,57
Gluten İndeksi	74
pH	5,96
Un Renk Değerleri	
L (Açık-Koyu)	94,33
- a (Yeşil)	0,65
+ b (Sarı)	9,75
Farinogram Özellikleri	
Su Kaldırma (%)	60
Gelişme Süresi (dk)	3
Hamur Stabilitesi (dk)	8,5
YTİ (BU)	90
Yumuşama Derecesi (BU)	110
Ekstensogram Özellikleri	
Uzama Kabiliyeti (mm)	185
Hamur Mukavemeti (BU)	335
Oran Sayısı (BU/mm)	1,81
Maksimum Direnç (BU)	480
Hamur Enerjisi (cm ²)	180

KM: Kuru Madde, BU: Brabender Unit, YTİ: Yoğurma Tolerans İndeksi

3.2. Yöntem

3.2.1. Laktik asit bakterilerinin izolasyonu ve identifikasyonu

Laktik asit bakterilerinin izolasyonu amacıyla her bir ekşi hamur örneğinden hazırlanan dilüsyonlardan MRS agar (Oxoid CM0361) ve SDB (Kline and Sugihara 1971) agar besiyerlerine paralelli olarak yüzeye yayma yöntemiyle ekim yapılmış ve petri plakları anaerobik ortamda (Anaerocult A, Merck) 30°C'de 48 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda besiyerlerinde gelişen kolonilerden rasgele 10 koloni seçilmiş, her bir koloni alındığı katı besiyerinin, sıvı besiyerine (MRS broth- Oxoid CM0361 ve SDB broth-Kline and Sugihara 1971) inoküle edilmiş ve 30°C'de 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda MRS ve SDB katı besiyerlerine çizim usulü ekim yapılmış ve petri plakları anaerobik ortamda 30°C'de 48 saat inkübe edilmiştir. Tek düşmüş kolonilerden saf kültür elde edilinceye kadar çizim usulü ile ekim ve sıvı besiyerine aşılama işlemlerine devam edilmiştir. Elde edilen saf kültürlerle Gram boyama, mikroskopik görünüm ve katalaz testleri uygulanmıştır. Gram pozitif, katalaz negatif, kok veya çubuk şekilli bakteriler identifikasyon amacı ile gliserol (%30), cam boncuk ve MRS veya SDB sıvı besiyeri içeren tüplerde -80°C'de muhafaza edilmiştir.

İdentifikasyon için izolatlarla glukozdan gaz üretimi, arginin hidrolizi, Voges-Proskauer, metil kırmızısı, farklı sıcaklık (8°C, 15°C ve 45°C) ve farklı tuz konsantrasyonlarında gelişme (%6,5 ve %10) ve şeker (riboz, trehaloz, maltoz, rafinoz, sukroz, melibioz, mannitol, glukoz ve fruktoz) testleri uygulanmıştır (Schillinger and Lücke 1987; Harrigan 1998). API 50 CHL kiti (bioMérieux® SA, Fransa) kullanılarak son identifikasyon testi de yapılmış ve identifikasyon sonuçlarının değerlendirilmesi işlemi APIWEB™ (apiweb™ stand alone V 1.2.1 Ref 40012, bioMérieux® SA, Fransa) ile gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. Un analizleri

Deneme ekmeklerinin yapımında kullanılan unun nem, ham protein, yaş öz, kuru öz, gluten indeksi, zeleny sedimentasyon, düşme sayısı, kül, pH, renk, farinograf ve ekstensograf özellikleri Elgün vd (2002) tarafından belirtilen yöntemler kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.3. Deneme hamurlarında yapılan analizler

Deneme ekmeklerinin hamurlarında yapılan pH ve renk analizleri Elgün vd'nin (2002) belirttiği şekilde yapılmıştır.

3.2.4. Deneme ekmeklerinin üretimi

Kontrol grubu ekmeklerinin formülasyonu un esasına göre %60 su, %1,2 tuz ve %1,5 yaş maya'dır. *L. plantarum* HB75, *L. brevis* EG80 ve *L. plantarum* HB75 + *L. brevis* EG80 grubu ekmekleri için aynı formülasyona hamurdaki başlangıç sayısı 10^8 kob/g olacak şekilde laktik asit bakterisi ilave edilmiştir. Hamur bileşenleri bir araya getirilip Stephan (UM5) marka yoğurucuda yavaş devirde 1,5 dakika ve hızlı devirde 45 saniye yoğrulmuştur. Laboratuarda kullanılan tavalara uygun olarak 160'ar gram kesilen hamurlara yuvarlak şekil verilmiştir. Fermantasyon kaplarına konulan hamurlar 30°C'de %70 nispi nemde 1 saat fermente edilmiştir. Süre sonunda hamurların gazı alınmış ve tekrar yuvarlak yapılarak 1 saat daha fermente edilmiştir. Daha sonra şekil verilen hamurlar tavalara konulmuş ve 1 saatlik son fermantasyona bırakılmıştır. Toplamda 3 saat fermente edilen hamurlar 230°C'de 25 dakika pişirilmiştir.

3.2.5. Ekmekte yapılan analizler

3.2.5.a. pH tayini

10 g ekmek içi 100 ml saf su ile Ultra-Turrax (IKA WERK TP 18–10, 2000 RPM) kullanılmak suretiyle 1 dakika homojenize edilmiştir. pH'sı 4,00 ve 7,00 olan tampon çözeltilerle standardize edilen INOLAB pH 720 marka pH-metre kullanılarak pH değerleri belirlenmiştir (Elgün vd 2002).

3.2.5.b. Ekmek içi, ekmek kabuğu ve kabuğa yakın bölgenin nem miktarının belirlenmesi

Kabuk neminin belirlenmesinde ekmek yüzeyinden 2–3 mm kalınlığında kesilen ekmek kabuğu; kabuğa yakın bölgenin nem miktarının belirlenmesinde kabuk altından 2–3 mm kalınlığında kesilen kısım; ekmek içi nem miktarının belirlenmesinde ise ekmeğin tam merkezinden 3–5 g tartılarak, önceden 130°C'de kurutularak darası alınmış alüminyum kurutma kaplarına konulmuştur. Kurutma dolabında 105°C'de 12 saat kurutulduktan sonra, kurumadan önceki ve sonraki değerler kullanılarak nem miktarı hesaplanmıştır (Karaoğlu 2002).

3.2.5.c. Su aktivitesi ölçümleri

Ekmek içi, ekmek kabuğu ve kabuğa yakın bölgenin su aktivitesini belirlemede NOVASINA AW Sprint TH–500 (Switzerland) marka su aktivitesi cihazı kullanılmıştır. Örnekler a_w ölçüm cihazının plastik kaplarına, kabın alt yüzeyini tamamen kaplayacak şekilde yerleştirildikten sonra kap, cihazın ölçüm haznesine konulmuş ve cihaz çalıştırılmıştır. Ölçümler 25°C'de alınmıştır. Sonuçlar 0.003 hassasiyetindedir (Gerçekaslan 2006).

3.2.5.d. Ekmek için su tutma (hidrasyon) kapasitesinin belirlenmesi

Ekmek için su tutma kapasitesinin belirlenmesinde Karaoğlu (2002) tarafından belirtilen yöntem kullanılmıştır. Depolama periyodu sonunda ekmek içi kabuğundan ayrılarak, ekmek içinde düzenli bir nem dağılımının sağlanması için polietilen ambalajda 3–4 saat bekletilmiştir. Daha sonraki 12 saat içinde ekmek içi su adsorpsiyon indeksi belirlenmiştir. Santrifüj tüpleri içerisine 6 g ekmek içi 36 ml (1:6 oranında) saf su ile süspansiyon haline getirildikten sonra 30 dakika yavaşça çalkalanarak bekletilmiştir. Karışım Ultra-Turrax'da (IKA WERK TP 18–10, 2000 RPM) 1,5 dakika parçalandıktan sonra Hermle (ZK 380) marka santrifüj aletinde 20°C'de, 1000 × g'de 7 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj işleminden sonra ıslak sediment ilk başta tartılan ekmek içi ağırlığına bölünerek ekmek için su tutma kapasitesi hesaplanmıştır.

3.2.5.e. Penetrometre ile ekmek içi yumuşaklık değerinin belirlenmesi

Bu amaçla 0, 24, 48, 72, 96 ve 120 saat sonra ekmek içi yumuşaklığının değerlendirilmesinde PNR 10 Penetrometre cihazı ile 54,6 g ağırlığındaki konik şekilli penetrometre başlığı kullanılmıştır. Ekmekler özel dilimleme kabında 2,7 cm kalınlığında dilimlenmiştir. Her bir ekmek için merkezden olmak üzere ikişer dilim alınmış ve bu iki dilim üzerinde toplamda 6 adet ölçüm yapılmıştır. Değerler penetrometre başlığının 5 saniye süreyle dilime batma miktarının mm olarak okunmasıyla elde edilmiştir. Okunan bu değerler penetrasyon birimi (PB) olarak verilmiştir (1 PB=0,1 mm) (Kotancılar 1995).

3.2.5.f. Ekmek için tekstür özelliklerinin belirlenmesi

Ekmek için tekstür analizleri için SMS doku analiz cihazı (Stable Micro System, model TA-XT.plus, England) 75 mm çaplı prob ile birlikte kullanılmıştır. Üretilen ekmekler pişirildikten sonra 1 saat süreyle soğutulmuş ve hemen ardından polietilen torbalara koyularak oda sıcaklığında 5 gün süreyle depolanmıştır. İlk ölçümler (0. gün) ekmekler fırından çıktıktan 1 saat sonra yapılmıştır. Belirtilen sürelerin sonunda

ekmekler özel dilimleme kabında 2,5 cm kalınlığında kesilmiş ve ardından ekmek içi merkezini tam olarak ortalayacak şekilde 3x3x2,5 cm boyutunda parçalar kesilmiştir. Çizelge 3.2’de verilen analiz yürütme koşulları altında bu parçalar üzerinde tekstür profil analizi yapılmıştır. Elde edilen kurvelerin Texture Exponent bilgisayar programı kullanılarak çözümlenmesiyle sertlik, elastikiyet, kohezivlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri şu şekilde hesaplanmıştır:

Çizelge 3.2. Ekmek içi tekstür profil analizinin yürütüldüğü koşullar

Ön Test Hızı	1,00 mm/s
Test Hızı	2,00 mm/s
Test Sonrası Hızı	0,20 mm/s
Sıkıştırma Oranı	% 60
Tetikleme Gücü	20 g
İlk Sıkıştırma Sonunda Bekleme Süresi	5 s

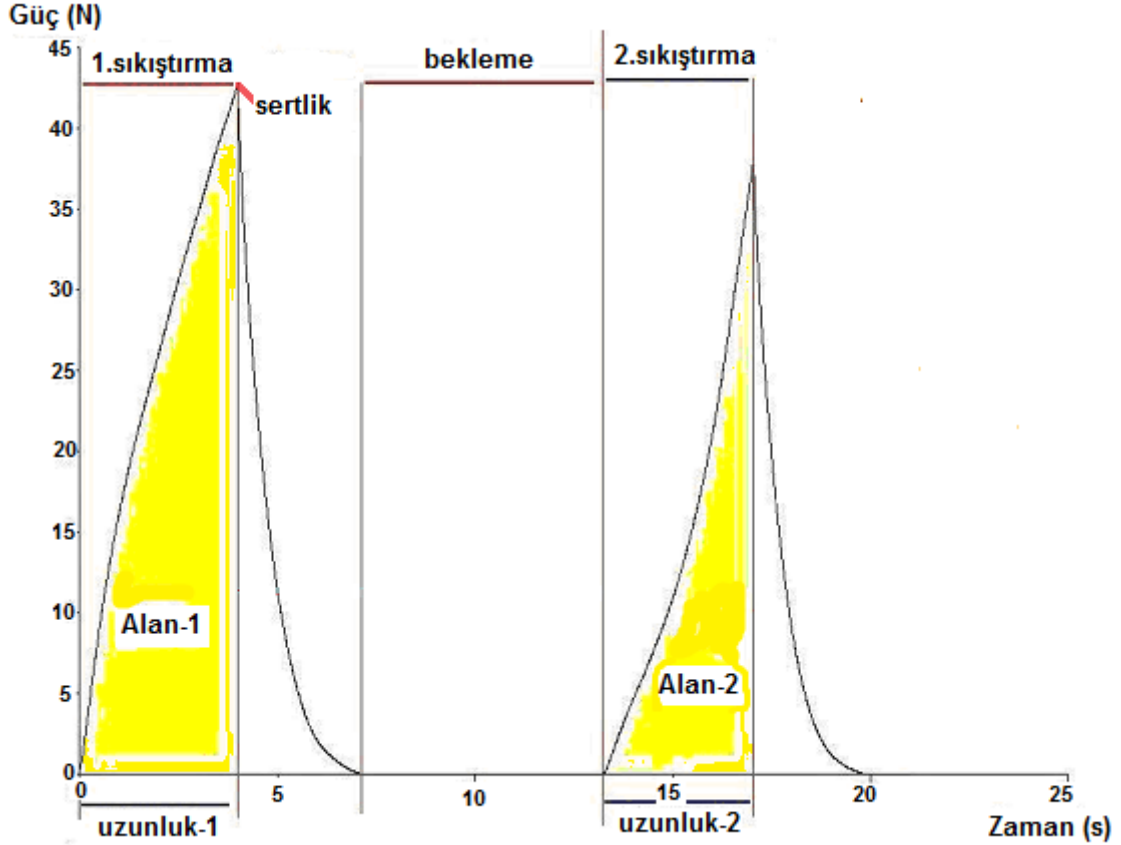
Sertlik (hardness); deformasyon için gerekli olan güç olarak tanımlanır. İlk sıkıştırma çevrimi esnasındaki pik gücüdür (N).

Kohezivlik; maddenin ilk deformasyondan sonra ikinci bir deformasyona nasıl dayandığını göstermektedir. Fiziksel anlamda da iç bağların dayanma gücünün bir göstergesidir. Her iki çevrim için de sıkıştırmanın olmadığı alanlar hariç, ikinci sıkıştırma anındaki pozitif güç alanının birinci sıkıştırmadaki alana oranıdır (Alan 2/Alan 1).

Elastikiyet (springiness); maddenin ilk sıkıştırmadan sonra eski yüksekliğine ne kadar çıkabildiğinin bir göstergesidir. İkinci sıkıştırmada örneğin yüksekliğinin (2.uzunluk) ilk sıkıştırmadan önce örneğin orijinal yüksekliğine (1.uzunluk) bölünmesiyle hesaplanır.

Çiğnenebilirlik (chewiness); katı yiyeceği parçalara ayırıp yutma durumuna getirmek için gerekli olan enerjiyi ifade eder. Sertlik \times kohezivlik \times elastikiyet işlemiyle elde edilir.

Sakızımsılık (gumminess); yarı katı bir yiyeceği yutmaya hazır hale getirmek için gerekli olan enerjiyi ifade eder. Sertlik x kohezivlik işlemi sonucu elde edilir.



Şekil 3.1. Örnek bir TPA grafiği

3.2.6. Uçucu bileşiklerin analizi

Uçucu bileşiklerin analizinde Guerzoni *et al.* (2007) tarafından verilen yöntem kullanılmıştır. Hamur örneklerinden 10'ar gram, bu hamurlardan elde edilen ekmek içlerinden 4'er gram, ekmek kabuğundan ise 2'şer gram viallere (Supelco, Bellefonte PA, USA) tartılmış ve analiz gününe kadar derin dondurucuda (-20°C) muhafaza edilmiştir. Uçucu bileşiklerin ekstraksiyonu için vialler 60°C'deki su banyosunda 10 dakika bekletildikten sonra CAR/PDMS fibre (Supelco 75 µm, USA) viallere yerleştirilmiş ve 20 dakika bekletilmiştir. Ekmek içi ve ekmek kabuğu örneklerinden

uçucu bileşiklerin analizinde ise CAR/PDMS fibrenin yerleştirilmesinden sonra vialler su banyosunda 60 dakika bekletilmiştir.

Uçucu bileşiklerin adsorbe olduğu fibre gaz kromatografisine (GC, Agilent Technologies 6890N) 5 dakika süreyle enjekte edilmiş ve bileşikler kütle spektrometrisi (MS, Agilent Technologies 5973) ile tanımlanmıştır. Sistemde kolon olarak DB-624 (J&W Scientific, 30m, 0,25mm i.d., 1,4µm film) kullanılmıştır. Gaz kromatografisinin fırın sıcaklığı başlangıçta 50°C'de 5 dak., daha sonra kademeli olarak 1°C/dak hızla 65°C'ye ve en sonunda 5°C/dak hızla 220°C'ye çıkarılmış ve bu sıcaklıkta 22 dak. bekletilmiştir (toplam işlem süresi 70 dakikadır). Sistemde 1ml/dak. akış hızıyla taşıyıcı gaz olarak Helyum kullanılmıştır. Sonuçlar kütle spektrometrisinin kütüphanesinden (NIST, WILEY, FLAVOR) karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Her bir örnek iki paralelli ve iki tekerrürlü olarak analiz edilmiştir.

3.2.7. İstatistiksel analizler

Uçucu bileşik haricindeki analizlerde deneme ekmek grubu (kontrol, *L. plantarum* HB75, *L. brevis* EG80 ve *L. plantarum* HB75 + *L. brevis* EG80) ve depolama süresi (0, 1, 2, 3, 4 ve 5 gün) olmak üzere 4x5 faktöriyel düzende tam şansa bağlı deneme planına göre 2 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Uçucu bileşik analizinde ise deneme örnek tipi (hamur, ekmek içi ve ekmek kabuğu) ve ekmek grubu (kontrol, *L. plantarum* HB75, *L. brevis* EG80 ve *L. plantarum* HB75 + *L. brevis* EG80) olmak üzere 3x4 faktöriyel düzende tam şansa bağlı deneme planına göre 2 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Elde edilen veriler SPSS programında (SPSS 1999) varyans analizine tutulmuş ve önemli bulunan ana varyasyon kaynaklarına ait ortalamalar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testiyle karşılaştırılmıştır (Yıldız ve Bircan 2003).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. İzolasyon ve İdentifikasyon Sonuçları

Ekşi hamur örneklerinden izole ve identifiye edilen laktik asit bakterinin firmalara göre dağılımı Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelgede belirtilen A ve B firmaları Vakfikebir’e, C firması Akçaabat’a ve D ve E firmaları Trabzon merkez’e aittir.

Çizelge 4.1. Laktik asit bakteri suşlarının firmalara göre dağılımı

	FİRMALAR					TOPLAM (%)
	A	B	C	D	E	
<i>Lactobacillus plantarum</i>	10	10	20	19	2	61 (54,0)
<i>Lactobacillus pentosus</i>	-	-	1	1	4	6 (5,3)
<i>Lactobacillus brevis</i>	-	5	4	-	-	9 (7,9)
<i>Lactobacillus fermentum</i>	1	-	-	-	2	3 (2,7)
<i>Lactobacillus curvatus</i> subsp. <i>curvatus</i>	-	1	-	-	-	1 (0,9)
<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i>	4	5	4	1	1	15 (13,2)
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> ssp, <i>mesenteroides</i>	-	-	1	2	-	3 (2,7)
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>cremoris</i>	-	-	1	-	-	1 (0,9)
<i>Leuconostoc lactis</i>	2	-	-	-	-	2 (1,8)
<i>Lactobacillus</i> spp.	3	-	-	2	6	11 (9,7)
<i>Leuconoctoc</i> sp.	-	-	-	-	1	1 (0,9)
Toplam	20	21	31	25	16	113 (%100)

Toplam 113 izolat identifiye edilmiştir. Bu 113 izolatın 80 adedi *Lactobacillus* cinsine aittir. *Lactobacillus*’ların doğada çok yaygın olduğu, birçok türünün gıda endüstrisinde kullanıldığı, bu cins laktik asit bakterilerinin aside en dayanıklı laktik asit bakterileri olduğu ve birçok spontan fermantasyonu sonlandırdığı bildirilmiştir (Axelsson 1998). Ekşi hamur örneklerinin hepsi fermantasyonun son aşamasında (hamur fırına girmeden

hemen önce) alınmıştır. İzolatlar içerisinde *Lactobacillus*'ların fazla sayıda oluşu bu durum ile açıklanabilir. Corsetti and Settanni (2007) ekşi hamur sisteminden en sık izole edilen laktik asit bakterisinin *Lactobacillus* cinsine ait olduğunu bildirmişlerdir.

API test kiti ve çeşitli testler kullanılarak gerçekleştirilen identifikasyon işleminin sonucunda 61 izolat *Lactobacillus plantarum*, 15 izolat *Lactococcus lactis* ssp *lactis*, 9 izolat *L. brevis*, 6 izolat *L. pentosus*, 3 izolat *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides*, 3 izolat *L. fermentum*, 2 izolat *Leuconostoc lactis*, 1 izolat *L. curvatus* ssp *curvatus*, 1 izolat *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*, 11 izolat *Lactobacillus* spp. ve 1 izolat *Leuconostoc* sp. olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 4.1'de de görüldüğü gibi toplamda 10 farklı tür belirlenmiş ve genelde baskın tür olan *L. plantarum* (%54) ve bunu izleyen *Lc lactis* (%13,2), bütün ekşi hamur örneklerinden izole edilmiştir. A, B, C ve D firmalarında baskın olan tür *L. plantarum* iken E firmasında baskın tür *L. pentosus*'tur. A, B, D ve E firmalarından 4 farklı tür; C firmasından ise 6 farklı tür izole edilmiştir.

Ekşi hamurda *L. sanfranciscensis*'in önemli bir tür olduğu bildirilmesine (Gobbetti and Corsetti 1997; De Vuyst *et al.* 2002; Corsetti *et al.* 2005; Ferchichi *et al.* 2007) karşın konuyla ilgili yapılan bazı çalışmalarda (Dığrak ve Özçelik 1991; Boraam *et al.* 1993; Gül vd 2005; Ricciardi *et al.* 2005; Zotta *et al.* 2008) bu türe rastlanmadığı bildirilmiştir. Ülkemizde yapılan iki çalışmada da (Dığrak ve Özçelik 1991; Gül vd 2005) *L. sanfranciscensis*'e rastlanmadığı rapor edilirken, Dikbaş (2003) yaptığı çalışmada izole ettiği 158 laktik asit bakterisi içerisinde sadece 3 izolatın *L. sanfranciscensis* olduğunu bildirmiştir. Mevcut bu çalışmada analize alınan ekşi hamurlardan izole edilen laktik asit bakteri türleri arasında *L. sanfranciscensis* türüne rastlanılmamıştır.

Fas'da geleneksel ekşi hamur ekmeğinin hamuru üzerinde yapılan bir çalışmada, ekşi hamurdan izole edilen laktik asit bakteri izolatlarının yarısından fazlasının (%52'sinin) *L. plantarum* türüne ait olduğu rapor edilmiştir. Aynı çalışmada izolatların %14'ünün *L.*

brevis olduğu bildirilmiştir. Ayrıca örneklerden *Leu. mesenteroides* de izole edilmiştir (Boraam *et al.* 1993).

Zotta *et al.* (2008) Güney İtalya'ya özgü bir ekşi hamur ekmeğinin hamurundan *L. plantarum*, *Leu. mesenteroides*, *L. curvatus*, *L. paraplantarum*, *W. cibaria* ve *L. pentosus* olmak üzere farklı 3 cinse ait toplam 6 tür izole ve tanımlanmıştır. Bunun yanı sıra *L. sanfranciscensis* türüne rastlamadıklarını belirtmişlerdir. İtalyan ekşi hamurlarından sıklıkla izole edilen laktik asit bakterileri arasında ise *L. brevis*, *L. plantarum*, *Lc. lactis* ve *Leu. mesenteroides*'in bulunduğu bildirilmiştir (Corsetti *et al.* 2007).

Güney İtalya'da yapılan bir başka çalışmada ise baskın olan laktik asit bakterisi türünün *L. sanfranciscensis* (%30) olduğu bildirilmiştir (Corsetti *et al.* 2001). Aynı çalışmada tespit edilen *L. brevis*'in toplam izolasyonları içerisindeki oranının %14, *L. plantarum*'un %7, *Lc. lactis* subsp. *lactis*'in %6, *L. fermentum*'un %4 olduğu rapor edilmiştir.

Genel olarak incelendiğinde ekşi hamurlardan en sık izole edilen laktik asit bakterilerininin *L. sanfranciscensis*, *L. brevis* ve *L. plantarum* olduğu belirtilmektedir (Corsetti and Settanni 2007).

4.2. Deneme Hamurlarına ait Renk ve pH Değerleri

Deneme hamurlarının renk ve pH sonuçlarına ait ortalamaları Çizelge 4.2'de; Varyans analizi sonuçları Çizelge 4.3'te ve Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları ise Çizelge 4.4'te verilmiştir. Çizelge 4.3'deki varyans analizi sonuçlarından da görüldüğü gibi starter kültür kullanımı hamurların renk değerlerinde istatistiksel açıdan önemli bir değişime neden olmamıştır. Bununla birlikte starter kullanımının hamurun pH'sı üzerine istatistiksel olarak önemli ($p < 0,01$) etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.2. Deneme hamurlarının renk ve pH değerlerine ait analiz sonuçları

Starter Kültür	Renk			pH
	L	(-) a	(+) b	
Kontrol	81,91	0,24	15,70	5,62
	80,95	0,18	15,40	5,62
<i>L. plantarum</i> HB75	81,55	0,21	15,31	5,10
	81,15	0,20	15,00	5,12
<i>L. brevis</i> EG80	80,93	0,25	15,57	4,89
	81,41	0,21	15,46	4,91
<i>L. plantarum</i> HB75 + <i>L. brevis</i> EG80	80,79	0,23	15,47	5,06
	80,76	0,20	15,28	5,08

Çizelge 4.3. Deneme hamurlarının renk ve pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Renk						pH	
		L		(-) a		(+) b		KO	F
		KO	F	KO	F	KO	F		
Starter Kültür (S)	3	0,170	1,038	0,000	0,301	0,064	2,194	0,193	1284**
Hata	4	0,164		0,001		0,029		0,000	

(**) p<0,01 düzeyinde önemli.

Çizelge 4.4'ten de görüldüğü gibi starter kültür kullanımıyla birlikte hamur pH'sında önemli bir düşüş meydana gelmiştir. Mayalama aşamasında sadece ticari mayanın kullanıldığı kontrol grubuna ait hamurun pH'sı 5,62 iken, ticari mayanın yanında laktik asit bakterilerinin de kullanıldığı *L. plantarum* HB75, *L. brevis* EG80 ve *L. plantarum* HB75 + *L. brevis* EG80 gruplarına ait hamurların pH değerleri sırasıyla 5,11, 4,90 ve 5,07 dir.

Çizelge 4.4. Starter kültür değişkenine ait renk ve pH değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları^a

Starter Kültür	n	Renk			pH
		L	(-) a	(+) b	
Kontrol	2	81,43 ±0,48a	0,21 ±0,03a	15,55 ±0,15a	5,62 ±0,00a
<i>L. plantarum</i> HB75	2	81,35 ±0,20a	0,21 ±0,01a	15,16 ±0,16a	5,11 ±0,01b
<i>L. brevis</i> EG80	2	81,17 ±0,24a	0,23 ±0,02a	15,52 ±0,06a	4,90 ±0,01d
<i>L. plantarum</i> HB75 + <i>L. brevis</i> EG80	2	80,78 ±0,02a	0,22 ±0,02a	15,38 ±0,10a	5,07 ±0,01c

^a Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

Clarke *et al.* (2002) laktik asit bakterileri kullanılarak üretilen ekşi hamurların pH değerinin, kontrol grubu hamurların pH değerinden düşük olduğunu rapor etmişlerdir. Buna karşın starter kültür olarak *L. brevis* L-62 ve *L. plantarum* L2-1'i tek tek kullandıkları ekşi hamurlar ve bu ekşi hamurlar kullanılarak üretilen ekmek hamurları arasındaki pH farkının istatistiksel olarak önemsiz olduğunu bulmuşlardır. Benzer şekilde Katina *et al.* (2002) *Bacillus licheniformis* gelişimini engellemek üzere *L. plantarum* ve *L. brevis* kullanarak ürettikleri her iki ekşi hamur örneğinin de 3,9 pH'ya sahip olduğunu rapor etmişlerdir.

Gül vd (2005) yaptıkları çalışmada *L. plantarum*'un asit üretim kapasitesinin *L. brevis*'ten daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Buna karşın Martinez-Anaya (2003) *L. brevis* ile fermente edilen ekşi hamurların kullanıldığı ekmek hamurlarının pH'sının *L. plantarum* ile fermente edilen ekşi hamuru içeren ekmek hamurlarının pH'sından daha düşük olduğunu belirtmiştir. Bu sonuç çalışmamızın sonuçlarını destekler niteliktedir. Bu çalışmada da en düşük hamur pH'sının *L. brevis* EG80'in starter olarak kullanıldığı hamurlarda tespit edilmiştir. *L. brevis* EG80 grubu hamurların pH'sının, *L. plantarum* HB75 grubundan daha düşük olması, *L. brevis* EG80 suşunun asit üretim kapasitesinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Nitekim Martinez-Anaya (2003) da *L. brevis*'in *L. plantarum*'dan daha fazla miktarda asetik asit ürettiğini vurgulamışlardır.

4.3. Deneme Ekmeklerine Ait Sonuçlar

4.3.1. Ekmek içi ve kabuğuna ait renk değerleri

Deneme hamurlarının pişirilmesiyle elde edilen ekmeklere ait iç ve kabuk rengi analizi sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir. Bununla birlikte ekmek içi renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.6'da ve ekmek kabuğu renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Ekmek içi ve kabuğuna ait renk analizi sonuçları

Starter Kültür	Ekmek İçi Rengi			Ekmek Kabuğu Rengi		
	L	(-) a	(+) b	L	(+) a	(+) b
Kontrol	65,72	0,95	9,84	60,07	11,76	22,78
	66,02	1,09	11,09	60,37	11,99	23,37
<i>L. plantarum</i> HB75	65,88	1,03	10,28	46,57	13,71	16,34
	66,24	1,02	11,19	52,88	12,67	16,88
<i>L. brevis</i> EG80	67,68	1,04	10,44	50,01	13,94	19,43
	66,75	1,14	11,65	52,17	13,43	17,51
<i>L. plantarum</i> HB75 + <i>L. brevis</i> EG80	66,11	1,06	10,48	51,41	14,04	19,73
	66,48	1,20	10,64	51,10	14,01	19,52

Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7'deki varyans analiz sonuçlarına göre starter kültür kullanımının ekmek içi renk değerleri üzerine istatistiksel açıdan herhangi bir etkisi söz konusu değildir. Buna karşın ekmek kabuğu renginin, starter kültür kullanımından önemli seviyede (L ve a değeri için $p<0,05$; b değeri için $p<0,01$) etkilendiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.6. Ekmek içi renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Ekmek İçi Rengi					
		L		(-) a		(+) b	
		KO	F	KO	F	KO	F
Starter Kültür (S)	3	0,710	4,652	0,006	0,916	0,130	0,268
Hata	4	0,153		0,006		0,485	

Çizelge 4.7. Ekmek kabuğu renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Ekmek Kabuğu Rengi					
		L		(+) a		(+) b	
		KO	F	KO	F	KO	F
Starter Kültür (S)	3	46,351	8,301*	1,781	10,210*	14,798	27,089**
Hata	4	5,583		0,174		0,546	

(*) $p<0,05$ düzeyinde önemli, (**) $p<0,01$ düzeyinde önemli.

Deneme ekmeklerinin ekmek içi renk değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçlarında istatistiksel olarak bir fark görülmemektedir (Çizelge 4.8). Buna karşın starter kullanımının ekmek kabuğunun rengini önemli ölçüde etkilediği Çizelge 4.9'dan da görülmektedir.

Çizelge 4.8. Starter kültür değişkenine ait ekmek içi renk değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları^a

Starter Kültür	n	Ekmek İçi Rengi		
		L	(-) a	(+) b
Kontrol	2	65,87 ±0,15a	1,02 ±0,07a	10,47 ±0,63a
<i>L. plantarum</i> HB75	2	66,06 ±0,18a	1,03 ±0,01a	10,74 ±0,46a
<i>L. brevis</i> EG80	2	67,22 ±0,47a	1,09 ±0,05a	11,05 ±0,61a
<i>L. plantarum</i> HB75 + <i>L. brevis</i> EG80	2	66,30 ±0,19a	1,13 ±0,07a	10,56 ±0,08a

^a Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farksızdır (p<0,05).

Çizelge 4.9'a bakıldığında starter kültürlerin kullanıldığı ekmeklerin L değerinin kontrol ekmeğinden önemli (p<0,05) seviyede daha düşük olduğu görülmektedir. Parlaklığın ölçüsü olan L değeri en düşük düzeyde *L. plantarum* HB75 kullanılarak üretilen ekmeklerde tespit edilmiştir. Ancak starter kullanılarak üretilen ekmekler arasında L değerlerindeki farkın istatistiksel açıdan önemli olmadığı tespit edilmiştir. Bu durum laktik asit bakterisi içeren hamurlardan yapılan bu ekmeklerin kabuk renginin daha koyu olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.9. Starter kültür değişkenine ait ekmek kabuğu renk değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları^a

Starter Kültür	n	Ekmek Kabuğu Rengi		
		L	(+) a	(+) b
Kontrol	2	60,22 ±0,15a	11,88 ±0,12b	23,08 ±0,30a
<i>L. plantarum</i> HB75	2	49,73 ±3,16b	13,19 ±0,52a	16,61 ±0,27c
<i>L. brevis</i> EG80	2	51,09 ±1,08b	13,69 ±0,26a	18,47 ±0,96bc
<i>L. plantarum</i> HB75 + <i>L. brevis</i> EG80	2	51,26 ±0,16b	14,03 ±0,02a	19,63 ±0,11b

^a Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farksızdır (p<0,05).

Kabuk rengi pişme esnasındaki karamelizasyon olayıyla ilişkilidir. İnoküle ettiğimiz laktik asit bakterilerinin maya ile birlikte daha fazla nişastayı parçaladığı ve bu sebeple starter kullanılan hamurlardaki artık şeker miktarının arttığı söylenebilir. Fazla olan şeker miktarı da kabuktaki koyulaşmanın nedeni olarak gösterilebilir. Kotancılar vd (2009) yaptıkları çalışmada Trabzon Vakfıkebir ekmeğinin ekmek içi çirişlenme sıcaklığının normal ekmekten daha fazla olduğunu tespit etmiş ve bu durumu ekşi hamurlardaki artık şeker miktarının fazla oluşuyla açıklamışlardır. Kırmızılığın göstergesi olan “a” değerinde de benzer şeyleri söylemek mümkündür. Zira bu değerde de kırmızılık starter kültürlerin kullanıldığı ekmeklerde kontrol ekmeğe kıyasla daha fazladır. Bu durum da karamelizasyon ile ilişkilendirilebilir. Pozitif “b” değerine bakıldığında ise kontrol ekmeği kabuğunun daha sarı olduğu görülmektedir.

4.3.2. Ekmeklerin hacim, ağırlık, spesifik hacim ve ekmek içi pH değerleri

Deneme ekmeklerine ait hacim, ağırlık, spesifik hacim ve ekmek içi pH analizi sonuçları Çizelge 4.10’da, bu değerlerin varyans analiz sonuçları ise Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.10. Ekmeklerin hacim, ağırlık, spesifik hacim ve ekmek içi pH analizi sonuçları

Starter Kültür	Hacim (ml)	Ağırlık (g)	Spesifik Hacim (ml/g)	Ekmek içi pH
Kontrol	550,0	129,58	4,25	6,02
	550,0	129,32	4,47	6,00
<i>L. plantarum</i> HB75	575,0	128,51	4,47	5,46
	572,5	128,09	4,48	5,45
<i>L. brevis</i> EG80	577,5	128,96	4,48	5,21
	577,5	128,93	4,46	5,24
<i>L. plantarum</i> HB75	580,0	129,93	4,55	5,41
+ <i>L. brevis</i> EG80	587,5	129,21	4,25	5,43

Çizelge 4.11’de verilen varyans analiz sonuçlarına göre starter kültür hacim ($p<0,01$), ağırlık ($p<0,05$) ve ekmek içi pH ($p<0,01$) değerleri üzerine önemli etkiye sahipken, spesifik hacim üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur.

Çizelge 4.11. Ekmeklerin hacim, ağırlık, spesifik hacim ve ekmek içi pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Hacim (ml)		Ağırlık (g)		Spesifik Hacim (ml/g)		Ekmek içi pH	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
		Starter Kültür (S)	3	435,42	55,73**	0,669	7,01*	0,006	0,36
Hata	4	7,813		0,095		0,017		0,000	

(*) $p<0,05$ düzeyinde önemli, (**) $p<0,01$ düzeyinde önemli.

Starter kültür değişkenine ait ekmek hacmi, ağırlığı, spesifik hacmi ve ekmek içi pH ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında starter kültür kullanımının ekmek hacmini artırdığı görülmektedir.

Çizelge 4.12. Starter kültür değişkenine ait ekmek hacmi, ağırlığı, spesifik hacmi ve ekmek içi pH ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları^a

Starter Kültür	n	Hacim (ml)	Ağırlık (g)	Spesifik Hacim (ml/g)	Ekmek içi pH
Kontrol	2	550,0 ±0,0c	129,5 ±0,1a	4,36 ±0,11a	6,01 ±0,01a
<i>L. plantarum</i> HB75	2	573,8 ±1,3b	128,3 ±0,2b	4,48 ±0,01a	5,46 ±0,01b
<i>L. brevis</i> EG80	2	577,5 ±0,0ab	128,9 ±0,0ab	4,47 ±0,01a	5,23 ±0,02c
<i>L. plantarum</i> HB75 + <i>L. brevis</i> EG80	2	583,8 ±3,8a	129,6 ±0,4a	4,40 ±0,15a	5,42 ±0,01b

^a Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

Starter kültür kullanımının ekmek hacmini önemli seviyede ($p<0,01$) artırdığı tespit edilmiştir. En düşük ekmek hacmi kontrol grubuna ait iken en yüksek ekmek hacminin *L. plantarum* HB75 ve *L. brevis* EG80'in kombine şekilde kullanıldığı ekmeklere ait olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra *L. brevis* EG80'in kullanıldığı ekmeğin hacminin, *L. plantarum* HB75'in kullanıldığı ekmeğin hacminden önemli ($p<0,05$) seviyede fazla olduğu görülmektedir (Çizelge 4.12). Corsetti *et al.* (1998) starter kültür olarak laktik asit bakterilerinin kullanıldığı ekmeklerin hacminin, mayanın tek başına kullanıldığı ekmeklerin hacminden daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Ekmeklerin istenen hacimde olmasını sağlayan en önemli faktör ekmek mayası olarak bilinen *Saccharomyces cerevisiae*'nin glikozu fermente etmesi sonucu ortaya çıkan CO₂ gazıdır (Turantaş 1999b; Elgün ve Ertugay 2003). *L. brevis*'in obligat heterofermantatif laktik asit bakterisi olduğu bildirilmiştir (Corsetti and Settanni 2007). Heterofermantatif laktik asit bakterileri glikoz molekülünü fosfoketolaz glikolitik izyolu üzerinden laktik asit, asetik asit ve etil alkol'e parçalarlar. Bu esnada CO₂ gazı da açığa çıkmaktadır. Maya tarafından üretilen CO₂'e ilaveten meydana gelen bu gaz hacim artışının nedeni olarak görülebilir. Turantaş (1999a) *L. plantarum*'un homofermantatif laktik asit bakterisi olduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte *L. plantarum*'u fakültatif heterofermantatif laktik asit bakterisi olarak tanımlayan kaynaklar da mevcuttur (Salovaara 1998; Corsetti and Settanni 2007). *L. plantarum* HB75 ile fermente edilen ekmeklerin hacminin *L. brevis* EG80 ile fermente edilen ekmeklerden daha düşük oluşu bu durumla ilişkilendirilebilir.

CO₂ gazı miktarındaki muhtemel artışın yanı sıra starter kültür kullanılan hamurların pH'sının kontrol hamurundan daha düşük oluşu da ekmek hacmine etki etmiş olabilir. Gerçekaslan (2006) yaptığı çalışmada ekşi hamurun gluten ağ yapısını kuvvetlendirdiğine vurgu yapmıştır. Gluten ağının kuvvetli oluşu hamurun gaz tutma kapasitesini ve dolayısıyla da ekmek hacmini artıracaktır. Benzer şekilde Kotancılar vd (1998) ekşi hamur sistemindeki asit miktarının yüksek düzeyde oluşunun ekmeğin teknolojik kalitesini olumlu yönde etkilediğini belirtmiş ve ekşi hamur ilavesinin

hamura elastik özellik kazandırarak glutenin ekmek içine pozitif etkide bulunduğunu böylece ekmek hacminin daha iyi olduğunu rapor etmişlerdir.

Ekmek ağırlıklarına bakıldığında kontrol grubunun ve karışık kültür kullanılan ekmeklerin aynı ağırlığa sahip olduğu görülmektedir. En düşük ekmek ağırlığının *L. plantarum* HB75 ekmeklerine ait olduğu görülmektedir. Sayısal olarak bakıldığında starter kültür kullanımının ekmeklerin spesifik hacimlerini artırdığı gözlenmektedir. Ancak bu artış istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.12). Clarke *et al.* (2002) yaptıkları çalışmada *L. brevis* L-62 ve *L. plantarum* L2-1 ile fermente edilen ekşi hamurların kullanıldığı ekmeklerin spesifik hacimlerinin kontrol grubundan yüksek olduğunu ancak kendi aralarında farkın istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğunu bildirmişlerdir.

Hamur pH'larında da olduğu gibi starter kültürlerin kullanıldığı ekmeklerin ekmek içi pH'sı kontrol ekmeğine nazaran daha düşük çıkmıştır. En düşük ekmek içi pH değeri 5,23 ile *L. brevis* EG80'in starter olarak kullanıldığı hamurdan elde edilen ekmeklere ait iken en yüksek pH değeri 6,01 ile kontrol grubu ekmeklerine aittir (Çizelge 4.12). Benzer şekilde Katina *et al.* (2002) yaptıkları çalışmada kontrol grubu ekmeklerinin pH'sını 5,9-6,0; laktik asit bakterisi kullanarak ürettikleri ekmeklerin pH'sını ise 4,8-5,2 civarında olduğunu bildirmişlerdir. Clarke *et al.* (2002) *L. brevis* L-62 ve *L. plantarum* L2-1 ile fermente edilen ekşi hamurların kullanıldığı ekmeklerin pH değerlerinin kontrol grubundan daha düşük olduğunu fakat kendi aralarında önemli bir fark olmadığını tespit etmişlerdir.

4.3.3. Ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin nem içeriği ve su aktivitesi değerleri

Farklı depolama sürelerinde deneme ekmeklerine ait ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin nem içeriği ve su aktivitesi analiz değerlerinin I. ve II. tekerrür ortalamaları Çizelge 4.13'te verilmiştir. Çizelge 4.14'te ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin nem içeriği değerlerine ait varyans analiz sonuçları; Çizelge 4.15'te starter kültür

değişkenine ait ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.14'teki varyans analiz sonuçlarına göre starter kültür kullanımının ve değişkenlerin birbirleri ile olan interaksiyonunun ekmeğin iç, kabuk ve kabuğa yakın bölgesine ait nem değerleri üzerine önemli bir etkiye sahip değildir. Depolama süresi değişkeni ise nem değerleri üzerine önemli ($p < 0,05$) etkiye sahiptir.

Çizelge 4.13. Depolama süresince ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin (K.Y.B) nem içeriği ve su aktivitesi analiz değerleri ortalamaları

Starter Kültür	Depolama Süresi (gün)	Nem (%)			Su Aktivitesi		
		İç	Kabuk	K.Y.B	İç	Kabuk	K.Y.B
Kontrol	0	45,25	7,79	14,47	0,957	0,411	0,631
	1	44,63	18,84	20,01	0,952	0,832	0,836
	2	43,85	21,48	21,83	0,954	0,858	0,868
	3	43,52	24,38	25,18	0,956	0,888	0,893
	4	42,54	24,60	25,98	0,947	0,900	0,903
	5	42,36	25,38	27,14	0,938	0,906	0,908
<i>L. plantarum</i> HB75	0	44,89	7,38	13,37	0,953	0,338	0,465
	1	43,91	18,32	19,44	0,961	0,825	0,816
	2	43,10	22,14	22,09	0,950	0,868	0,863
	3	42,81	23,17	24,43	0,965	0,891	0,880
	4	41,99	24,43	26,13	0,940	0,896	0,888
	5	41,44	24,99	26,83	0,939	0,913	0,908
<i>L. brevis</i> EG80	0	45,02	7,75	14,02	0,953	0,332	0,515
	1	44,01	18,55	19,83	0,955	0,819	0,856
	2	43,99	22,41	22,87	0,950	0,890	0,892
	3	43,83	24,13	25,37	0,951	0,881	0,888
	4	42,32	24,30	25,59	0,946	0,908	0,911
	5	42,29	25,02	27,23	0,941	0,906	0,910
<i>L. plantarum</i> HB75 + <i>L. brevis</i> EG80	0	45,05	8,79	14,38	0,955	0,473	0,625
	1	43,94	19,37	20,91	0,953	0,822	0,841
	2	43,30	22,43	22,92	0,952	0,891	0,894
	3	43,36	24,21	25,82	0,952	0,901	0,900
	4	42,20	24,86	26,31	0,947	0,903	0,905
	5	41,96	25,47	26,48	0,935	0,908	0,909

Çizelge 4.14. Ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin (K.Y.B) nem içeriği değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Nem (%)					
		İç		Kabuk		K.Y.B	
		KO	F	KO	F	KO	F
Starter Kültür (S)	3	1,074	1,246	1,261	2,106	1,147	1,676
Depolama Süresi (D)	5	10,39	12,1**	342,803	572,4**	186,12	271,9**
S x D	15	0,078	0,091	0,222	0,371	0,363	0,531
Hata	24	0,862		0,599		0,685	

(**) $p < 0,01$ düzeyinde önemli.

Çizelge 4.16'da depolama süresi değişkenine ait ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları verilmiştir. Depolama süresinin artmasıyla ekmek içinin nem miktarı düşerken kabuğun ve kabuğa yakın bölgenin nem içeriğinde hızlı bir artış olduğu görülmektedir. Depolama süresince ekmek kabuğunun nem seviyesinin artması ve bu sebeple kırırlığını kaybederek elastik bir yapı kazanması durumuna kabuk bayatlaması denilmektedir (Elgün ve Ertugay 2003, Gray and Bemiller 2003, Hug-Iten *et al.* 2003). Buradaki nem transferi kabuk ile kabuğa yakın bölge arasında daha fazla olduğu için kabuğun nem kazanma hızı ekmek içinin nem kaybetme hızından daha yüksek olmaktadır.

Çizelge 4.15. Starter kültür değişkenine ait ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin (K.Y.B) nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları^a

Starter Kültür	Nem (%)		
	İç	Kabuk	K.Y.B
Kontrol	43,69 ±0,39a	20,41 ±1,83a	22,43 ±1,31a
<i>L. plantarum</i> HB75	43,02 ±0,38a	20,07 ±1,83a	22,05 ±1,39a
<i>L. brevis</i> EG80	43,58 ±0,36a	20,36 ±1,84a	22,48 ±1,37a
<i>L. plantarum</i> HB75 + <i>L. brevis</i> EG80	43,30 ±0,36a	20,85 ±1,74a	22,80 ±1,30a

^a Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farksızdır ($p < 0,05$).

Çizelge 4.16. Depolama süresi değişkenine ait ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin (K.Y.B) nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları^a

Depolama Süresi (gün)	Nem (%)		
	İç	Kabuk	K.Y.B
0	45,05 ±0,07a	7,93 ±0,23e	14,06 ±0,23e
1	44,12 ±0,26ab	18,77 ±0,22d	20,05 ±0,40d
2	43,56 ±0,21b	22,11 ±0,16c	22,42 ±0,34c
3	43,38 ±0,31b	23,97 ±0,23b	25,20 ±0,28b
4	42,26 ±0,39c	24,55 ±0,19ab	26,00 ±0,13b
5	42,01 ±0,29c	25,21 ±0,41a	26,92 ±0,16a

^a Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

Ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin su aktivitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17’de, Starter kültür değişkenine ait ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin su aktivitesi değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları Çizelge 4.18’de ve Depolama süresi değişkenine ait ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin su aktivitesi değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Starter kullanımı, depolama süresi ve bu iki değişkenin birbirleriyle olan etkileşiminin ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin su aktivitesi değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli (p<0,01) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.17).

En yüksek ekmek içi su aktivitesi değeri kontrol ve *L. plantarum* HB75 grubu ekmeklerine ait iken, en düşük su aktivitesi değeri *L. brevis* EG80 ve karışık kültürün kullanıldığı ekmeklere aittir. Ekmek kabuğu ve kabuğa yakın bölgenin su aktivitesi değerlerine bakıldığında ise her iki ölçüm parametresi için de en düşük değer *L. plantarum* HB75’e, en yüksek değer ise karışık kültür grubuna ait olduğu görülmektedir (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.17. Ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin (K.Y.B) su aktivitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Su Aktivitesi					
		İç		Kabuk		K.Y.B	
		KO	F	KO	F	KO	F
Starter Kültür (S)	3	$1,6 \cdot 10^{-5}$	9,02**	0,002	2083,9**	0,004	3553,7**
Depolama Süresi (D)	5	0,000	216,7**	0,329	343644**	0,145	122346**
S x D	15	$2,9 \cdot 10^{-5}$	16,05**	0,002	1610,2**	0,002	1801,9**
Hata	24	$1,8 \cdot 10^{-6}$		$9,6 \cdot 10^{-7}$		$1,2 \cdot 10^{-6}$	

(**) $p < 0,01$ düzeyinde önemli.

Depolama süresinin artmasıyla birlikte su aktivitesi değerlerinde meydana gelen değişim nem değerlerindeki değişim ile aynı doğrultudadır. Ekmek içi su aktivitesi değeri biraz dalgalanma göstermesine karşın düşüş eğiliminde olduğu gözlenmiştir. Kabuk ve kabuğa yakın bölgeye ait su aktivitesi değerleri ise sürekli bir yükseliş sergilemiştir (Çizelge 4.19). Czuchajowska and Pomeranz (1989), ekmek içi su aktivitesinin depolama esnasında çok yavaş bir şekilde azaldığını, ekmek kabuğu su aktivitesinin ise ilk üç gün hızla artıp sonra sabitlendiğini belirtmişlerdir.

Çizelge 4.18. Starter kültür değişkenine ait ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin (K.Y.B) su aktivitesi değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları^a

Starter Kültür	Su Aktivitesi		
	İç	Kabuk	K.Y.B
Kontrol	0,950 ±0,002a	0,799 ±0,053b	0,840 ±0,029b
<i>L. plantarum</i> HB75	0,951 ±0,003a	0,788 ±0,061d	0,803 ±0,046d
<i>L. brevis</i> EG80	0,948 ±0,001b	0,789 ±0,062c	0,828 ±0,043c
<i>L. plantarum</i> HB75 + <i>L. brevis</i> EG80	0,948 ±0,002b	0,816 ±0,047a	0,845 ±0,031a

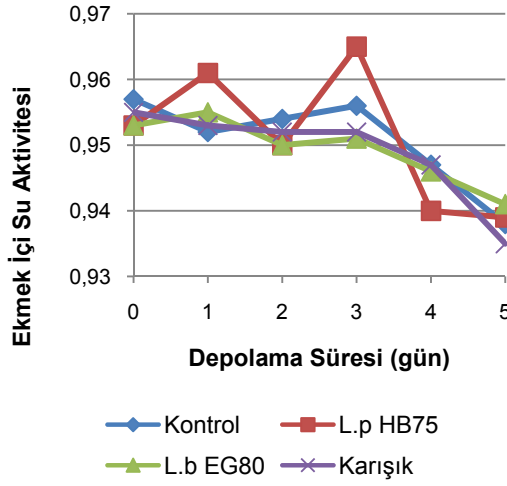
^a Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p < 0,05$).

Çizelge 4.19. Depolama süresi değişkenine ait ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin (K.Y.B) su aktivitesi değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları^a

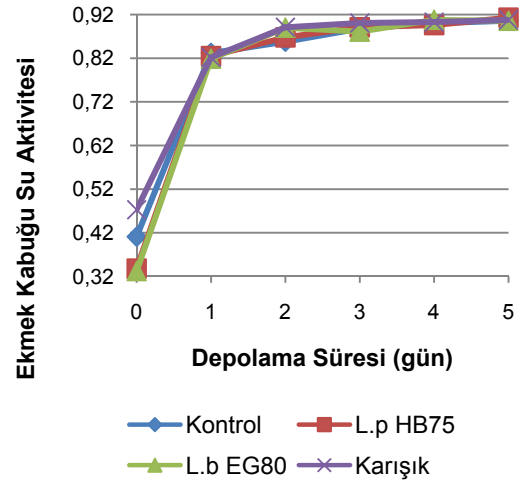
Depolama Süresi (gün)	Su Aktivitesi		
	İç	Kabuk	K.Y.B
0	0,954 ±0,001b	0,389 ±0,022f	0,559 ±0,027f
1	0,955 ±0,002ab	0,824 ±0,002e	0,837 ±0,005e
2	0,951 ±0,001c	0,876 ±0,005d	0,879 ±0,005d
3	0,956 ±0,002a	0,890 ±0,003c	0,890 ±0,003c
4	0,945 ±0,001d	0,902 ±0,002b	0,901 ±0,003b
5	0,938 ±0,001e	0,908 ±0,001a	0,908 ±0,000a

^a Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

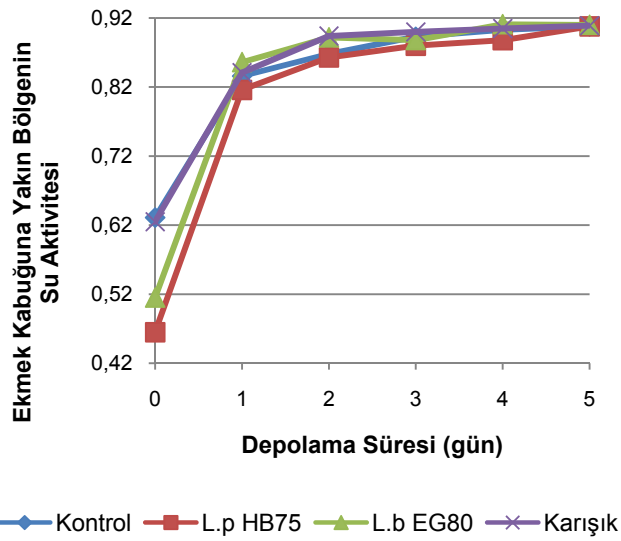
Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre, istatistiki olarak önemli bulunan (Çizelge 4.17) ekmek içi, ekmek kabuğu ve ekmek kabuğuna yakın bölgenin su aktivitesi üzerinde etkili olan starter kültür x depolama süresi interaksyonu sırasıyla Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3'te verilmiştir. Şekil 4.1'den de görüldüğü üzere en yüksek ekmek içi su aktivitesi değeri 3.gün *L. plantarum* HB75 grubu ekmeklerine ait iken, en düşük değer 5.gün karışık kültür grubu ekmeklerine aittir. Bütün ekmek gruplarında depolama süresinin artmasıyla birlikte ekmek kabuğundaki su aktivitesi değeri artmıştır. En düşük ekmek kabuğu su aktivitesi değerlerinin kontrol ve *L. plantarum* HB75 ekmeklerine ait olduğu tespit edilmiştir. Depolamanın son gününde ise bütün ekmek gruplarının ekmek kabuğu su aktivitesi değerlerinin aynı olduğu görülmektedir. Ekmek kabuğuna yakın bölgeye ait su aktivitesi değerlerinin de benzer bir seyir izlediği görülmüştür (Şekil 4.3).



Şekil 4.1. Ekmek içi su aktivitesi üzerinde etkili olan starter kültür x depolama süresi interaksiyonu



Şekil 4.2. Ekmek kabuğu su aktivitesi üzerinde etkili olan starter kültür x depolama süresi interaksiyonu



Şekil 4.3. Ekmek kabuğuna yakın bölgenin su aktivitesi üzerinde etkili olan starter kültür x depolama süresi interaksiyonu

4.3.4. Ekmek için yumuşaklığı ve hidrasyon kapasitesi değerleri

Ekmek içi yumuşaklığı ve hidrasyon kapasitesi analiz değerleri I. ve II. Tekerrür ortalamaları Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Ekmek içi yumuşaklığı ve hidrasyon kapasitesi analiz değerleri ortalamaları

Starter Kültür	Depolama Süresi (gün)	Yumuşaklık (PB)	Hidrasyon Kapasitesi
Kontrol	0	109,5	2,344
	1	82,6	1,953
	2	69,3	1,797
	3	41,4	1,740
	4	36,3	1,728
	5	30,7	1,723
<i>L. plantarum</i> HB75	0	121,9	2,354
	1	87,0	1,917
	2	76,7	1,780
	3	46,9	1,734
	4	41,5	1,704
	5	32,4	1,694
<i>L. brevis</i> EG80	0	114,0	2,350
	1	87,8	1,903
	2	74,7	1,780
	3	47,3	1,730
	4	41,8	1,724
	5	32,0	1,684
<i>L. plantarum</i> HB75 + <i>L. brevis</i> EG80	0	107,5	2,359
	1	88,6	1,912
	2	77,0	1,787
	3	46,9	1,739
	4	40,8	1,718
	5	34,0	1,666

Çizelge 4.21’de verilen ekmek içi yumuşaklığı ve hidrasyon kapasitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçlarına bakıldığında starter kültür ve depolama süresinin ekmek içi

yumuşaklığı ve hidrasyon kapasitesini önemli derecede ($p<0,01$) etkilediği görülmektedir. Starter kültür x depolama süresi interaksyonu ekmek içi hidrasyon kapasitesi üzerine etkili ($p<0,01$) olurken ekmek içi yumuşaklığı üzerine etkisi önemsizdir.

Çizelge 4.21. Ekmek içi yumuşaklığı ve hidrasyon kapasitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Yumuşaklık (PB)		Hidrasyon Kapasitesi	
		KO	F	KO	F
Starter Kültür (S)	3	78,872	9,08**	0,001	92,317**
Depolama Süresi (D)	5	7906,926	910,237**	0,503	48002,125**
S x D	15	14,495	1,669	0,000	30,676**
Hata	24	8,687		1,05.10 ⁻⁵	

(**) $p<0,01$ düzeyinde önemli.

Starter kültür ve depolama süresi değişkenine ait ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları Çizelge 4.22 ve Çizelge 4.23’de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Starter kültür değişkenine ait ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları^a

Starter Kültür	Yumuşaklık (PB)	Hidrasyon Kapasitesi
Kontrol	61,62 ±8,56b	1,881 ±0,066a
<i>L. plantarum</i> HB75	67,55 ±9,34a	1,863 ±0,069b
<i>L. brevis</i> EG80	66,23 ±8,70a	1,862 ±0,069b
<i>L. plantarum</i> HB75 + <i>L. brevis</i> EG80	65,77 ±8,15a	1,863 ±0,071b

^a Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

Çizelge 4.22'den de görüldüğü gibi starter kültür kullanımı ekmek içi yumuşaklık değerini artırmıştır. En düşük ekmek içi yumuşaklığı kontrol grubuna ait iken en yüksek yumuşaklık değeri *L. plantarum* HB75 grubu ekmeklerine aittir. Clarke *et al.* (2002) *L. plantarum* ile hazırlanan ekşi hamurun kullanıldığı ekmeklerin *L. brevis* ile hazırlanan ekşi hamurun kullanıldığı ekmeklere kıyasla daha yumuşak olduğunu belirtmelerine karşın; çalışmamızda laktik asit bakterilerinin kullanıldığı ekmeklerin ekmek içi yumuşaklık değerlerinin kendi aralarında istatistiksel olarak birbirlerinden farklı olmadığı tespit edilmiştir. Kontrol grubu ekmeklerinin ortalama yumuşaklık değeri yaklaşık 62 PB iken laktik asit bakterilerinin kullanıldığı ekmek gruplarında bu değer yaklaşık olarak 66 PB dir. Bu durum ekmek hacimlerindeki artış ile açıklanabilir.

Starter kültür kullanılan ekmeklerin hacimlerinin kontrol ekmeğinden daha yüksek olduğu görülmüştür (Çizelge 4.12). Gerçekaslan (2006) ekmek hacminin artışıyla birlikte ekmek içi yumuşaklığının arttığını rapor etmiştir. Bununla birlikte ortam asitliğindeki artışın da ekmek içi yumuşaklığı üzerine olumlu etkisinin olduğu söylenebilir. Uysal (2004) fermantasyon süresinin artışıyla birlikte ekmek içi yumuşaklık değerinin arttığını belirtmiştir. Fermantasyon süresinin uzaması, hamur içerisindeki laktik asit bakterileri ve mayaların faaliyetlerine devam etmesini sağlayacak ve dolayısıyla üretilen asit miktarı artacaktır. Laktik asit bakterileri tarafından gerçekleştirilen asitlik artışı, nişastanın mikrobiyal hidrolizi ve proteolitik etkinin ekmeğin bayatlamasını geciktirdiği ve ekmeğin sertliğini azalttığı bildirilmiştir (Corsetti *et al.* 1998).

Ekmek içi hidrasyon kapasitesi değerlerine bakıldığında ekmek içi yumuşaklık değerlerine benzer durum gözlenmektedir (Çizelge 4.22). Yumuşaklık değerlerinden farklı olarak en yüksek ekmek içi hidrasyon kapasitesi değeri kontrol grubu ekmeklerine aittir. Burada da starter kültür kullanılan ekmeklerin ekmek içi hidrasyon kapasitesi değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($p>0,05$).

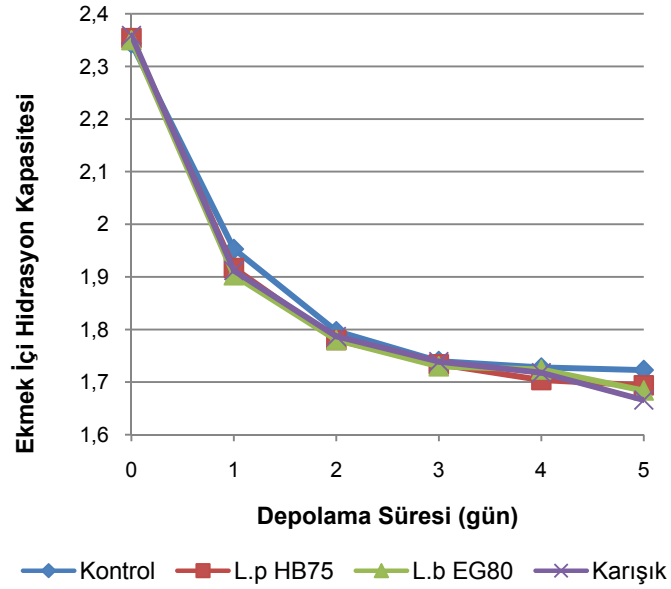
Çizelge 4.23. Depolama süresi değişkenine ait ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları^a

Depolama Süresi (gün)	Yumuşaklık (PB)	Hidrasyon Kapasitesi
0	113,23 ±2,32a	2,352 ±0,002a
1	86,49 ±0,92b	1,921 ±0,007b
2	74,14 ±1,27c	1,786 ±0,003c
3	45,59 ±1,70d	1,736 ±0,002d
4	40,08 ±0,90e	1,719 ±0,004e
5	32,24 ±0,51f	1,692 ±0,008f

^a Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

Çizelge 4.23’de depolama süresi değişkenine ait ekmek içi, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları verilmiştir. Depolama süresindeki artış ile birlikte ekmek içi hidrasyon kapasitesi ve ekmek içi yumuşaklık değeri azalmıştır. Konuyla ilgili yapılan çalışmalarda depolama süresinin artmasıyla birlikte ekmek içi su tutma kapasitesinin azalacağı rapor edilmiştir (Morad and D’Appolonia 1980; Sidhu *et al.* 1997; Karaoğlu 2002; Gerçekaslan 2006). Bununla birlikte depolama süresi uzadıkça ekmek içi sertliği artacak ve dolayısıyla da PB değeri düşecektir.

Varyans analizi sonuçlarına göre, istatistiki olarak önemli bulunan (Çizelge 4.21) ekmek içi hidrasyon kapasitesi üzerinde etkili olan starter kültür x depolama süresi interaksyonu Şekil 4.4’te verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi depolamanın başlangıcında bütün ekmek gruplarının ekmek içi hidrasyon kapasitesi aynıdır. Bütün ekmek grupları için depolama süresindeki artışla birlikte ekmek içi hidrasyon kapasitesi değerleri düşüş göstermiştir. Depolamanın son gününde (5.gün) en yüksek ekmek içi hidrasyon kapasitesi değerinin kontrol ekmeğine ait olduğu ve bunu sırasıyla *L. plantarum* HB75, *L. brevis* EG80 ve karışık kültür kullanılarak üretilen ekmeklerin takip ettiği görülmektedir.



Şekil 4.4. EkmeK İçi hidrasyon kapasitesi üzerinde etkili olan starter kültür x depolama süresi interaksyonu

4.3.5. EkmeK İçi tekstür profil analizi (TPA) değerleri

Çizelge 4.24'te deneme ekmeKlerine ait ekmeK İçi tekstür profil analizi (TPA) analiz değerleri I. ve II. Tekerrür ortalamaları verilmiştir.

Çizelge 4.25'te ekmeK İçi sertliği, elastikiyet ve kohezivlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları, Çizelge 4.26'da starter kullanımı ve Çizelge 4.27'de depolama süresi değişkenine ait ekmeK İçi sertliği, elastikiyet ve kohezivlik değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.24. Ekmeklerin sertlik, elastikiyet, kohezivlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik parametrelerine ait ortalamaları

Starter Kültür	Depolama Süresi (gün)	Sertlik (N)	Elastikiyet	Kohezivlik	Sakızimsılık	Çiğnenebilirlik
Kontrol	0	3,13	0,996	0,730	2,28	2,28
	1	5,35	0,979	0,584	3,13	3,06
	2	7,07	0,972	0,518	3,65	3,55
	3	7,98	0,968	0,486	3,88	3,75
	4	9,11	0,965	0,442	4,02	3,88
	5	10,83	0,957	0,432	4,69	4,48
<i>L. plantarum</i> HB75	0	2,71	0,997	0,727	1,97	1,96
	1	5,13	0,977	0,564	2,89	2,82
	2	7,23	0,969	0,501	3,62	3,50
	3	7,55	0,969	0,474	3,60	3,48
	4	8,54	0,966	0,443	3,78	3,65
	5	10,24	0,954	0,430	4,40	4,20
<i>L. brevis</i> EG80	0	2,90	0,997	0,732	2,12	2,11
	1	5,48	0,967	0,544	2,99	2,89
	2	7,06	0,957	0,495	3,50	3,35
	3	7,56	0,963	0,462	3,49	3,36
	4	8,47	0,964	0,448	3,80	3,67
	5	10,43	0,954	0,410	4,27	4,07
<i>L. plantarum</i> HB75 + <i>L. brevis</i> EG80	0	3,11	0,997	0,720	2,23	2,22
	1	5,63	0,969	0,566	3,18	3,08
	2	7,11	0,966	0,510	3,62	3,49
	3	7,44	0,963	0,474	3,52	3,39
	4	8,11	0,968	0,454	3,68	3,56
	5	9,87	0,960	0,429	4,23	4,07

Çizelge 4.25. Ekmek içi sertliği, elastikiyet ve kohezivlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Sertlik (N)		Elastikiyet		Kohezivlik	
		KO	F	KO	F	KO	F
Starter Kültür (S)	3	0,336	4,887**	$8,3 \cdot 10^{-5}$	4,405*	0,001	4,422**
Depolama Süresi (D)	5	52,623	764,435**	0,002	82,305**	0,098	744,341**
S x D	15	0,124	1,794	$2,4 \cdot 10^{-5}$	1,275	0,000	1,029
Hata	24	0,069		$1,9 \cdot 10^{-5}$		0,000	

(*) $p < 0,05$ düzeyinde önemli, (**) $p < 0,01$ düzeyinde önemli.

Varyans analiz sonuçlarına bakıldığında (Çizelge 4.25) starter kültür'ün (S) ve depolama süresinin (D) ekmek içi sertlik ve kohezivlik değerleri üzerine önemli ($p < 0,01$) etkiye sahip olduğu görülmektedir. Ekmek içi elastikiyet değeri üzerine starter kültür kullanımının önemli ($p < 0,05$), depolama süresinin ise çok önemli ($p < 0,01$) etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Starter kültür ve depolama süresi interaksiyonunun ise sertlik, elastikiyet ve kohezivlik değerleri üzerine etkisinin önemsiz ($p > 0,05$) olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.26. Starter kültür değişkenine ait ekmek içi sertliği, elastikiyet ve kohezivlik değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları^a

Starter Kültür	Sertlik (N)	Elastikiyet	Kohezivlik
Kontrol	7,24 ±0,75a	0,973 ±0,004a	0,532 ±0,031a
<i>L. plantarum</i> HB75	6,90 ±0,73b	0,972 ±0,004a	0,523 ±0,031ab
<i>L. brevis</i> EG80	6,98 ±0,72b	0,967 ±0,004b	0,515 ±0,032b
<i>L. plantarum</i> HB75 + <i>L. brevis</i> EG80	6,87 ±0,64b	0,970 ±0,004ab	0,525 ±0,029ab

^a Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p < 0,05$).

Çizelge 4.26'da görüldüğü üzere starter kültürlerin kullanıldığı ekmeklerin sertlik değerlerindeki farklılıkların istatistiksel açıdan önemsiz ($p > 0,05$) bulunmuştur. Ancak

kontrol ekmeğinin sertliğinin starter kullanılan ekmeklerinkinden önemli seviyede yüksek olduğu görülmektedir. Çeşitli ekşi hamur ve katkıların ekmeğin sertliği ve bayatlaması üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada sadece ekşi hamur fermantasyonunun nişastanın retrogradasyonunu geciktirmede etkili olduğu ve bu etkinin asitleşme derecesine ve laktik asit bakterisi türüne bağlı olduğu vurgulanmıştır (Corsetti *et al.* 2000). Zaten Çizelge 4.22’de verilen yumuşaklık değerlerine bakıldığında starter kültürlerin kullanıldığı ekmeklerin daha yumuşak olduğu görülmektedir.

En yüksek elastikiyet değerlerinin kontrol grubu ekmeklerine ve *L. plantarum* HB75 grubu ekmeklerine ait olduğu ve bu değerler arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı tespit edilmiştir. En düşük elastikiyet değerinin ise *L. brevis* EG80’in starter olarak kullanıldığı ekmeklere ait olduğu görülmektedir. Benzer şekilde en yüksek kohezivlik değeri yine kontrol grubu ekmeklerine, en düşük değer ise *L. brevis* EG80 ekmeklerine aittir.

Çizelge 4.27. Depolama süresi değişkenine ait ekmek içi sertliği, elastikiyet ve kohezivlik değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları^a

Depolama Süresi (gün)	Sertlik (N)	Elastikiyet	Kohezivlik
0	2,96 ±0,08f	0,997 ±0,000a	0,727 ±0,004a
1	5,40 ±0,08e	0,973 ±0,003b	0,564 ±0,006b
2	7,11 ±0,05d	0,966 ±0,002c	0,506 ±0,004c
3	7,63 ±0,12c	0,966 ±0,001c	0,474 ±0,005d
4	8,56 ±0,16b	0,966 ±0,002c	0,447 ±0,004e
5	10,34 ±0,16a	0,956 ±0,002d	0,425 ±0,005f

^aAynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

Depolama süresinin artışıyla birlikte ekmeğin bayatlayacağı ve ekmek için sertleşip dokusal özelliklerini kaybedeceği bilinen bir gerçektir. Beklenildiği ve ekmek içi yumuşaklığındaki değişimden de görülebileceği gibi depolama süresi arttıkça ekmek içi

sertliđi de artmıřtır (Çizelge 4.27). Bununla birlikte ekmek içinin elastikiyet ve kohezivlik deđerleri dūřuř gōstermiřtir. Ekmek içi sertliđinin artması TPA kurvesindeki Alan 1 deđerinin artması ve Alan 2 deđerinin dūřmesiyle sonuçlanır. Dolayısıyla da Alan 2'nin Alan 1'e bōlümüyle elde edilen kohezivlik deđeri depolama sūresinin artıřıyla birlikte azalmaktadır.

Çizelge 4.28'de ekmek içi sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları; Çizelge 4.29'da starter kōltūr ve Çizelge 4.30'da ise depolama sūresi değişkenine ait sakızimsılık ve çiğnenme değerleri ortalamalarının Duncan oklu Karşılaştırma Test sonuçları gōr÷lmektedir.

Çizelge 4.28. Ekmek içi sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Sakızimsılık		iğnenebilirlik	
		KO	F	KO	F
Starter Kōltūr (S)	3	0,157	8,150**	0,165	8,773**
Depolama Sūresi (D)	5	4,690	243,607**	3,975	211,881**
S x D	15	0,023	1,198	0,020	1,049
Hata	24	0,019		0,019	

(**) $p < 0,01$ dūzeyinde önemli.

Varyans analiz sonuçlarına gōre starter kōltūr kullanımı ve depolama sūresi ekmek içi sakızimsılık ve çiđnenebilirlik özelliklerini önemli derecede ($p < 0,01$) etkilemiřtir. Buna karřın starter kōltūr ve depolama sūresi interaksiyonunun bu deđerler ūzerine etkisi önemsiz çıkmıřtır (Çizelge 4.28). Çizelge 4.29'da kontrol grubu ekmeklerinin ekmek içi sakızimsılık ve çiđnenebilirlik deđerlerinin starter kōltūrlerin kullanıldıđı ekmeklerinkinden önemli seviyede y÷ksek olduđu gōr÷lmektedir. Depolama sūresinin artmasıyla birlikte ekmek içi sertliđi artmıřtır. Sakızimsılık ve çiđnenebilirlik deđerlerinin elde edilmesinde sertlik deđerleri çarpan olarak kullanıldıđı için sertlik deđerinin artıřıyla birlikte bu deđerlerde de bir artıř gōzlenmiřtir (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.29. Starter kültür değişkenine ait ekmek içi sakızımsılık ve çiğnenebilirlik değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları^a

Starter Kültür	Sakızımsılık	Çiğnenebilirlik
Kontrol	3,61 ±0,23a	3,50 ±0,21a
<i>L. plantarum</i> HB75	3,38 ±0,23b	3,27 ±0,21b
<i>L. brevis</i> EG80	3,36 ±0,21b	3,24 ±0,19b
<i>L. plantarum</i> HB75 + <i>L. brevis</i> EG80	3,41 ±0,18b	3,30 ±0,17b

^a Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

Çizelge 4.30. Depolama süresi değişkenine ait sakızımsılık ve çiğnenme değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları^a

Depolama Süresi (gün)	Sakızımsılık	Çiğnenebilirlik
0	2,15 ±0,05e	2,14 ±0,05e
1	3,05 ±0,05d	2,96 ±0,04d
2	3,60 ±0,04c	3,47 ±0,04c
3	3,62 ±0,07c	3,49 ±0,07c
4	3,82 ±0,06b	3,69 ±0,06b
5	4,40 ±0,09a	4,20 ±0,08a

^a Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

4.3.6. Uçucu Bileşikler

Ekşi hamur örneklerinden izole edilen suşlar arasından seçilen *L. plantarum* HB75 ve *L. brevis* EG80 suşları tek tek ve birlikte starter kültür olarak kullanılmıştır. Ticari maya kullanılarak üretilen ekmekler ise kontrol grubu olarak alınmıştır. Kontrol grubu ve starter kültürü hamurların, ekmek içlerinin ve ekmek kabuklarının uçucu bileşikleri SPME-GC/MS tekniği kullanılarak analiz edilmiştir. Kromatografik analiz sonucunda toplam 40 uçucu bileşik tanımlenmiştir. Bu bileşiklerin 9'unu alkoller, 7'sini aldehitler, 4'ünü ketonlar, 4'ünü esterler, 4'ünü aromatik hidrokarbonlar ve 12'sini içerisinde oksidasyon ürünü, amin, terpen, sülfürlü bileşik ve çeşitli organik bileşiklerin

bulunduğu bileşikler oluşturmaktadır. Bunlar içerisinde en fazla tespit edilen bileşik grupları alkoller ve aldehitlerdir. Kontrol grubu ve starter kültür kullanılarak üretilen ekmeklere ait hamur, ekmek içi ve ekmek kabuğu uçucu bileşiklerinin I. ve II. tekerrürlerine ait değerlerin ortalamaları Çizelge 4.31’de, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.32’de, analiz örneğinin alındığı aşama ve starter kültür değişkenine ait uçucu bileşik değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları ise Çizelge 4.33 ve Çizelge 4.34’te verilmiştir.

Çizelge 4.32’de verilen varyans analiz sonuçlarına göre starter kültür (S) etanol, izobütanol, izoamil alkol, 2-feniletanol, etil asetat ve α -Pinen bileşikleri üzerinde istatistiksel olarak herhangi bir etkiye sahip değildir ($p>0,05$). Benzaldehit, aseton, benzen, toluen, etilbenzen, okziran, 3-butenamid, kloroform, dimetilsülfon ve trans5-5D-2,3,4 dihidroksipentan bileşikleri üzerinde ise $p<0,05$ düzeyinde etki söz konusudur. Diğer bileşikler üzerinde ise çok önemli ($p<0,01$) düzeyde etkiler söz konusudur. Bununla birlikte uçucu bileşik analizi için örnek tipinin (A) tespit edilen bütün uçucu bileşikler üzerine çok önemli ($p<0,01$) seviyede etkili olduğu tespit edilmiştir. SxA interaksyonunun etanol, izobütanol, izoamil alkol, 2-feniletanol, etil asetat, etilbenzen ve α -pinen üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur. Bu interaksyonun 2-heptanon, toluen, okziran ve dimetilsülfon üzerine önemli ($p<0,05$) ve diğer bileşikler üzerine ise çok önemli ($p<0,01$) etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.31. Kontrol grubu ve starter kültür kullanılarak üretilen ekmeklerin hamur, ekmek içi ve ekmek kabuğu uçucu bileşiklerine ait ortalama değerler (10^{-6} amu)

Bileşimin İsmi	Hamur				Ekmek İçi				Ekmek Kabuğu			
	Kontrol	<i>L. plantarum</i> HB75	<i>L. brevis</i> EG80	Karışık	Kontrol	<i>L. plantarum</i> HB75	<i>L. brevis</i> EG80	Karışık	Kontrol	<i>L. plantarum</i> HB75	<i>L. brevis</i> EG80	Karışık
ALKOLLER												
Etanol	1134,93	699,85	876,88	827,11	154,36	169,13	160,34	162,23	26,14	28,77	20,90	15,36
Propanol	-	0,74	0,37	0,72	-	0,30	-	-	-	-	-	-
İzobütanol	28,50	20,12	28,43	28,52	5,30	5,26	4,84	5,00	-	-	-	-
2-viniloksi etanol	-	-	-	-	-	0,58	0,54	0,33	-	-	-	-
İzoamil alkol	267,49	138,53	187,23	186,11	54,44	55,74	52,22	54,17	2,12	2,47	1,04	0,36
1-hekzanol	9,09	3,54	5,67	9,89	3,39	2,57	2,97	3,11	-	-	-	-
6-amino 2-metil 2-heptanol	-	-	-	-	-	-	-	0,19	0,11	0,06	0,12	0,15
3-furanmetanol	-	-	-	-	-	-	-	-	1,84	1,95	1,24	0,47
2-feniletanol	1,11	0,46	0,64	0,51	2,85	2,56	2,89	2,93	-	0,14	-	-
ALDEHİTLER												
Asetaldehit	-	4,16	6,01	6,05	11,38	11,38	12,34	11,95	17,15	18,07	17,94	19,31
3-metil bütanal	-	-	-	-	0,31	0,23	-	0,09	0,24	0,17	-	-
Pentanal	-	-	-	-	-	-	-	-	2,17	1,27	1,85	1,87
Hekzanal	1,55	0,64	2,08	3,59	2,15	2,14	2,47	2,86	5,61	4,99	4,11	4,41
Furfural	-	-	-	-	-	-	-	-	2,28	2,88	3,04	3,21
Benzaldehit	-	-	-	-	0,17	0,26	0,34	0,56	-	-	-	-
Bütanal	0,51	0,58	0,13	-	0,51	0,43	0,67	-	-	-	-	-
KETONLAR												
2-pentanon	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15	-	0,43	0,39
Asetoin	-	0,32	0,26	0,31	0,83	0,46	0,44	0,69	-	0,27	-	-
2-heptanon	-	-	-	-	0,33	0,11	0,14	0,31	0,63	0,45	0,60	0,81
4-okten 3-on	1,33	0,23	-	0,16	-	0,31	0,24	-	-	0,25	-	-

Çizelge 4.31 (devam)

Bileşimin İsmi	Hamur				Ekmek İçi				Ekmek Kabuğu			
	Kontrol	<i>L. plantarum</i> HB75	<i>L. brevis</i> EG80	Karışık	Kontrol	<i>L. plantarum</i> HB75	<i>L. brevis</i> EG80	Karışık	Kontrol	<i>L. plantarum</i> HB75	<i>L. brevis</i> EG80	Karışık
ESTERLER												
Etil asetat	25,13	24,57	39,28	35,42	-	-	-	-	0,66	1,34	1,35	1,11
Butil propiyonat	0,81	1,58	1,21	0,92	-	-	-	-	-	-	-	-
Propil hekzanoat	1,49	0,48	0,57	1,00	1,68	1,88	2,34	2,28	-	-	-	-
Hekzil bütanoat	-	0,20	0,50	1,99	0,85	0,91	0,92	1,39	-	-	-	-
AROMATİK HİDROKARBONLAR												
Benzen	-	-	-	-	-	-	-	-	1,55	1,21	1,14	0,74
Toluen	-	-	-	-	-	-	-	-	0,72	0,94	0,65	1,11
Etilbenzen	-	-	-	-	0,37	0,40	0,45	0,52	0,49	0,52	0,53	0,52
p-Ksilen	-	-	-	-	-	-	0,27	0,37	0,54	-	0,16	-
DİĞER BİLEŞİKLER												
Okziran	-	-	-	-	-	-	-	-	1,13	0,75	0,98	1,31
3-butenamid	-	-	-	-	0,58	0,24	0,58	0,85	-	-	-	-
Kloroform	-	-	-	-	0,88	1,14	0,65	0,41	6,31	5,21	5,74	6,89
vinil izopropil eter	-	-	-	-	-	-	-	-	0,72	0,82	0,79	0,36
Dimetilsülfon	-	-	-	-	-	-	-	-	0,27	0,39	0,63	0,67
1,4-dimetilpentalamin	-	0,04	-	0,05	0,12	0,14	-	0,13	0,70	0,35	0,37	-
α-Pinen	-	-	-	-	-	-	-	-	0,96	1,03	1,05	1,03
2-metil piperazin	-	-	-	-	-	-	0,22	0,25	0,28	0,50	0,40	0,46
Heptan 2,2,4,6,6 pentametil	-	-	-	-	-	-	-	-	0,29	1,03	1,13	1,15
Furan 2-pentil	-	-	-	-	0,12	-	0,23	-	0,62	0,85	0,39	0,30
Trans5-5D-2,3,4 dihidroksipentan	-	-	-	-	-	-	-	0,05	0,15	0,06	0,13	0,09
N-metil propilamin	-	-	-	-	-	-	-	0,2	0,33	0,30	0,24	0,36

Çizelge 4.32. Kontrol grubu ve starter kültür kullanılarak üretilen ekmeklerin uçucu bileşiklerine ait varyans analiz sonuçları

Bileşiğin ismi	Varyasyon Kaynakları						
	Starter Kültür (S)		Örnek Tipi (A)		S x A		Hata
	3 (SD)		2 (SD)		6 (SD)		12 (SD)
	KO	F	KO	F	KO	F	KO
ALKOLLER							
Etanol	20957,2	2,2	1713459	175,7**	22980	2,4	9754,02
Propanol	0,13	124,9**	0,47	445,5**	0,08	72,0**	0,001
İzobütanol	11,1	0,6	1567,7	86,9**	11,9	0,66	18,03
2-viniloksi etanol	0,05	425,3**	0,35	3190,1**	0,05	425,3**	0,000
İzoamil alkol	1888,2	1,2	79929,8	52,8**	1919,9	1,3	1514,8
1-hekzanol	7,15	243,7**	100,0	3408,3**	5,4	182,8**	0,029
6-amino 2-metil 2-heptanol	0,01	48,7**	0,02	111,4**	0,005	25,9**	0,000
3-furanmetanol	0,31	32,2**	5,02	527,4**	0,31	32,2**	0,010
2-feniletanol	0,07	1,1	16,8	249,3**	0,08	1,2	0,067
ALDEHİTLER							
Asetaldehit	10,3	59,7**	396,7	2301,9**	3,96	22,9**	0,17
3-metil bütanal	0,04	63,2**	0,05	73,8**	0,01	16,9**	0,001
Pentanal	0,09	69,4**	8,52	6196,7**	0,95	69,4**	0,001
Hekzanal	1,13	3,7**	18,3	108,6**	1,5	8,9**	0,169
Furfural	0,11	8,4**	21,6	1691,3**	0,11	8,4**	0,013
Benzaldehit	0,02	5,7*	0,29	86,9**	0,02	5,7**	0,003
Bütanal	0,15	93,3**	0,35	212,1**	0,08	51,2**	0,002
KETONLAR							
2-pentanon	0,03	22,3**	0,15	125,4**	0,03	22,3**	0,001
Asetoin	0,02	4,2*	0,61	145,5**	0,07	16,3**	0,004
2-heptanon	0,04	13,5**	0,79	268,1**	0,01	4,9*	0,003
4-okten 3-on	0,20	49,3**	0,30	75,2**	0,31	77,5**	0,004
ESTERLER							
Etil asetat	37,9	1,4	2489,8	90,1**	35,8	1,3	27,64
Butilpropiyonat	0,08	548,4**	3,38	23194**	0,08	548,5**	0,000
Propil hekzanoat	0,11	11,3**	8,37	839,5**	0,26	26,0**	0,010
Hekzilbütanoat	0,88	20,0**	2,12	48,0**	0,44	9,9**	0,044

(*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli.

Çizelge 4.32 (devam)

Bileşiğin ismi	Varyasyon Kaynakları						
	Starter Kültür (S)		Örnek Tipi (A)		S x A		Hata
	3 (SD)		2 (SD)		6 (SD)		12 (SD)
	KO	F	KO	F	KO	F	KO
AROMATİK HİDROKARBONLAR							
Benzen	0,07	5,3*	3,58	259,7**	0,07	5,3**	0,014
Toluen	0,03	4,3*	1,93	289,3**	0,03	4,3*	0,007
Etilbenzen	0,004	4,2*	0,61	650,7**	0,002	2,6	0,001
p-Ksilen	0,04	15,1**	0,08	31,1**	0,08	34,2**	0,002
DiĞER BİLEŞİKLER							
Okziran	0,04	4,4*	2,88	327,5**	0,04	4,3*	0,009
3-butenamid	0,04	5,7*	0,84	112,1**	0,04	5,7**	0,007
Kloroform	0,17	3,7*	86,3	1846,6**	0,54	11,5**	0,047
Vinil izopropil eter	0,03	7,4**	1,20	290,4**	0,03	7,4**	0,004
Dimetilsülfon	0,03	4,4*	0,64	114,3**	0,03	4,4*	0,006
1,4-dimetilpentilamin	0,05	88,4**	0,24	444,4**	0,06	114,3**	0,001
α-Pinen	0,001	1,4	2,75	3264,1**	0,001	1,4	0,001
2-metil piperazin	0,02	33,5**	0,35	502,5**	0,02	23,1**	0,001
Heptan 2,2,4,6,6 pentametil	0,11	86,9**	2,15	1651,6**	0,11	86,9**	0,001
Furan 2-pentil	0,04	21,6**	0,67	378,8**	0,06	31,1**	0,002
Trans5-5D-2,3,4 dihidroksipentan	0,001	3,7*	0,03	79,9**	0,002	5,3**	0,000
N-metil propilamin	0,013	12,3**	0,22	198,6**	0,006	5,7**	0,001

(*) p<0,05 düzeyinde önemli, (**) p<0,01 düzeyinde önemli.

Çizelge 4.33'de Örnek tipi değişkenine ait uçucu bileşik ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları ve bu uçucu bileşiklerin % payları verilmiştir.

Çizelge 4.33'den de görüldüğü gibi tespit edilen uçucu bileşikler arasında tespit edildikleri aşamaya göre en fazla miktarda bulunan ilk dört bileşik sırasıyla hamurda; etanol, izoamil alkol, etil asetat ve izobütanol; ekmek içerisinde; etanol, izoamil alkol, asetaldehit, izobütanol ve 1-hekzanol; ekmek kabuğunda etanol, asetaldehit, kloroform, hekzanal ve furfural şeklindedir.

Çizelge 4.33. Örnek tipi değişkenine ait uçucu bileşik ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları ve bu uçucu bileşiklerin % payları^a

Bileşiğin İsmi	Örnek Tipi								
	Hamur			Ekmek İçi			Kabuk		
	Ort.	Std.hata	%	Ort.	Std.hata	%	Ort.	Std.hata	%
ALKOLLER									
Etanol	884,69	±75,21 a	76,61	161,52	±3,82 b	65,02	22,79	±1,95 c	32,51
Propanol	0,45	±0,11 a	0,04	0,08	±0,05 b	0,03	0,00	±0,00 c	-
İzobütanol	26,39	±2,39 a	2,29	5,10	±0,09 b	2,05	0,00	±0,00 c	-
2-viniloksi etanol	0,00	±0,00 b	-	0,36	±0,09 a	0,14	0,00	±0,00 b	-
İzoamil alkol	194,84	±25,12 a	16,87	54,14	±0,58 b	21,79	1,50	±0,33 c	2,14
1-hekzanol	7,05	±0,97 a	0,61	3,01	±0,13 b	1,21	0,00	±0,00 c	-
6-amino 2-metil 2-heptanol	0,00	±0,00 c	-	0,05	±0,03 b	0,02	0,11	±0,01 a	0,16
3-furanmetanol	0,00	±0,00 b	-	0,00	±0,00 b	-	1,37	±0,23 a	1,95
2-feniletanol	0,68	±0,10 b	0,06	2,80	±0,13 a	1,13	0,03	±0,02 c	0,04
ALDEHİTLER									
Asetaldehit	4,05	±0,94 c	0,35	11,76	±0,16 b	4,73	18,12	±0,33 a	25,85
3-metil bütanal	0,00	±0,00 c	-	0,16	±0,05 a	0,06	0,10	±0,04 b	0,14
Pentanal	0,00	±0,00 b	-	0,00	±0,00 b	-	1,79	±0,13 a	2,55
Hekzanal	1,96	±0,44 b	0,17	2,41	±0,12 b	0,97	4,78	±0,22 a	6,82
Furfural	0,00	±0,00 b	-	0,00	±0,00 b	-	2,85	±0,14 a	4,07
Benzaldehit	0,00	±0,00 b	-	0,33	±0,06 a	0,13	0,00	±0,00 b	-
Bütanal	0,30	±0,09 b	0,03	0,40	±0,09 a	0,16	0,00	±0,00 c	-
KETONLAR									
2-pentanon	0,00	±0,00 b	-	0,00	±0,00 b	-	0,24	±0,07 a	0,34
Asetoin	0,22	±0,05 b	0,02	0,60	±0,07 a	0,24	0,07	±0,04 c	0,10
2-heptanon	0,00	±0,00 c	-	0,22	±0,04 b	0,09	0,62	±0,05 a	0,88
4-okten 3-on	0,43	±0,20 a	0,04	0,14	±0,06 b	0,06	0,06	±0,04 c	0,09

^a Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistikî olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

Çizelge 4.33 (devam)

Bileşimin İsmi	Örnek Tipi								
	Hamur			Ekmek İçi			Kabuk		
	Ort.	Std.hata	%	Ort.	Std.hata	%	Ort.	Std.hata	%
ESTERLER									
Etil asetat	31,10	±3,43 a	2,69	0,00	±0,00 b	-	1,11	±0,12 b	1,58
Bütül propiyonat	1,13	±0,11 a	0,10	0,00	±0,00 b	-	0,00	±0,00 b	-
Propil hekzanoat	0,88	±0,16 b	0,08	2,04	±0,11 a	0,82	0,00	±0,00 c	-
Hekzil bütanoat	0,67	±0,31 b	0,06	1,01	±0,10 a	0,41	0,00	±0,00 c	-
AROMATİK HİDROKARBONLAR									
Benzen	0,00	±0,00 b	-	0,00	±0,00 b	-	1,16	±0,12 a	1,65
Toluen	0,00	±0,00 b	-	0,00	±0,00 b	-	0,85	±0,08 a	1,21
Etilbenzen	0,00	±0,00 c	-	0,43	±0,02 b	0,17	0,51	±0,01 a	0,73
p-Ksilen	0,00	±0,00 b	-	0,16	±0,06 a	0,06	0,18	±0,09 a	0,26
DİĞER BİLEŞİKLER									
Okziran	0,00	±0,00 b	-	0,00	±0,00 b	-	1,04	±0,09 a	1,48
3-butenamid	0,00	±0,00 b	-	0,56	±0,09 a	0,23	0,00	±0,00 b	-
Kloroform	0,00	±0,00 c	-	0,77	±0,12 b	0,31	6,03	±0,25 a	8,60
Vinil izopropil eter	0,00	±0,00 b	-	0,00	±0,00 b	-	0,67	±0,08 a	0,96
Dimetilsülfon	0,00	±0,00 b	-	0,00	±0,00 b	-	0,49	±0,07 a	0,70
1.4-dimetilpentilamin	0,02	±0,01 c	-	0,10	±0,02 b	0,04	0,35	±0,09 a	0,50
α-Pinen	0,00	±0,00 b	-	0,00	±0,00 b	-	1,02	±0,02 a	1,45
2-metil piperazin	0,00	±0,00 c	-	0,12	±0,04 b	0,05	0,41	±0,03 a	0,58
Heptan 2.2.4.6.6 pentametil	0,00	±0,00 b	-	0,00	±0,00 b	-	0,90	±0,14 a	1,28
Furan 2-pentil	0,00	±0,00 c	-	0,09	±0,04 b	0,04	0,54	±0,08 a	0,77
Trans5-5D-2.3.4 dihidroksipentan	0,00	±0,00 b	-	0,01	±0,01 b	-	0,11	±0,02 a	0,16
N-metil propilamin	0,00	±0,00 c	-	0,05	±0,03 b	0,02	0,31	±0,02 a	0,44

* Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistikî olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

Hamurda ve ekmek içinde tespit edilen uçucu bileşiklerin çoğunluğunu alkoller (etanol, propanol, izobütil alkol, izoamil alkol, 1-hekzanol, 2-feniletanol) oluşturmaktadır. Kabukta ise alkollerin bazılarının (etanol, izoamil alkol, 2-feniletanol) miktarlarında önemli düşüşler olduğu ve bazılarının da (propanol, izobütanol ve 1-hekzanol gibi) kaybolduğu görülmektedir. Buna karşın kabukta, alkollerin yüksek sıcaklıklarda dehidrojenasyonu sonucu oluşan aldehitlerin (asetaldehit, pentanal, furfural gibi) ve oksidasyon sonucu oluşan uçucu bileşiklerin (okziran ve vinil izopropil eter gibi) oluştuğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.33).

Hamurda, ekmek içinde ve ekmek kabuğunda miktarı en çok olan uçucu bileşik etanol dür (Çizelge 4.33). Yapılan çalışmalarda tespit edilen uçucu bileşikler arasında miktarı en fazla olan uçucu bileşiğin çoğunlukla etanol olduğu bildirilmektedir (Hansen and Hansen 1996; Hansen *et al.* 1989a; Ruiz *et al.* 2003; Kim *et al.* 2009). Ekmek içinde miktar bakımından en fazla olan alkollerin etanol, 2-metil-1-propanol ve 3/2-metil-1-bütanol; en az olanların ise 1-propanol, 1-pentanol ve 1-hekzanol olduğu bildirilmiştir (Seitz *et al.* 1998). Bu alkollere ek olarak Ruiz *et al.* (2003) benzil alkol ve 2-feniletanol'ün de ekmek içerisinde bulunabileceğini belirtmişlerdir.

Çizelge 4.33'de genel olarak alkol miktarlarının ekmeğin pişirilmesiyle birlikte azaldığı (etanol, izoamil alkol) ve hatta bazılarının (propanol, izobütanol, 1-hekzanol) ekmek kabuğunda tespit edilemediği görülmektedir. Buna karşın 2-viniloksi etanol'ün sadece ekmek içerisinde olduğu, 3-furanmetanol'ün ise sadece ekmek kabuğunda olduğu tespit edilmiştir. 6-amino-2-metil-2-heptanol'ün en fazla kabukta olduğu ve 2-feniletanol'ün ise ekmek içerisindeki seviyesinin fazla olduğu tespit edilmiştir.

Hamurdaki etanol miktarının ekmeğin pişirilmesiyle birlikte ekmek içerisinde yaklaşık 5 kat, kabukta ise yaklaşık 38 kat azaldığı görülmektedir (Çizelge 4.33). Etanol miktarındaki bu büyük düşüş etanol'ün buharlaşmasıyla açıklanabilir. Zira ekmeğin pişirilmesinden sonra etanol'ün neredeyse tamamının buharlaştığı bildirilmektedir (Martinez-Anaya 2003). Ekmeğin yüzeyi direkt olarak fırın sıcaklığı olan 230°C'ye maruz kalırken ekmek içinin sıcaklığı 100°C'yi geçmemektedir. Bu sebepten dolayı

hamurun ekmeğin kabuğunu oluşturan yüzey kısmında etanol'ün kalabilme olasılığı yoktur. Buna rağmen kabuk kısmında etanol tespit edilmiştir. Bu sonucun kabuğun etanol'ün bir kısmını ekmek içerisinde muhafaza etmesinden ve ayrıca ekmek fırından çıktıktan sonra da ekmek içinden buharlaşmaya devam eden etanol'ün bir kısmının kabuk tarafından absorbe edilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Özellikle buharlaşmadan dolayı ekmek kabuğundaki aroma kaybının hızlı bir şekilde gerçekleştiği belirtilmektedir (Karaoğlu ve Kotancılar 2003). Etanol miktarındaki değişime paralel olarak propanol, izobütanol, izoamil alkol ve 1-hekzanol'ün de hamurda yüksek seviyelerde olduğu ve pişirmeyle birlikte miktarlarının azaldığı tespit edilmiştir. Martinez-Anaya (2003) da 1-propanol'ün ekmek pişirilmesiyle birlikte kaybolduğunu bildirmiştir.

Aldehitler ve ketonlar karboniller sınıfına giren bileşiklerdir. Karbonil bileşikler ekmek yapımındaki çeşitli olaylar esnasında oluşabilirler. Bunların bazıları (asetoin ve diasetil gibi) fermantasyon esnasında oluşurken büyük çoğunluğu enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları esnasında meydana gelmektedirler. Bununla birlikte fermantasyon esnasında oluşan bazı karbonil bileşikler pişme esnasında uçabilir ve esmerleşme reaksiyonları esnasında tekrar ortaya çıkabilir. Çoğunlukla ekmek kabuğunda ekmek içerisine nazaran çok daha fazla karbonil bileşik mevcuttur (Martinez-Anaya 1996). Mevcut bu araştırmamızda elde ettiğimiz veriler bu bilgiyi destekler niteliktedir.

Araştırmada tespit edilen uçucu bileşiklerden 7 tanesi aldehit sınıfına dahildir. Aldehitler hem buğday lipidinin enzimatik oksidasyonu veya oto oksidasyonu hem de bakteriyel metabolizma ürünleridir (Rehman *et al.* 2006). Aldehitlerin hamur uçucu bileşikleri içerisindeki payı oldukça düşüktür. Ekmek içindeki toplam uçucu bileşikler içerisinde aldehitlerin oranı yaklaşık %6 iken ekmek kabuğu için bu oranın %40'a yaklaştığı görülmektedir (Çizelge 4.33).

Hansen and Hansen (1996) asetaldehit, 2-metil propanal, 3-metil bütanal, izopentanal, 2-nonenal, benziletanol, 2-feniletanol, dimetil sülfid ve 2-furfural'in ekmek içi

aromasına olumlu yönde katkıda bulunduğunu bildirmişlerdir. Çizelge 4.33'de asetaldehit ve hekzanal miktarının ekmeğin pişirilmesiyle birlikte arttığı ve en fazla kabukta olduğu görülmektedir. Hekzanal'in lipoksijenaz enzimi aktivitesi sonucu linoleik asitten meydana geldiği bildirilmiştir (Martinez-Anaya 1996). 3-metil bütanal, pentanal, furfural ve benzaldehit'in hamurda; pentanal ve furfural'in ekmek içinde; bütanal ve benzaldehit ise ekmek kabuğunda tespit edilememiştir. Buna karşın 3-metil bütanal'in ekmek içindeki miktarının ekmek kabuğundaki miktarından fazla olduğu; pentanal ve furfural'in ise sadece kabukta olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.33). Kabukta tespit edilen uçucu maddelerin çoğunluğunun aldehitler ve pirazinlerden oluştuğu rapor edilmiştir (Zebentbauer and Grosch 1998; Schieberle and Grosch 1985; 1987).

Ekmek kabuğu aromasını oluşturan temel bileşiklerden birisinin de 2-asetil-1-pirolin olduğu bildirilmiştir (Grosch and Schieberle 1997; Zebentbauer and Grosch 1998; Karaoğlu ve Kotancılar 2003). Ancak bu bileşik örneklerimizde belirlenememiştir. Seitz *et al.* (1998) de 2-asetil-1-pirolin bileşiğini tespit edemediklerini bildirmişlerdir. Diğer taraftan Zebentbauer and Grosch (1998) yaptıkları çalışmada baget ekmek kabuğunda 2-asetil-1-pirolin miktarının metil propanal ve 2/3-metil bütanal gibi kabuk aromasının oluşumunda önemli diğer bileşiklerin miktarlarından çok daha düşük olduğunu (metil propanal 1730 µg/L, 2-metil ve 3-metil bütanal 1150 ve 420 µg/L iken 2-asetil-1-pirolin 17 µg/L) rapor etmişlerdir. Ekmeğin önemli aroma sembollerinden biri olarak gösterilen diasetil bileşiği de (Elgün ve Ertugay 2003) örneklerimizde tespit edilememiştir. Buna karşın diasetilden önce oluşan madde olan asetoin'in (Martinez-Anaya 1996) ekmek içerisinde en fazla miktarda tespit edilen keton olduğu görülmektedir (Çizelge 4.33).

Örneklerimizde belirlediğimiz 2-pentanon, asetoin, 2-heptanon ve 4-okten-3-on bileşikleri keton sınıfına giren uçucu bileşiklerdir. Ketonların esasen maillard reaksiyonu esnasında oluştuğu bildirilmiştir (Martinez-Anaya 1996). 2-pentanon'un (etil aseton) sadece kabukta olduğu görülmektedir. 2-heptanon ise hem kabukta hem de ekmek içinde tespit edilmiş ve kabuktaki miktarının fazla olduğu görülmüştür. Ketonlar arasında ekmek içinde en fazla tespit edilen bileşiğin asetoin olduğu görülmektedir. 4-

okten-3-on miktarı ise hamurdan kabuğa doğru gittikçe düşmektedir. Aldehitlerde olduğu gibi; ketonların da hamur uçucu bileşikleri içerisindeki payı oldukça düşüktür. Ekmek içerisinde nispeten artan bu bileşikler kabukta en yüksek seviyede tespit edilmiştir (Çizelge 4.33).

Ester formunda olan uçucu bileşiklerin (etil asetat, bütül propiyonat, propil hekzanoat, heksil bütanoat) tamamının hamurda mevcut olduğu tespit edilmiştir. Ekmek kabuğunda sadece etil asetat, ekmek içerisinde ise sadece propil hekzanoat ve heksil bütanoat tespit edilmiştir (Çizelge 4.33). Esterler içerisinde miktar bakımından en yüksek düzeyde olan bileşiğin etil asetat olduğu diğer araştırmalarda da belirlenmiştir (Hansen *et al.* 1989; Plessas *et al.* 2008b).

Hamurdan alınan örneklerde yapılan uçucu bileşik analizinde aromatik hidrokarbonlara (toluen, etil benzen, p-ksilen) rastlanmamıştır. Ekmek içerisinde ise sadece etil benzen ve p-ksilen tespit edilebilmiştir. Tespit edilen aromatik hidrokarbonların tamamının ekmek kabuğunda mevcut olduğu görülmüştür. Ekmek kabuğunda en fazla olan aromatik hidrokarbonlar sırasıyla benzen, toluen, etil benzen ve p-ksilendir (Çizelge 4.33).

Furan-2-pentil bileşiğinin hem ekmek içerisinde hem de ekmek kabuğunda tespit edilmiş; fakat ekmek içerisinde çok daha az miktarda olduğu görülmüştür (Çizelge 4.33). Furan türevi bileşiklerin ekmek kabuğundaki şekerin ısıl bozulması sonucu oluştuğu bildirilmektedir (Martinez-Anaya 1996). Okziranın sadece ekmek kabuğunda olduğu ve miktarının da dikkate değer ölçüde yüksek olduğu tespit edilmiştir. Terpenler sınıfına giren α -pinen'in de ekmek kabuğundaki miktarı diğerlerine göre daha yüksek seviyede bulunmuştur (Çizelge 4.33).

Çizelge 4.34'te starter kültür değişkenine ait uçucu bileşik ortalamalarının pik alanlarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları ve bu uçucu bileşiklerin % payları verilmiştir.

Çizelge 4.34. Starter kültür değişkenine ait uçucu bileşik ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları ve bu uçucu bileşiklerin % payları^a

Bileşiğin İsmi	Starter Kültür											
	Kontrol			<i>L. plantarum</i> HB75			<i>L. brevis</i> EG80			Karışık		
	Ort.	Std.hata	%	Ort.	Std.hata	%	Ort.	Std.hata	%	Ort.	Std.hata	%
ALKOLLER												
Etanol	438,5	±224,4 a	73,63	299,2	±138,8 a	73,03	352,7	±167,7 a	72,36	334,9	±157 a	70,98
propanol	0,00	±0,00 d	-	0,35	±0,14 a	0,09	0,12	±0,08 c	0,02	0,24	±0,15 b	0,05
İzobütanol	11,27	±5,53 a	1,89	8,46	±4,57 a	2,06	11,09	±5,57 a	2,28	11,17	±5,62 a	2,37
2-viniloksi etanol	0,00	±0,00 d	-	0,19	±0,12 a	0,05	0,18	±0,11 b	0,04	0,11	±0,07 c	0,02
izoamil alkol	108,0	±54,1 a	18,13	65,6	±30,4 a	16,01	80,2	±35,2 a	16,45	80,2	±35,1 a	17,00
1-hekzanol	4,16	±1,68 a	0,70	2,04	±0,67 c	0,50	2,88	±1,04 b	0,59	4,33	±1,85 a	0,92
6-amino 2-metil 2-heptanol	0,04	±0,02 b	0,01	0,02	±0,01 c	-	0,04	±0,03 b	0,01	0,11	±0,04 a	0,02
3-furanmetanol	0,61	±0,39 a	0,10	0,65	±0,41 a	0,16	0,41	±0,26 b	0,08	0,16	±0,10 c	0,03
2-feniletanol	1,32	±0,52 a	0,22	1,05	±0,49 a	0,26	1,18	±0,56 a	0,24	1,15	±0,58 a	0,24
ALDEHİTLER												
Asetaldehit	9,51	±3,19 c	1,60	11,20	±2,54 b	2,73	12,10	±2,18 a	2,48	12,43	±2,44 a	2,63
3-metil bütanal	0,18	±0,06 a	0,03	0,13	±0,05 b	0,03	0,00	±0,00 c	-	0,03	±0,02 c	0,01
Pentanal	0,72	±0,46 a	0,12	0,42	±0,27 c	0,10	0,62	±0,39 b	0,13	0,62	±0,39 b	0,13
Hekzanal	3,10	±0,80 b	0,52	2,59	±0,81 b	0,63	2,89	±0,46 b	0,59	3,62	±0,29 a	0,77
Furfural	0,76	±0,48 b	0,13	0,96	±0,61 a	0,23	1,01	±0,64 a	0,21	1,07	±0,68 a	0,23
Benzaldehit	0,06	±0,03 b	0,01	0,09	±0,05 b	0,02	0,11	±0,07 b	0,02	0,19	±0,12 a	0,04
Bütanal	0,34	±0,11 a	0,06	0,34	±0,11 a	0,08	0,26	±0,13 b	0,05	0,00	±0,00 c	-
KETONLAR												
2-pentanon	0,05	±0,03 b	0,01	0,00	±0,00 c	-	0,14	±0,09 a	0,03	0,13	±0,08 a	0,03
Asetoin	0,28	±0,18 ab	0,05	0,35	±0,04 a	0,09	0,23	±0,08 b	0,05	0,33	±0,13 a	0,07
2-heptanon	0,32	±0,12 a	0,05	0,19	±0,09 b	0,05	0,25	±0,12 b	0,05	0,37	±0,15 a	0,08
4-okten 3-on	0,44	±0,28 a	0,07	0,26	±0,03 b	0,06	0,08	±0,05 c	0,02	0,05	±0,04 c	0,01

^a Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistikî olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

Çizelge 4.34 (devam)

Bileşimin İsmi	Starter Kültür											
	Kontrol			<i>L. plantarum</i> HB75			<i>L. brevis</i> EG80			Karışık		
	Ort.	Std.hata	%	Ort.	Std.hata	%	Ort.	Std.hata	%	Ort.	Std.hata	%
ESTERLER												
Etil asetat	8,60	±5,24 a	1,44	8,64	±5,68 a	2,11	13,54	±8,17 a	2,78	12,18	±7,61 a	2,58
Butil propiyonat	0,27	±0,17 d	0,05	0,53	±0,33 a	0,13	0,40	±0,25 b	0,08	0,31	±0,19 c	0,07
Propil hekzanoat	1,06	±0,34 a	0,18	0,78	±0,36 b	0,19	0,97	±0,45 a	0,20	1,09	±0,42 a	0,23
Hekzil bütanoat	0,28	±0,18 b	0,05	0,37	±0,18 b	0,09	0,47	±0,18 b	0,10	1,13	±0,39 a	0,24
AROMATİK HİDROKARBONLAR												
Benzen	0,52	±0,33 a	0,09	0,40	±0,25 a	0,10	0,38	±0,25 ab	0,08	0,25	±0,16 b	0,05
Toluen	0,24	±0,15 b	0,04	0,31	±0,20 ab	0,08	0,22	±0,14 b	0,05	0,37	±0,23 a	0,08
Etilbenzen	0,29	±0,09 b	0,05	0,31	±0,09 ab	0,08	0,33	±0,10 a	0,07	0,34	±0,11 a	0,07
p-ksilen	0,18	±0,12 a	0,03	0,00	±0,00 b	-	0,14	±0,05 a	0,03	0,12	±0,08 a	0,03
DİĞER BİLEŞİKLER												
Okziran	0,38	±0,24 a	0,06	0,25	±0,16 b	0,06	0,33	±0,21 b	0,07	0,44	±0,28 a	0,09
3-butenamid	0,19	±0,12 a	0,03	0,08	±0,05 b	0,02	0,19	±0,12 a	0,04	0,28	±0,19 a	0,06
Kloroform	2,40	±1,25 ab	0,40	2,11	±1,00 b	0,52	2,13	±1,15 b	0,44	2,43	±1,41 a	0,51
vinil izopropil eter	0,24	±0,15 a	0,04	0,27	±0,17 a	0,07	0,26	±0,17 a	0,05	0,12	±0,07 b	0,03
Dimetilsülfon	0,09	±0,06 b	0,02	0,13	±0,08ab	0,03	0,21	±0,14 a	0,04	0,22	±0,14 a	0,05
1.4-dimetilpentilamin	0,27	±0,14 a	0,05	0,18	±0,06 b	0,04	0,12	±0,08 c	0,02	0,06	±0,02 d	0,01
α-Pinen	0,32	±0,20 a	0,05	0,34	±0,22 a	0,08	0,35	±0,22 a	0,07	0,34	±0,22 a	0,07
2-metil piperazin	0,09	±0,06 c	0,02	0,17	±0,10 b	0,04	0,21	±0,07 a	0,04	0,24	±0,08 a	0,05
Heptan 2.2.4.6.6 pentametil	0,10	±0,06 b	0,02	0,34	±0,22 a	0,08	0,38	±0,24 a	0,08	0,38	±0,24 a	0,08
Furan 2-pentil	0,24	±0,12 ab	0,04	0,28	±0,18 a	0,07	0,20	±0,07 b	0,04	0,10	±0,06 c	0,02
Trans5-5D-2.3.4dihidroksipentan	0,05	±0,03 a	0,01	0,02	±0,01 b	-	0,04	±0,03 a	0,01	0,05	±0,02 a	0,01
N-metil propilamin	0,11	±0,07 b	0,02	0,10	±0,06 b	0,02	0,08	±0,05 b	0,02	0,19	±0,07 a	0,04

* Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistikî olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

Starter kültür kullanımı etanol üzerine istatistiki açıdan önemli bir farklılığa neden olmamıştır (Çizelge 4.32). İstatistiki açıdan önemli olmamasına rağmen en yüksek ortalama değer kontrol grubunda, en düşük değer ise *L. plantarum* HB75 varlığında tespit edilmiştir. Starterli grupların içerisinde ise en yüksek ortalama değer sadece *L. brevis* EG80 içeren grupta belirlenmiştir (Çizelge 4.34). Benzer şekilde Meignen *et al.* (2001) ise yaptıkları çalışmada *L. brevis* ve *S. cerevisiae*'nin kombine şekilde kullanıldığı hamurlarda etanol miktarının *S. cerevisiae*'nin tek başına kullanıldığı hamurların etanol miktarından daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Bu sonuçların laktik asit bakterilerinin hamurda bulunan şekerleri karbon kaynağı olarak kullanmalarından ileri geldiği düşünülmektedir. *L. brevis* EG80 grubunda *L. plantarum* HB75 grubuna göre daha fazla etanol tespit edilmesinin ise *L. brevis* EG80 suşunun obligat heterofermantatif olmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. *L. brevis*'in heterofermantatif özelliğinden dolayı etanol üretebildiği diğer araştırmalarda da belirtilmiştir (Hansen *et al.* 1989b; Martinez-Anaya 1996; Ricciardi *et al.* 2005; Corsetti and Settanni 2007).

Deney gruplarının izobütanol ve izoamil alkol içerikleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4.32). Ekşi hamurdaki izoalkollerin maya aktivitesi sonucu oluştuğu bildirilmiştir (Martinez-Anaya 2003). Propanol ve 2-viniloksi etanol'e kontrol grubunda rastlanmazken en yüksek seviye *L. plantarum* HB75 grubuna aittir. 1-hekzanol'ün kontrol grubu ve *L. plantarum* HB75 + *L. brevis* EG80 grubundaki miktarları arasında istatistiksel açıdan bir fark görülmemiştir. En düşük hekzanol miktarının *L. plantarum* HB75 grubunda olduğu tespit edilmiştir. Karışık kültür grubunda en düşük seviyede tespit edilen 3-furanmetanol'ün kontrol ve *L. plantarum* HB75 grubundaki seviyesinin yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 4.34). Starter kültür x örnek tipi interaksyonu propanol, 2-viniloksietanol, 1-hekzanol, 6-amino 2-metil 2-heptanol ve 3-furanmetanol bileşikleri üzerinde çok önemli ($p < 0,01$) etkiye sahiptir (Çizelge 4.32). Çizelge 4.31'den de görüldüğü üzere *L. plantarum* HB75 ve karışık kültür varlığında hamurda daha yüksek propanol içeriği saptanmıştır. Ekmek içinde ise propanol sadece *L. plantarum* HB75 içeren örneklerde tespit edilmiştir. Diğer taraftan 2-viniloksietanol bileşiğine sadece starter kültür içeren ekmek içlerinde

rastlanmıştır ve en düşük ortalama değeri her iki suşu içeren örnekler vermiştir. Hamurda tespit edilemeyen 6-amino 2-metil 2-heptanol bileşiği karışık kültür kullanılarak üretilen ekmeklerin iç ve kabuk kısmında daha yüksek seviyelerde tespit edilmiştir (Çizelge 4.31).

Mevcut bu araştırmada laktik asit bakterisi kullanımıyla genellikle aldehit miktarlarının arttığı gözlenmiştir. Martinez-Anaya (2003) aldehitlerin sadece un lipitlerinin enzimatik oksidasyonu veya otoksidasyonu sonucu oluşmadığını heterofermantatif metabolizma sonucunda da oluştuğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Seitz *et al.* (1998) yürüttükleri araştırmada ekşi hamur ekmeğindeki aldehit seviyelerinin diğer ekmeklerden daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir. Araştırmamızda tespit edilen aldehitler arasında miktar bakımından en fazla olan iki bileşik asetaldehit ve hekzanal'dir. Asetaldehit miktarı starter kullanımıyla artış göstermiştir. Kontrol grubunda en düşük seviyede tespit edilen asetaldehit *L. brevis* EG80'in kullanıldığı gruplarda artmıştır. İki laktik asit bakteri suşunun birlikte kullanıldığı grupta hekzanal miktarı diğer gruplara göre daha yüksek seviyelerde çıkmıştır. Diğer gruplar arasındaki farklar ise önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur (Çizelge 4.34). Homofermantatif laktik asit bakterilerinin etil asetat, asetaldehit, hekzanal ve diasetil; heterofermantatiflerin ise nonanal, etil asetat ve oktanal üretimiyle karakterize edildiği bildirilmektedir (Martinez-Anaya 2003).

Ekmek aromasının oluşumunda önemli bileşiklerden birisi olduğu bildirilen 3-metil bütanal çalışmamızda da tespit edilmiştir. Kontrol grubunda yüksek seviyede olduğu gözlenen 3-metil bütanal miktarının starter kültür kullanımıyla azaldığı ve hatta *L. brevis* EG80'in tek başına kullanıldığı grupta tespit edilemediği görülmüştür. Benzaldehit miktarının ise *L. plantarum* HB75 + *L. brevis* EG80 suşlarının varlığında ekmek içi örneklerde en yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Furfural'in ise starter kültür kullanılan gruplarda kontrol grubuna göre daha yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.34). Ekşi hamur ekmeğinde 2-furfural miktarının diğer ekmeklere göre daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Seitz *et al.* 1998). Buna karşın pentanal en fazla kontrol grubunda tespit edilmiştir. Çizelge 4.32'den de görüldüğü üzere starter kültür x örnek tipi interaksyonunun aldehitler üzerine önemli ($p<0,01$) etkiye sahiptir.

Karışık kültür kullanılan deneme grubunda asetaldehit miktarının her aşamada en yüksek seviyede olduğu saptanmıştır. En yüksek 3-metilbütanal içeriğinin kontrol grubu ekmek içi ve kabuğunda olduğu ve bunu *L. plantarum* HB75'un kullanıldığı grubun takip ettiği görülmektedir (Çizelge 4.31). Hamurda ve ekmek içinde en yüksek hekzanal seviyesi ise *L. plantarum* HB75 + *L. brevis* EG80 grubuna ait iken ekmek kabuğunda bu üstünlük kontrol grubuna geçmiştir. Sadece ekmek kabuğunda tespit edilen furfural'ın starter kullanımıyla arttığı ve en yüksek seviyenin karışık kültür kullanılan ekmek grubuna ait olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.31).

Uçucu bileşikler içerisinde keton sınıfına giren bileşiklerden 2-pentanon'a *L. plantarum* HB75 grubunda rastlanmamıştır. Buna karşın *L. brevis* EG80'in bulunduğu gruplarda 2-pentanon miktarının nispeten fazla çıkmıştır (Çizelge 4.34). En yüksek 2-pentanon seviyesi *L. brevis* EG80 ve karışık kültür ekmek kabuklarında saptanmıştır. Asetoin ise *L. plantarum* HB75 ve karışık kültür gruplarında daha yüksek seviyelerde tespit edilmiştir. Starter kültür kullanımı hamurda asetoin içeriğini artırmıştır. Bütün ekmek gruplarına ait ekmek içi örneklerinde artan asetoin, *L. plantarum* HB75 hariç diğer grupların kabuk örneklerinde tespit edilememiştir (Çizelge 4.31). 2-heptanon ise kontrol ve karışık kültür gruplarında diğer gruplara göre daha yüksek seviyelerde bulunmuş (Çizelge 4.34), en yüksek 2-heptanon içeriği karışık kültür grubu ekmek kabuğunda görülmüştür (Çizelge 4.31). 4-okten-3-on bileşiği ise en fazla kontrol grubunda belirlenmiştir (Çizelge 4.34). Bu bileşik üzerinde starter kültür x örnek tipi interaksyonu önemli bir etkiye sahiptir (Çizelge 4.32). Buna göre kontrol grubu hamurunda en yüksek seviyede tespit edilen bu bileşik ekmek içi ve kabukta tespit edilememiştir. Ancak *L. plantarum* HB75'in kullanıldığı gruba ait örneklerdeki (hamur, ekmek içi ve kabuk) seviyesinin hemen hemen değişmeden kaldığı gözlenmiştir (Çizelge 4.31).

Esterler içerisinde en yüksek miktarlarda tespit edilen bileşik etil asetat olup bunupropil hekzanoat izlemiştir. Gruplar arasında etil asetat açısından istatistiki olarak bir farklılık belirlenmemiştir. Propil hekzanoat ise kontrol, *L. brevis* EG80 ve karışık kültür gruplarında *L. plantarum* HB75 grubuna göre daha yüksek seviyelerde tespit edilmiştir

(Çizelge 4.34). Ancak hamurda *L. plantarum* HB75 ve kontrol grubu; ekmek içinde ise *L. brevis* EG80 ve karışık kültür grubu en yüksek propil hekzanoat seviyesini vermiştir (Çizelge 4.31). Bütil propiyonat ise kontrol grubunda en düşük *L. plantarum* HB75 grubunda en yüksek değeri vermiştir (Çizelge 4.34). Starter kültür x örnek tipi interaksyonu etil asetat hariç diğer esterler üzerinde önemli ($p < 0.01$) seviyede etkili bulunmuştur. Sadece hamurda tespit edilen butil propiyonatin starter kullanımıyla arttığı ve en yüksek seviyesinin *L. plantarum* HB75'e ait olduğu saptanmıştır. Karışık kültür kullanımının hamurda ve ekmek içinde hekzil bütanoat miktarını artırdığı görülmüştür (Çizelge 4.31).

Benzen miktarı en fazla olan gruplar kontrol ve *L. plantarum* HB75 iken toluen'in en fazla karışık kültürün kullanıldığı grupta mevcut olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.34). Ancak Çizelge 4.31'den de görüldüğü üzere sadece kabukta saptanan benzen'in en yüksek seviyesi kontrol grubunda en düşük seviyesi ise karışık kültür grubunda belirlenmiştir. Toluene'de ise en yüksek değer karışık kültür grubu ekmek kabuğuna aittir. Aromatik hidrokarbonlardan etil benzen ise *L. brevis* EG80 varlığında daha yüksek değerler vermiştir. Diğer bir aromatik hidrokarbon olan p-ksilen ise *L. plantarum* HB75 hariç diğer tüm gruplarda tespit edilmiştir (Çizelge 4.34). Bu bileşik üzerinde starter kültür x örnek tipi interaksyonunun da önemli ($p < 0,01$) bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.32). Çizelge 4.31'den de anlaşılacağı üzere ekmek içi örneklerinde en yüksek p-ksilen miktarı karışık kültür grubunda, kabuk örneklerinde ise kontrol grubunda bulunmuştur. Karışık kültür kullanılarak üretilen ekmeklerin kabuk kısmında okziran, dimetilsülfon, heptan 2,2,4,6,6 pentametil ve N-metil propilamin miktarlarının yüksek olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.31). Starter kültür kullanımıyla 2-metil piperazin miktarı artmıştır (Çizelge 4.34). Hamurda tespit edilemeyen 2-metil piperazin bileşiğinin karışık kültür ve *L. brevis* EG80'in kullanıldığı ekmek içlerinde mevcut olduğu ve kabuk kısmındaki miktarlarının arttığı; buna karşın en yüksek seviyenin *L. plantarum* HB75 grubu ekmeklerinin kabuklarına ait olduğu görülmüştür. Benzer şekilde en yüksek furan 2-pentil seviyesi *L. plantarum* HB75 grubu ekmek kabuklarında tespit edilmiştir (Çizelge 4.31).

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Araştırma, Trabzon'un Vakfıkebir ilçesinin adıyla özdeşleşen ve gelişen teknolojik imkanlara rağmen geleneksel ekşi hamur metoduyla yapılmaya devam edilen Trabzon Vakfıkebir ekmeği hamurundan laktik asit bakterilerini izole-identifiye etmek ve ekmek üretiminde starter kültür olarak kullanılabilme imkanlarını belirlemek amacıyla kurulmuş ve yürütülmüştür. Elde edilen bulgulardan aşağıdaki genel sonuç ve öneriler çıkartılmıştır.

1. Geleneksel ekşi hamur metoduyla üretim yapan beş farklı fırından temin edilen hamur örneklerinden toplam 113 laktik asit bakterisi izole edilmiştir. Cins düzeyinde *Lactobacillus* cinsinin baskın olduğu görülmüştür. İdentifikasyonu yapılan laktik asit bakterileri içerisinde *Lactobacillus plantarum*'un baskın tür olduğu (61 izolat) tespit edilmiştir. Bunu 15 izolat ile *Lactococcus lactis* subsp *lactis*, 9 izolat ile *L. brevis*, 6 izolat ile *L. pentosus*, 3 izolat ile *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides*, 3 izolat ile *L. fermentum*, 2 izolat ile *Leu. lactis*, 1 izolat ile *L. curvatus* subsp *curvatus*, 1 izolat ile *Leu. mesenteroides* subsp. *cremoris*, 11 izolat ile *Lactobacillus* spp. ve 1 izolat ile *Leuconostoc* sp. takip etmektedir. Genelde ekşi hamurlardan izole edildiği rapor edilen ve dünyada ekşi hamur denildiğinde akla gelen ilk laktik asit bakterilerinden biri olan *L. sanfranciscensis* bizim çalışmamızda tespit edilememiştir. Bunun yanı sıra Trabzon'un farklı noktalarından alınan ekşi hamur örneklerinin laktik asit bakteri profilinin de farklı olduğu gözlemlenmiştir. Gelecekte Vakfıkebir ekmeğinin ekşi hamur mikroflorasını daha detaylı tespit etmek amacıyla laktik asit bakterilerinin yanında mayaların da izolasyonu ve identifikasyonu yapılabilir. İzole edilen mikroorganizmaların identifikasyonunda fiziksel ve biyokimyasal tekniklerin yanında genetik teknikler (16S rRNA gibi) de kullanılabilir.

2. İzolasyonu ve identifikasyonu yapılan bu laktik asit bakterilerinin direkt hamur metodu ile ekmek üretiminde starter kültür olarak kullanılabilme imkanlarını araştırmak amacıyla, laktik asit bakterilerinden seçilen iki suş (*L. plantarum* HB75 ve *L. brevis* EG80) starter kültür olarak kullanılmak suretiyle 4 grup ekmek (kontrol, *L. plantarum*

HB75, *L. brevis* EG80 ve *L. plantarum* HB75 + *L. brevis* EG80) üretilmiştir. Laktik asit bakterisi kullanımının ekmek hamurunun asitliğini artırdığı görülmüştür. En düşük hamur pH'sı *L. brevis* EG80'in starter olarak kullanıldığı hamurlara ait iken, en yüksek hamur pH'sının kontrol grubuna ait olduğu saptanmıştır.

3. Ekmek kabuğu renginin, starter kültür kullanımından önemli seviyede (L ve a değeri için $p<0,05$; b değeri için $p<0,01$) etkilendiği tespit edilmiştir. Starter kültür kullanımıyla ekmek kabuğunun rengi koyulaşmış (L değeri azalmış) kırmızı rengi temsil eden (+)a değeri artmış ve sarı rengi temsil eden (+)b değeri azalmıştır. Bununla birlikte starter kültür kullanımının ekmeğin hacmi ($p<0,01$), ağırlığı ($p<0,05$) ve ekmek içi pH'sı ($p<0,01$) değerleri üzerine önemli etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Hamur pH'sına paralel olarak en düşük ekmek içi pH değeri *L. plantarum* HB75 grubuna, en yüksek ekmek içi pH değeri ise kontrol grubuna aittir. Karışık kültür (*L. plantarum* HB75 + *L. brevis* EG80) kullanılarak üretilen ekmeklerin hacimsel olarak en yüksek, kontrol grubu ekmeklerin ise en düşük değere sahip olduğu tespit edilmiştir.

4. Starter kültür kullanımının ekmeğin iç, kabuk ve kabuğa yakın bölgesinin su aktivitesi değerleri üzerine etkisinin istatistiki açıdan önemli olduğu ($p<0,01$) saptanmıştır. En yüksek ekmek içi su aktivitesi değerlerinin kontrol ve *L. plantarum* HB75 grubuna ait olduğu, en yüksek kabuk ve kabuğa yakın bölge su aktivitesinin ise karışık kültüre ait olduğu görülmüştür. Bununla birlikte depolamanın artışıyla ekmek içi nem seviyesinin azaldığı, kabuk ve kabuğa yakın bölgenin nem seviyesinin ise arttığı tespit edilmiştir. Benzer sonuç su aktivitesi değerleri için de gözlemlenmiştir.

5. Kontrol grubuna kıyasla laktik asit bakterilerinin kullanıldığı ekmeklerin ekmek içi yumuşaklık değerlerinin önemli seviyede ($p<0,01$) yüksek, ekmek içi hidrasyon kapasitesi değerlerinin ise önemli seviyede ($p<0,01$) düşük olduğu tespit edilmiştir. En yüksek ekmek içi hidrasyon kapasitesi değeri kontrol grubu ekmeklerine aittir. Starter kültür kullanılan ekmeklerin ekmek içi yumuşaklık ve hidrasyon kapasitesi değerleri arasındaki farkın istatistiki açıdan önemsiz ($p>0,05$) olduğu saptanmıştır.

6. Starter kültür kullanımının sertlik, kohezivlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik üzerine çok önemli ($p<0,01$), elastikiyet üzerine ise önemli ($p<0,05$) etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Starter kültür kullanımıyla ekmeğin tekstürel parametrelerinde (sertlik, elastikiyet, kohezivlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik) genel bir düşüş gözlenmiştir. En sert ekmek içi kontrol grubu ekmeklerinde görülürken, kontrol ve *L. plantarum* HB75 grubu ekmeklerin elastikiyet değerleri arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). En düşük elastikiyet ve kohezivlik değerlerinin *L. brevis* EG80 grubuna ait olduğu saptanmıştır. Starter kültür kullanılan ekmeklerin kendi aralarındaki sertlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri arasında görülen fark istatistiki açıdan önemsiz ($p>0,05$) çıkmıştır.

7. Uçucu bileşiklerin tespitinde kullanılan kromatografik (GC-MS) analiz sonucunda toplam 40 uçucu bileşik tanımlanmıştır. Bu bileşiklerin 9'unu alkoller, 7'sini aldehitler, 4'ünü ketonlar, 4'ünü esterler, 4'ünü aromatik hidrokarbonlar ve 12'sini içerisinde oksidasyon ürünü, amin, terpen, sülfürlü bileşik ve çeşitli organik bileşiklerin bulunduğu bileşikler oluşturmaktadır. Bunlar içerisinde en fazla tespit edilen bileşik gruplarının alkoller ve aldehitler olduğu tespit edilmiştir. Örnek tipi (hamur, ekmek içi ve kabuğu) değişkeninin (A) tüm uçucu bileşikler üzerine çok önemli ($p<0,01$) etkiye sahip olduğu görülmüştür. Ekmeğin pişirilmesiyle birlikte özellikle alkollerin miktarında önemli bir düşüş meydana geldiği ve hatta (propanol, izobütanol, 1-hekzanol) yok olduğu, buna karşın bazı bileşiklerin (asetaldehit, hekzanal, furfural, pentanal, 2-heptanon, okziran, kloroform, α -pinen) oluştuğu ve hamurda tespit edilen uçucu bileşik sayısı toplam 15 iken, ekmek içinde bu sayının 26'ya, kabukta ise 30'a yükseldiği tespit edilmiştir.

8. Starter kültür (S) değişkeninin etanol, izobütanol, izoamil alkol, 2-feniletanol, etil asetat ve α -pinen bileşikleri hariç diğer bileşikler üzerine farklı seviyelerde önemli ($p<0,01$ veya $p<0,05$) etkiye sahip olduğu saptanmıştır. Propanol, 2-viniloksi etanol, asetaldehit, furfural, bütül propiyonat, etil benzen, dimetilsülfon ve 2-metil piperazin'in starter kültür kullanılan gruplardaki miktarının kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. İstatistiksel açıdan önem taşıyan uçucu bileşiklerin toplam

miktarları bakımından *L. plantarum* HB75 + *L. brevis* EG80 karışık kültürünün hamurda ve ekmek içinde en yüksek değere sahip olduğu görülmüştür.

9. Özetle formülasyonda starter kültür olarak *L. plantarum* HB75 ve *L. brevis* EG80 suşları kullanımının ekmeğin kalitatif özellikleri üzerine (pH, renk ve dokusal özellikler) olumlu etkiye sahip ve genel itibariyle karışık kültür (*L. plantarum* HB75 + *L. brevis* EG80) kullanımının daha etkili olduğu görülmüştür. Mevcut bu araştırmada sadece iki laktik asit bakteri suşunun starter olarak kullanım imkanı araştırıldığı için yapılması muhtemel diğer çalışmalarda kullanılacak suş sayısı artırılabilir ve çeşitli optimizasyon çalışmaları (fermantasyon süre ve sıcaklığı gibi) yürütülebilir. Son üründe arzu edilen özelliklere mümkün olduğu kadar fazla yaklaşabilmek maksadıyla, kullanılacak laktik asit bakterileri suşlarına ilaveten farklı mayaların da formülasyona katılması ve fermentasyon süresinin bir miktar uzatılması önerilebilir. Kullanılan mikroorganizma sayısının ve fermentasyon süresinin artmasıyla mikroorganizmalar arasındaki etkileşimlerin ve bu etkileşimler sonucunda oluşacak maddelerin sayı ve miktarının artması muhtemeldir.

KAYNAKLAR

- Axelsson, L., 1998. Lactic Acid Bacteria: Classification and Physiology. Lactic Acid Bacteria Microbiology and Functional Aspects, 2nd edition, Ed: S. Salminen and A. vonWright. Marcel Dekker Inc. NewYork, USA, 1-72.
- Bianchi, F., Careri, M., Chiavaro, E., Musci, M. and Vittadini, E., 2008. Gas chromatographic-mass spectrometric characterisation of the Italian protected designation of origin "Altamura" bread volatile profile. Food Chemistry, 110, 787-793.
- Bolourian, S., Khodaparast, M.H.H., Movahhed, G.G. and Afshary, M., 2010. Effect of lactic fermentation (*Lactobacillus plantarum*) on physicochemical, flavor, staling and crust properties of semi volume bread (Baguette). World Applied Sciences Journal, 8, 101-106.
- Boraam, F., Faid, M., Larpant, J.P. and Breton, A., 1993. Lactic acid bacteria and yeast associated with traditional Moroccan sourdough bread fermentation. Sciences des Aliments, 13: 501-509.
- Chang, C.Y., Seitz, L.M. and Chambers E., 1995. Volatile flavor components of breads made from hard red winter wheat and hard white winter wheat. Cereal Chem., 72, 237-242.
- Cho, I.H. and Peterson, D.G., 2010. Chemistry of bread aroma: A review. Food Sci. Biotechnol., 19, 575-582.
- Clarke, C.I., Schober, T.J. and Arendt, E.K., 2002. Effect of single strain and traditional mixed strain starter cultures on rheological properties of wheat dough and on bread quality. Cereal Chem., 79, 640-647.
- Clarke, C.I. and Arendt, E.K., 2005. A review of the application of sourdough technology to wheat breads. Advances in Food and Nutrition Research, 49, 137-161.
- Corsetti, A., Gobbetti, M., Balestrieri, F., Paoletti, F., Russi, L. and Rossi, J., 1998. Sourdough lactic acid bacteria effects on bread firmness and staling. Journal of Food Science, 63, 347-351.
- Corsetti, A., Gobbetti, M., De Marco, B., Balestrieri, F., Paoletti, F., Russi, L. and Rossi, J., 2000. Combined effect of sourdough lactic acid bacteria and additives on bread firmness and staling. J. Agric. Food Chem., 48, 3044-3051.
- Corsetti, A., Lavermicocca, P., Morea, M., Baruzzi, F., Tosti, N. and Gobbetti, M., 2001. Phenotypic and molecular identification and clustering of lactic acid bacteria and yeasts from wheat (species *Triticum durum* and *Triticum aestivum*) sourdoughs of Southern Italy. International Journal Food Microbiology, 64, 95-104.
- Corsetti, A., Settanni, L., Sinderen, D., Felis, G. E., Dellaglio, F. and Gobbetti, M., 2005. *Lactobacillus rossii* sp. nov., isolated from wheat sourdough. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 55, 35-40.
- Corsetti, A. and Settanni, L. 2007. Lactobacilli in sourdough fermentation. Food Research International, 40, 539-558.

- Corsetti, A., Settanni, L., Valmorri, S., Mastrangelo, M. and Suzzi, G., 2007. Identification of subdominant lactic acid bacteria and their evolution during laboratory-scale fermentations. *Food Microbiology*, 24, 592-600.
- Czuchajowska, Z. and Pomeranz, Y., 1989. Differential Scanning Calorimetry, water activity, and moisture contents in crumb center and near-crust zones of bread during storage. *Cereal Chem.*, 66, 305-309.
- De Vuyst, L., Schrijvers, V., Paramithiotis, S., Hoste, B., Vancanneyt, M., Swings, J., Kalantzopoulos, G., Tsakalidou, E., Messens, W., 2002. The biodiversity of lactic acid bacteria in Greek traditional wheat sourdoughs is reflected in both composition and metabolite formation. *Applied and Environmental Microbiology*, 68, 6059-6069.
- Dığrak, M. ve Özçelik, S., 1991. Elazığ ve yöresinde kullanılan ekşi mayanın bileşimi, morfolojik, fizyolojik ve biokimyasal özellikleri. *Gıda Teknolojisi Dergisi*, 16, 325-331.
- Dikbaş, N., 2003. Vakfıkebir Ekmeğinin Mikroflora ve Aroma Maddelerinin Tespiti. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi), Erzurum.
- Elgün, A., Ertugay, Z., Certel, M. ve Kotancılar, H.G., 2002. Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Kılavuzu. (3. baskı) Atatürk Üniversitesi Yayın No: 867, Ziraat Fakültesi Yayın No: 335, Ders Kitapları Serisi No: 82. Erzurum. s:245.
- Elgün, A. ve Ertugay, Z., 2003. Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Yayınları No:718, s:376.
- Ferchichi, M., Valcheva, R., Prévost, H., Onno, B. and Dousset, X., 2007. Molecular identification of the microbiota of French sourdough using temporal temperature gradient gel electrophoresis. *Food Microbiology*, 24, 678-686.
- Gerçekaslan, K.E. 2006. Trabzon Vakfıkebir ekmeğinin bayatlamasının çeşitli yöntemlerle takibi ve francala ekmeği ile mukayesesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi), Erzurum.
- Gobbetti, M. and Corsetti, A., 1997. *Lactobacillus sanfrancisco* a key sourdough lactic acid bacterium: a review. *Food Microbiology*, 14, 175-187.
- Gray, J.A. and Bemiller, J.N., 2003. Bread staling: molecular basis and control. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2, 1-21.
- Grosch, W. and Schieberle, P., 1997. Flavor of cereal products. *Cereal Chem.*, 74, 91-97.
- Guerzoni, M.E., Vernocchi, P., Ndagijimana, M., Gianotti, A. and Lanciotti, R. 2007. Generation of aroma compounds in sourdough: Effects of stress exposure and lactobacilli-yeasts interactions. *Food Microbiology*, 24, 134-148.
- Gül, H., Özçelik, S., Sağdıç O. and Certel, M., 2005. Sourdough Bread Production with *Lactobacilli* and *S. cerevisiae* Isolated from Sourdoughs. *Process Biochemistry*, 40, 691-697.
- Hammes, W.P. and Ganzle, M.G., 1998. Sourdough breads and related products. In: b. J. (Ed), *Microbiology of Fermented Foods*, vol 1. Blackie Academic and Professional, London, 199-216.
- Hansen, A., Lund, B. and Lewis, M.J., 1989a. Flavour of sourdough rye bread crumb. *Z. Lebensm Unters Forsch*, 22, 141-144.

- Hansen, A., Lund, B. and Lewis, M.J., 1989b. Flavour production and acidification of sourdoughs in relation to starter culture and fermentation temperature. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.*, 22, 145-149.
- Hansen, A. and Hansen, B. 1996. Flavour of sourdough wheat bread crumb. *Z. Lebensm Unters Forsch*, 202, 244-249.
- Hansen, A. and Schieberle, P., 2005. Generation of aroma compounds during sourdough fermentation: applied and fundamental aspects. *Trends in Food Science and Technology*, 16, 85-94.
- Harrigan, W.F., 1998. *Laboratory methods in food microbiology*. Academic Press. California 92101-4495, USA, pp 100.
- Hironaka, K., 1986. Relationshis between sensory flavor evaluation and gas choromatographic profiles of French bread. *Cereal Chem.*, 63, 369-372
- Hug-Iten, S., Escher, F. and Conde-Petit, B., 2003. Staling of bread: role of amylose and amylopectin and influence of starch-degrading enzymes. *Cereal Chem.*, 80, 654-661.
- Jackel, S.S., 1969. Fermentation flavors of white bread. *Baker's Dig.* 43, 24-28.
- Kaban, G., 2007. Geleneksel Olarak Üretilen Sucuklardan Laktik Asit Bakterileri İle Katalaz Pozitif Kokların İzolasyonu-İdentifikasyonu, Üretimde Kullanılabilme İmkanları ve Uçucu Bileşikler Üzerine Etkileri. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi), Erzurum.
- Karaoğlu, M.M., 2002. Farklı sıcaklık ve sürelerde muhafaza edilen kısmi pişmiş ekmeklerin teknolojik ve mikrobiyolojik özellikleri. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi), Erzurum.
- Karaoğlu M.M. ve Kotancılar, H.G., 2003. Tahıl ürünlerinde aroma maddeleri: I. Ekmek. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34, 255-261.
- Kaseleht, K., Paalme, T., Mihhalevski, A. and Sarand, I. 2011. Analysis of volatile compounds produced by different species of lactobacilli in rye sourdough using multiple headspace extraction. *International Journal of Food Science and Technology*, 46, 1940-1946.
- Katina, K., Sauri, M., Alakomi, H.L. and Mattila-Sandholm, T. 2002. Potential of lactic acid bacteria to inhibit rope spoilage in wheat sourdough bread. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 35, 38-45.
- Katina, K., 2005. Sourdough: a tool for the improved flavour, texture and shelf-life of wheat bread. *VTT Publications*, 569. 92 p.+ app.81 p.
- Katina, K., Heiniö, R.L., Autio, K. and Poutanen, K., 2006. Optimization of sourdough process for improved sensory profile and texture of wheat bread. *LWT*, 39, 1189-1202.
- Kim, Y., Huang, W., Zhu, H. and Rayas-Duarte, P., 2009. Spontaneous sourdough processing of Chinese Northern-style steamed breads and their volatile compounds. *Food Chemistry*, 114, 685-692.
- Kirchhoff, E. and Schieberle, P., 2001. Determination of key aroma compounds in the crumb of a three-stage sourdough rye bread by stable isotope dilution assays and sensory studies. *J. Agric. Food Chem.*, 49, 4304-4311.
- Kline, L. and Sugihara, T. F. 1971. Microorganisms of the San Francisco sour dough bread process. II. İsolation and characterization of undescribed bacterial species responsible fort he souring activity. *Applied Microbiology*, 21, 459-465.

- Kotancılar, H.G., 1995. Farklı ambalajlarda depolanan katkılı ve katkısız unlarda meydana gelen fiziksel, kimyasal ve fizikokimyasal değişikliklerin belirlenmesi üzerine araştırmalar. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi), Erzurum.
- Kotancılar, H.G., Çelik, İ. ve Karaoğlu, M.M., 1998. Trabzon Vakfikebir Ekmeği. Un Mamulleri Dünyası, 7, 4-14.
- Kotancılar, H.G., Karaoğlu, M.M., Gerçekaslan, K.E. ve Uysal, P., 2006. Ekşi Hamur Katkısının Beyaz Tava Ekmeğinin Bayatlaması Üzerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 37, 103-110.
- Kotancılar, H.G., Gerçekaslan, K.E. and Karaoğlu, M.M. 2009. Crumb pasting properties of white and traditional Vakfikebir breads. Turkish Journal of agriculture and Forestry, 33, 435-443.
- Lorenz, K. and Maga, J., 1972. Staling of white bread: Changes in carbonyl composition and glc headspace profiles. J. Agr. Food Chem., 20, 211-213.
- Martinez-Anaya, M.A., Pitarch, B. and Benedito de Barber, C., 1993. Biochemical characteristics and breadmaking performance of freeze-dried wheat sour dough starters. Z. Lebensm Unters Forsch, 196, 360-365.
- Martinez-Anaya, M.A., 1996. Enzymes and bread flavor. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44, 2470-2480.
- Martinez-Anaya, M.A., 2003. Associations and interactions of microorganisms in dough fermentations: effects on dough and bread characteristics. In: Kulp, K., Lorenz, K. (Eds.), Handbook of Dough Fermentations, New York, pp. 63-95.
- McKinnon, C.M., Gelinas, P. and Simard, R.E., 1996. Wine yeast preferment for enhancing bread aroma and flavor. Cereal Chem., 73, 45-50.
- Meignen, B., Onno, B., Gélinas, P., Infantes, M., Guilois, S. and Cahagnier, B., 2001. Optimization of sourdough fermentation with *Lactobacillus brevis* and baker's yeast. Food Microbiology, 18, 239-245.
- Messens, W. and De Vuyst, L., 2002. Inhibitory substances produced by lactobacilli isolated from sourdough. International Journal of Food Microbiology, 72, 31-43.
- Minervini, F., De Angelis, M., Di Cagno, R., Pinto, D., Siragusa, S., Rizzello, C.G. and Gobbetti, M. 2010. Robustness of *Lactobacillus Plantarum* Starters During Daily Propagation of Wheat Flour Sourdough Type I. Food Microbiology, 27, 897-908.
- Moore, M.M., Juga, B., Schober, T.J. and Arendt, E.K., 2007. Effect of lactic acid bacteria on properties of gluten-free sourdoughs, batters, and quality and ultrastructure of gluten-free bread. Cereal Chem., 84, 357-364.
- Moore, M.M., Bello, F.D. and Arendt, E.K., 2008. Sourdough fermented by *Lactobacillus plantarum* FST1.7 improves the quality and shelf life of gluten-free bread. Eur. Food Res. Technol., 226, 1309-1316.
- Morad, M.M. and D'Appolonia, B.L., 1980. Effect of surfactants and baking procedure on total water-solubles and soluble starch in bread crumb. Cereal Chem., 57, 141-144.
- Oura, E., Suomalainen, H. ve Viskori, R., 1982. Bread Making. Economic Microbiology, 7, 87-146.

- Plessas, S., Fisher, A., Koureta K., Psarianos, C., Nigam P. and Koutinas A.A. 2008a. Application of *Kluyveromyces marxianus*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* and *L. helveticus* for sourdough bread making. *Food Chemistry*, 106, 985-990.
- Plessas, S., Bekatorou, A., Gallanagh, J., Nigam, P., Koutinas, A.A. and Psarianos, C. 2008b. Evolution of aroma volatiles during storage of sourdough breads made by mixed cultures of *Kluyveromyces marxianus* and *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* or *Lactobacillus helveticus*. *Food Chemistry*, 107, 883–889.
- Rehman, S., Paterson, A. and Piggott, J.R. 2006. Flavour in Sourdough Breads: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 17, 557-566.
- Ricciardi, A., Parente, E., Piraino, P., Paraggio, M. and Romano, P., 2005. Phenotypic characterization of lactic acid bacteria from sourdoughs for Altamura bread produced in Apulia (Southern Italy). *International Journal of Food Microbiology*, 98, 63-72.
- Ruiz, J.A., Quilez, J., Mestres, M. and Guasch, J., 2003. Solid-phase microextraction method for headspace analysis of volatile compounds in bread crumb. *Cereal Chem.*, 80, 255-259.
- Rychlik, M. and Grosch, W., 1996. Identification and quantification of potent odorants formed by toasting of wheat bread. *Lebensm.- Wiss. u.-Technol.*, 29, 515-525.
- Salovaara, H. 1998. Lactic acid bacteria in cereal-based products. *Lactic Acid Bacteria Microbiology and Functional Aspects*, 2nd edition, Ed: S. Salminen and A. vonWright. Marcel Dekker Inc. NewYork, USA, 115-137.
- Schieberle, P. and Grosch, W., 1985. Identification of the volatile compounds of wheat bread crust – Comparison with rye bread crust. *Z Lebensm Unters Forsch*, 180, 474-478.
- Schieberle, P. and Grosch, W., 1987. Evaluation of the flavour of wheat and rye bread crusts by aroma extract dilution analysis. *Z Lebensm Unters Forsch*, 185, 11-113.
- Schillinger, U. and Lücke, F.K., 1987. Identification of lactobacilli from meat and meat products. *Food Microbiology*, 4, 199-208.
- Seitz, L.M., Chung, O.K. and Rengarajan, R., 1998. Volatiles in selected commercial breads. *Cereal Chem.*, 75, 847-853.
- Sidhu, J.S., Al-Saqer, J. and Al-Zenki, S., 1997. Comparison of methods for assessment of the extent of staling in bread. *Food Chemistry*, 58, 161–167.
- SPSS, 1999. SPSS for Windows Release 10.0 SPSS Inc, Chicago.
- Stoltz, P., Vogel, F.R. and Hammes, P.W., 1995. Utilization of electron acceptors by *lactobacilli* isolated from sourdough. *Z. Lebensm. Unters Frosch*, 201, 91-96.
- Talay, M., 1997. Ekmek Bilimi ve Teknolojisi. Ekin Yayıncılık ve Pazarlama, İstanbul/TÜRKİYE.
- Turantaş, F. 1999a. Fermantasyonda rol oynayan mikroorganizmalar. *Gıda Mikrobiyolojisi*, 2. Baskı, Ed: A. Ünlütürk ve F. Turantaş. Mengi Tan Basımevi, Çınarlı, İzmir, 425-445.
- Turantaş, F. 1999b. Fermente gıdalar. *Gıda Mikrobiyolojisi*, 2. Baskı, Ed: A. Ünlütürk ve F. Turantaş. Mengi Tan Basımevi, Çınarlı, İzmir, 447-473.
- Uysal, P., 2004. Ekşi hamur sisteminin beyaz tava ekmeğinin kalitesi üzerine etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi), Erzurum.

- Vogel, R.F., Knorr, R., Müller, M.R.A., Steudfel U., Ganzle, M.G. and Ehrman, M., 1999. Non-diary lactic fermentations. *The Cereal World* Antonie Von Leeuwenhock, 76, 403-411.
- Yıldız, N. ve Bircan, H. 1991. Araştırma ve Deneme Metotları Atatürk Üniv, Zir Fak Yayınları Yayın No: 305, Erzurum, s 266.
- Zehentbauer, G. and Grosch, W. 1998. Crust aroma of Baguettes I. Key odorants of Baguettes prepared in two different ways. *Journal of Cereal Science*, 28, 81-92.
- Zotta, T., Piraino, P., Parente, E., Salzano, G. and Ricciardi, A., 2008. Characterization of lactic acid bacteria isolated from sourdoughs for Cornetto, a traditional bread produced in Basilicata (Southern Italy). *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 24, 1785-1795.

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında İzmir'in Yeşilyurt semtinde doğdu. İlkokulu Diyarbakır, Artvin, Erzurum ve Tokat'ta; ortaokul birinci-ikinci sınıfı Tokat'ta, ortaokul üçüncü sınıfı ve liseyi Denizli'de okudu. 1999-ÖSS sınavını kazanarak Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde lisans öğrenimine başladı ve 2003 yılında mezun oldu. Yüksek Lisans öğrenimine 2003 yılının eylül ayında başladı. Yüksek Lisans öğrenimini 2006 yılında tamamladı ve Doktora öğrenimine başladı.

Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü bünyesinde Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde 2004 yılından bu yana Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.