



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



FARKLI FERMANTASYON STRATEJİLERİ İLE ENDÜSTRİYEL ÇAPTA TURŞU ÜRETİMİ

Yüksek Lisans Tezi

Selvi İCİL

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

İzmir
2019

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

**FARKLI FERMANTASYON STRATEJİLERİ
İLE ENDÜSTRİYEL ÇAPTA TURŞU
ÜRETİMİ**

Selvi İCİL

Danışman : Prof. Dr. Hatice KALKAN YILDIRIM

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Gıda Mühendisliği Yüksek Lisans Programı

İzmir
2019

Selvi İCİL tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan “Farklı Fermantasyon Stratejileri ile Endüstriyel Çapta Turşu Üretimi” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 03.09.2019 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Hatice KALKAN YILDIRIM
Üye : Prof. Dr. Necla ÇAĞLARIRMAK
Üye : Doç. Dr. Ali KOÇYİĞİT

İmza



EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi / Doktora Tezi olarak sunduğum “**Farklı Fermantasyon Stratejileri ile Endüstriyel Çapta Turşu Üretimi**” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

03 / 09 / 2019


Selvi İCİL

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

**FARKLI FERMANTASYON STRATEJİLERİ İLE ENDÜSTRİYEL ÇAPTA
TURŞU ÜRETİMİ**

Selvi İCİL

Ege Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Hatice KALKAN YILDIRIM

Eylül 2019, 104 sayfa

Bu çalışmada, farklı fermantasyon stratejileri uygulanarak endüstriyel çapta laktik asit fermantasyonu ile lahana turşusu üretimi ve kalite karakteristiğinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Ayrıca lahana, havuç ve karnabahar gibi kış sebzelerinin farklı kombinasyonları kullanılarak karışık turşu eldesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Üretim planında farklı tuz konsantrasyonları (% 2,5; % 6; % 8), farklı sitrik asit konsantrasyonları (% 1; % 1,5; % 2) ve farklı hacimlerde [küçük ölçeğe (1L; 3L; 4L), orta ölçeğe (18L; 220L), büyük ölçeğe (1000L)] laktik asit fermantasyonu ile beyaz lahana turşusu üretimi hedeflenmiştir.

Her kademede elde edilen sonuçlar bir sonraki üretim için kullanılabilir. Orta ölçeğe kültür transferi yapılarak fermantasyon seyri incelenmiştir. Farklı üretimlerdeki (lahana turşusu ve karışık turşu) ürünlerde duyusal değerlendirmeler yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre 1000L'lik tankta en iyi sonuçlar (kimyasal ve duyusal değerlendirmeler ile) % 6 tuz ve % 1 sitrik asitli ortamda üretilen turşularda elde edilmiştir. Üretim sırasında kültür transferi kullanılabilir bir yöntem olarak ortaya çıkmıştır. Karışık turşularda en iyi sonuçlar % 50 lahana, % 25 havuç, % 25 karnabahar örneğinde elde edilmiştir.

Bu çalışmada, laboratuvar ortamı ile endüstriyel ölçek arasındaki farklar gösterilmiş olup, endüstriyel ölçeğe yapılan üretimler hakkında yol gösterici olması amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler : Lahana turşusu, laktik asit fermantasyonu, salamura, karışık turşu, ölçek büyütme



ABSTRACT

Master Thesis

**PRODUCTION OF PICKLES AT INDUSTRIAL SCALE USING DIFFERENT
FERMENTATION STRATEGIES**

Selvi İCİL

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

Supervisor : Prof. Dr. Hatice KALKAN YILDIRIM

September 2019, pages 104

In this study, it is aimed to determine the industrial characteristics of lactic acid fermentation and pickled cabbage production and quality characteristics by applying different fermentation strategies. It is also aimed to obtain and evaluate mixed pickles by using different combinations of winter vegetables such as cabbage, carrot and cauliflower.

Different salt concentrations (2,5%; 6%; 8%), different citric acid concentrations (1 % ; 1,5 % ; 2 %) and different volumes [small scale (1L; 3L; 4L), medium scale (18L; 220L), large scale (1000L)] lactic acid fermentation with white cabbage pickled production was targeted in the production plan.

The results obtained in each step were used for the next production. The fermentation course was examined by medium-scale culture transfer. Sensory evaluations were made on products of different productions (pickled cabbage and mixed pickles).

According to the results, the best results at 1000L tank (with chemical and sensory evaluations) were obtained in 6 % salt and 1% citric acid in pickles. Culture transfer during production has emerged as a usable method. The best results in mixed pickles were obtained in 50 % cabbage, 25 % carrot, 25 % cauliflower.

In this study, the differences between the laboratory environment and the industrial scale have been shown and it includes the wish to be a guide for the productions on the industrial scale.

Key words : Cabbage pickle, lactic acid fermentation, brine, mixed pickle, scale-up



ÖNSÖZ

Fermente ürünler, maya ve özellikle doğal olarak oluşan laktik asit bakterileri gibi farklı mikroorganizmaları barındırmaları sebebiyle sağlıklı gıdalar arasında bulunmaktadır. Son yıllarda stresli yaşam koşulları ve hastalıklar sebebiyle, sağlıklı beslenmeye olan ilgi günden güne artmaktadır. Laktik asit fermantasyonu ile turşu üretiminde besinlerimizin taze olarak tüketilmesinin yanında, birçok sebzenin mevsim dışında da tüketimi mümkün olmaktadır.

Bu çalışmada, laboratuvar ortamı ile endüstriyel ölçek arasındaki farklar gösterilmiş olup, endüstriyel ölçekte yapılan üretimler hakkında sektöre yol gösterici olması temennisi içermektedir.

Tez sürecimde gerek akademik anlamda, gerek yaptığım analizler sayesinde birçok metodu anlama ve uygulama fırsatı buldum. Bu çalışma ile bilim denilen koca deryada, küçük bir damla olmak bile, benim için büyük bir mutluluk kaynağı olacaktır.

İZMİR

03/ 09 / 2019

Selvi İCİL



İÇİNDEKİLER

İÇ KAPAK	i
KABUL VE ONAY BELGESİ	iii
ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
ÖNSÖZ	xi
İÇİNDEKİLER	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xv
TABLolar DİZİNİ	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xix
1 GİRİŞ	1
2 GENEL BİLGİLER	3
2.1 Laktik Asit Fermantasyonu ile Turşu Üretimi	3
2.2 Hammadde Olarak Lahana Kullanımı	6
2.3 Laktik Asit Fermantasyonu	8
2.4 Ölçek Büyütme ve Önemi	12
2.5 Çalışmalar	15
2.6 Çalışmanın amacı	25
3 GEREÇ & YÖNTEM	26
3.1 Materyal	26
3.2 Üretim Yöntemleri	27
3.2.1 Küçük ölçekte laktik asit fermantasyonu ile lahan turşusu üretimi	27
3.2.2 Orta ve büyük ölçekte laktik asit fermantasyonu ile lahana turşusu üretimi	30
3.2.3 Laktik asit fermantasyonu ile karışık turşu üretimi	34
3.3 Analizler	36
3.3.1 Genel analizler	36

İÇİNDEKİLER (devamı)

3.3.2 Spesifik analizler	39
3.3.3 Duyusal analizler	40
3.3.4 İstatistiksel analizler	41
4 BULGULAR VE TARTIŞMA	42
4.1 Küçük Ölçekte Laktik Asit Fermantasyonu ile Lahana Turşusu Üretiminde Sonuçlar	42
4.1.1 1A formülasyonu ile üretilen ürünler	42
4.1.2 2A formülasyonu ile üretilen ürünler	44
4.1.3 3A formülasyonu ile üretilen ürünler	46
4.1.4 4A formülasyonu ile üretilen ürünler	48
4.1.5 5A formülasyonu ile üretilen ürünler	51
4.1.6 6A formülasyonu ile üretilen ürünler	53
4.1.7 7A formülasyonu ile üretilen ürünler	55
4.1.8 8A formülasyonu ile üretilen ürünler	58
4.1.9 9A Formülasyonu ile üretilen ürünler	60
4.1.10 Küçük ölçekte laktik asit fermantasyonu ile üretilen lahana turşularında genel analiz sonuçları	62
4.1.11 Küçük ölçekte yapılan analizler ve grafiksel değerlendirmeler sonucu ulaşılan sonuçlar	75
4.2 Orta ve Büyük Ölçekte Lahana Turşusu Üretiminde Sonuçlar	76
4.2.1 18L'lik kaplarda (kova) üretilen ürünler	77
4.2.2 220L'lik kaplarda üretilen ürününler	79
4.2.3 1000L'lik kapta (tank) üretilen ürünler	80
4.3 Laktik Asit Fermantasyonu ile Karışık Turşu Ürünleri	86
5 GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER	92
KAYNAKLAR DİZİNİ	94
TEŞEKKÜR	103
ÖZGEÇMİŞ	104

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Turşu fermantasyonunda fermantasyon aşamaları (Aktan vd., 1998)	9
Şekil 2.2. Homofermentatif laktik asit bakterileri tarafından glikozun laktik aside kadar yıkımı.....	10
Şekil 2.3. Heterofermentatif laktik asit bakterileri tarafından glikozun laktik aside kadar yıkımı.....	11
Şekil 3.1. Beyaz lahana (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Capitata</i>)	26
Şekil 3.2. Havuç (<i>Daucus carota</i> subsp. <i>sativus</i>)	26
Şekil 3.3. Karnabahar (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i>).....	26
Şekil 3.4. Küçük ölçekte üretim planı.....	28
Şekil 3.5. Lahana turşusu üretim akış şeması	29
Şekil 3.6. 18 L'lik kaplarda laktik asit fermantasyonu ile lahana turşusu üretim planı.....	30
Şekil 3.7. 220 L'lik kaplarda laktik asit fermantasyonu ile lahana turşusu üretim planı.....	31
Şekil 3.8. 18L'lik kaplardan 220L'lik kaplara kültür içeren sıvı tranferi	32
Şekil 3.9. 1000 L'lik kapta laktik asit fermantasyonu ile lahana turşusu üretim planı.....	33
Şekil 3.10. Laktik asit fermantasyonu ile karışık turşu üretim akış şeması.....	35
Şekil 3.11. Gallik asit standart eğrisi	38
Şekil 3.12. TAXT Plus cihazı	39
Şekil 4.1. 1A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında genel asitlik (%) değerleri.....	43
Şekil 4.2. 1A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında pH değerleri	43
Şekil 4.3. 1A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında tuz (%) değerleri	44
Şekil 4.4. 2A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında genel asitlik (%) değerleri.....	44
Şekil 4.5. 2A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında pH değerleri	45
Şekil 4.6. 2A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında tuz (%) değerleri	46
Şekil 4.7. 3A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında genel asitlik (%) değerleri.....	47
Şekil 4.8. 3A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında pH değerleri	47
Şekil 4.9. 3A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında tuz (%) değerleri	48
Şekil 4.10. 4A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında genel asitlik (%) değerleri.....	49
Şekil 4.11. 4A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında pH değerleri	49

ŞEKİLLER DİZİNİ (devamı)

Şekil 4.12. 4A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında tuz(%) değerleri	50
Şekil 4.13. 5A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında genel asitlik (%) değerleri.....	51
Şekil 4.14. 5A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında pH değerleri	52
Şekil 4.15. 5A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında tuz(%) değerleri	52
Şekil 4.16. 6A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında genel asitlik (%) değerleri.....	53
Şekil 4.17. 6A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında pH değerleri	54
Şekil 4.18. 6A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında tuz(%) değerleri	54
Şekil 4.19. 7A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında genel asitlik (%) değerleri.....	55
Şekil 4.20. 7A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında pH değerleri	56
Şekil 4.21. 7A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında tuz(%) değerleri	57
Şekil 4.22. 8A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında genel asitlik (%) değerleri.....	58
Şekil 4.23. 8A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında pH değerleri	58
Şekil 4.24. 8A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında tuz(%) değerleri	59
Şekil 4.25. 9A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında genel asitlik (%) değerleri.....	60
Şekil 4.26. 9A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında pH değerleri	61
Şekil 4.27. 9A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında tuz(%) değerleri	61
Şekil 4.28. Küçük ölçekte laktik asit fermantasyonu ile üretilen beyaz lahana turşularının son ürün toplam fenolik madde (mg/100g) analizi sonuçları	63
Şekil 4.29. Küçük ölçekte laktik asit fermantasyonu ile üretilen beyaz lahana turşularının son ürün toplam antioksidan aktivite (%) analizi sonuçları.....	64
Şekil 4.30. Küçük ölçekte laktik asit fermantasyonu ile üretilen beyaz lahana turşularının üretim başında içerdikleri tuz ile son ürünlerdeki kül, kuru madde, renk L* ve renk b* değerleri arasındaki ilişki.....	65
Şekil 4.31. Küçük ölçekte laktik asit fermantasyonu ile üretilen beyaz lahana turşularının üretim başında içerdikleri sitrik asit ile son ürünlerdeki tekstür ve laktik asit arasındaki ilişki ..	66
Şekil 4.32. Küçük ölçekte laktik asit fermantasyonu ile üretilen lahana turşularının üretildikleri ölçekler ile toplam antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde arasındaki ilişki	67
Şekil 4.33 Küçük ölçekte laktik asit fermantasyonu ile üretilen lahana turşularının balangıç tuz değerleri ile son ürünün tekstürü arasındaki ortalama eğri (% 95.00 ve üzeri doğruluk) ..	68
Şekil 4.34. Küçük ölçekte laktik asit fermantasyonu ile üretilen beyaz lahana turşularının duyu analizi renk sonuçları.....	71

Şekil 4.35. Küçük ölçekte laktik asit fermantasyonu ile üretilen beyaz lahana turşularının duyusal analiz doku sonuçları.....	72
Şekil 4.36. Küçük ölçekte laktik asit fermantasyonu ile üretilen beyaz lahana turşularının duyusal analiz lezzet sonuçları.....	73
Şekil 4.37. Küçük ölçekte laktik asit fermantasyonu ile üretilen beyaz lahana turşularının duyusal analiz genel izlenim sonuçları	74
Şekil 4.38. 18L hacimli kapta üretilen ürünlerin fermantasyon sırasında genel asitlik (% laktik asit) değerleri	77
Şekil 4.39. 18L hacimli kapta üretilen ürünlerin fermantasyon boyunca genel asitlik (% laktik asit) değişimleri	78
Şekil 4.40. 220L hacimli kapta üretilen ürünlerin fermantasyon sırasında genel asitlik (% laktik asit) ve pH değerleri.....	79
Şekil 4.41. 601-1000L ürününün fermantasyon sırasında genel asitlik (% laktik asit) ve pH değerleri	81
Şekil 4.42. Orta ve büyük ölçekte laktik asit fermantasyonu ile üretilen lahana turşularının duyusal analizi renk sonuçları.....	83
Şekil 4.43. Orta ve büyük ölçekte laktik asit fermantasyonu ile üretilen lahana turşularının duyusal analizi doku sonuçları.....	84
Şekil 4.44. Orta ve büyük ölçekte laktik asit fermantasyonu ile üretilen lahana turşularının duyusal analizi lezzet sonuçları	85
Şekil 4.45. Orta ve büyük ölçekte laktik asit fermantasyonu ile üretilen lahana turşularının duyusal analizi genel izlenim sonuçları	86
Şekil 4.46. Karışık turşularda fermantasyon sonunda elde edilen genel asitlik (% laktik asit) sonuçları.....	87
Şekil 4.47. Laktik asit fermantasyonu ile üretilen karışık turşurun duyusal analiz renk sonuçları.....	89
Şekil 4.48. Laktik asit fermantasyonu ile üretilen karışık turşurun duyusal analiz renk sonuçları.....	89
Şekil 4.49. Laktik asit fermantasyonu ile üretilen karışık turşurun duyusal analiz renk sonuçları.....	90
Şekil 4.50. Laktik asit fermantasyonu ile üretilen karışık turşurun duyusal analiz renk sonuçları.....	91



Çizelge

Çizelge 2.1. Ülkemizde yıllara göre turşu üretim ve satış miktarları (2019 TÜİK verileri)	4
Çizelge 3.1 Salamura formülasyonları ve örneklerin isimlendirilmesi.....	27
Çizelge 3.2 Karışık turşuların içerisine giren sebzelerin karışım oranları ve ürün isimlendirmeleri.....	34
Çizelge 4.2 Küçük ölçekte laktik asit fermentasyonu ile üretilen beyaz lahana turşularının duyusal analizi puanlama sonuçları	69
Çizelge 4.3 Salamura ve ölçeğe göre hazırlanan kod isimleri.....	76
Çizelge 4.4 Orta ve büyük ölçekte laktik asit fermentasyonu ile üretilen beyaz lahana turşularının son ürün analiz sonuçları	81
Çizelge 4.5 Orta ve büyük ölçekte laktik asit fermentasyonu ile üretilen beyaz lahana turşularının duyusal analizi puanlama sonuçları	82
Çizelge 4.6 Karışık turşuların içerisine giren sebzelerin karışım oranları ve ürün isimlendirmeleri.....	87
Çizelge 4.7 Renk, doku, tat ve genel izelnim kriterlerine göre yapılan duyusal analizin puanlama sonuçları ve fermentasyon sonunda ulaşılan genel asitlik (% laktik asit) değerleri	88



xxi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Açıklamalar

\$

Dolar (Amerikan para birimi)

Kısaltmalar

Açıklamalar

L

Litre

g

gram

µL

mikrolitre

LAB

Laktik asit bakterileri

mM

Milimolar

TÜİK

Türkiye İstatistik Kurumu

yy

Yüzyıl

ANOVA

Analysis of Variance (Varyans Analizi)

SPSS

Statistical Package for the Social Sciences
(Sosyal Bilimler için İstatistiksel Paket Programı)

CIE

Commission Internationale de l'Éclairage



1 GİRİŞ

Fermente ürünler, maya ve özellikle doğal olarak oluşan laktik asit bakterileri gibi farklı mikroorganizmaları barındırmaları sebebiyle sağlıklı gıdalar arasında bulunmaktadır. Bu gıdalar, antimikrobiyal ve antioksidan etkili, kolesterol düşürücü olmaları ve insan sağlığına faydalı biyolojik işlevi olan bileşikleri içermeleri sebebiyle fonksiyonel besin oldukları kabul edilmektedir (Karaçıl ve Acar-Tek, 2013).

Turşu, kış sofralarımızı zenginleştiren, yüzyıllarca Türk kültüründeki yerini koruyabilmiş, mutfağımızın vazgeçilmezlerinden olan geleneksel ürünlerimizden biridir (Akbaş, 2006).

Son yıllarda stresli yaşam koşulları ve hastalıklar sebebiyle, sağlıklı beslenmeye olan ilgi günden güne artmaktadır. Bu besinler arasında fonksiyonel ürünler tercih edilmekte olup, içerdiği fenolik bileşikler ve antioksidanlar sayesinde fermente sebzeler de bulunmaktadır. Okcu ve ark., 2011, sebzelerde bulunan fenolik bileşiklerin doğal antioksidan madde özelliği de göstermekte olup, serbest radikallerin neden olduğu reaksiyonları durdurarak veya önleyerek kanser, kalp hastalığı ve akciğer hastalıkları gibi pek çok hastalığın oluşumunu engellediğinin bilindiğini ifade etmişlerdir (Alberto et al., 2007; Curiel et al., 2010; Nizamlıoğlu ve Nas, 2010). Ekonomik anlamda ülkemizde ve Avrupa'da fermente gıdalar arasında turşu üretimi önemli yer tutmaktadır.

Lahana turşusu, taze lahanaların tuzlu su ve sirke çözeltisinde belli bir süre muhafaza edilmesiyle yapılan en eski gıdalar ürünlerinden biridir (Lu et al., 2011). Biyoteknoloji, yenmeyen ve bozulabilir gıda kalemlerini, beslenme ve fizikokimyasal ve duyuşsal özellikler bakımından güvenli ve geliştirilmiş kalitede, daha lezzetli ve uzun raf ömrüne sahip bir gıdaya dönüştürebilir. Dünyadaki işlenmiş gıdaların üçte biri, doğal ya da fermentasyon ile elde edilen ürünlerdir. Fermentasyon süreci, gıdanın diyet değerini artırırken, protein ve lif sindirilebilirliğini geliştirerek vitaminlerin, gerekli amino asitlerin, gıda aromalarının, katkı maddelerinin, koruyucuların ve proteinlerin biyosentezi ile birlikte yükselmektedir (Ghoshal, 2018).

Çalışmada, laboratuvar ortamından endüstriyel ortama adaptasyon sırasında lahana turşusunda meydana gelebilecek değişiklik ve/veya sorunların değerlendirilmesi ve çözüm üretilmesi ve karışık turşu içinde kullanılan sebzelerin aynı kalması ancak farklı miktardaki kombinasyonları ile meydana gelebilecek değişikliklerin turşu lezzeti ve kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Laktik asit fermentasyonları ile gerçekleştirilen üretimlerde izlenen parametreler ve kullanılan yöntemler sayesinde :

1. Farklı tuz oranları ile elde edilen ürünlerin (laboratuvar ve endüstriyel boyutta) kalitesi belirlenmesi;
2. Farklı sitrik asit oranları ile elde edilen ürünlerin (laboratuvar ve endüstriyel boyutta) kalitesi belirlenmesi;
3. Farklı karışık turşu üretim kompozisyonlarının ürün kalitesine etkilerinin saptanması;
4. Optimize edilmiş farklı karışık turşuların endüstriyel boyutta üretim olanaklarının belirlenmesi;
5. Elde edilen ürünlerin fonksiyonel gıda olarak kullanım olanaklarının saptanması hedeflenmiştir.

2 GENEL BİLGİLER

2.1 Laktik Asit Fermantasyonu ile Turşu Üretimi

Fermantasyon, ürünlerin organoleptik ve besinsel özelliklerini geliştirebilen, lezzet bakımından farklı tatların oluşmasına imkân sağlayan, insan sağlığına yararlı bileşikler ile faydalı gıdalar sunabilen ve tüketim alanı olarak geniş yelpazeye sahip ürünler ortaya koyabilen bir gıda işleme yöntemidir (Steinkraus, 1983; Nout, 2001).

Laktik asit fermantasyonu ile elde edilen turşular, meyve ve sebzelerin belli konsantrasyonlarda tuz içeren salamura veya kendi öz suları içinde, laktik asit bakterilerince fermente edilmesiyle veya dışarıdan laktik asit ilavesi ile oluşan laktik asidin ve ortamdaki tuzun koruyucu etkisi sonucu dayanıklılık kazanan bir üründür (Aktan vd., 1998). Turşunun, ‘‘Gıda Tüzüğü’’ ve Türk Standartları Enstitüsü’nün ilgili standartlarındaki tanımlarında, turşu: ‘‘Sirke ve/veya salamura (tuzlu su) içindeki laktik asit fermantasyonu ile veya sulandırılmış asetik asit içinde oluşan ürünlerdir’’ şeklinde tanımlanmaktadır. Turşu üretimi fermantasyonsuz ve/veya laktik asit fermantasyonu ile üretililebilmesine rağmen, günümüzde tüketicilerin doğal ve katkısız ürünlere gösterdikleri talep artışı dolayısıyla laktik asit fermantasyonu ile üretilen turşuların önemini giderek artıran bir talep göstermektedir. Türkiye dünyada önemli bir turşu üreticisi konumundadır (Özçelik vd., 2012). Ülkemiz; Avrupa, Ortadoğu ve Amerikan pazarlarına doğrudan tüketiciye satış yapan marketlere veya marketlere dağıtım yapan toptantıcılara yönelik hizmette bulunmaktadır (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Ülkemizde yıllara göre turşu üretim ve satış miktarları (2019 TÜİK verileri)

Yıllar	Üretim miktarı (ton)	Satış miktarı (\$)
2005	83 bin	81,3 milyon
2006	88,5 bin	86,8 milyon
2007	84,9 bin	89,9 milyon
2008	106,9 bin	96,6 milyon
2009	81,3 bin	93,6 milyon
2010	115,6 bin	105 milyon
2011	148,3 bin	134 milyon
2012	149,8 bin	119,5 milyon
2013	150,6 bin	127,1 milyon
2014	145 bin	134,1 milyon
2015	158,8 bin	137,4 milyon
2016	175,3 bin	162 milyon
2017	162,1 bin	144,8 milyon

Çeşitli sebze ve meyvelerden turşu yapımının çok eski zamanlardan beri bilinen ve uygulanana bir üretim şekli olduğu, böylece bu sebze ve meyvelerin bol ve ucuz oldukları mevsimlerde fermantasyon yoluyla değerlendirilerek, taze olarak bulunmadıkları dönemlerde bile tüketime sunulabildiği belirtilmiştir (Akbulut ve Çalış, 1992). Türkiye’de üretilen turşularda kullanılan hammaddelerin başında hıyar, daha sonra ise biber gelmektedir. Lahana ve karışık turşuya ise son yıllarda giderek ilgi artmaktadır. Karışık turşu üretim tekniğinin özelliğinden (karışık turşunun bileşenlerini teşkil eden ürünleri ayrı ayrı ve farklı zamanlarda üretilmektedir) dolayı karışık turşunun bütün bileşenleri laktik asit fermantasyonu yoluyla üretilmektedir (Aktan vd., 1998).

20. yy’da soğutma, dondurma ve konserve teknikleri gelişme göstermiş olsa da, günümüzde gelişmemiş ve gelişmekte olan toplumlarda ürünleri korumak adına en pratik yöntemlerden biri olan doğal fermantasyon halen yaygın olarak kullanılmaktadır (Tamang, 2010a). Özellikle sebze ve meyvelerin bol bulundukları mevsimde fermente edilen meyve ve sebzeler turşu yapılarak az veya hiç bulunmadıkları dönemlere kadar muhafaza edilebilmektedir (Özçelik ve Ulu, 2002).

Son zamanlardaki buluşlar gıdalardaki birçok biyoaktif bileşenler antioksidan etkisiyle antioksidanlar ve hastalıklar arasındaki ilişkisinin önemini oldukça arttığını göstermiştir (Nilsson et al., 2004).

Turşu üretiminde sebze olarak kullanılan hammaddelerin dışında, su, tuz ve asitler gibi birçok yardımcı hammadde kullanılmaktadır. Turşu üretiminde su hem hammaddelerin temizlenmesi için hem de salamura yapımında kullanılmaktadır. Gıda tüketimi için kullanılacak suyun sağlık koşullarına uygun olması ve bazı kriterlere sahip olması önemlidir. Yardımcı hammadde olarak kullanılan su, sert ve fazla kireçli olmamalı, ağır metal iyonları ve kavevi özellikteki tuzlar gibi fermantasyonu önleyici maddeler ve yabancı tat ile kokuları içermemelidir. Sözkonusu maddeler ortam pH'sını yükselterek fermantasyonda etkili olması beklenen laktik asit bakterilerinin faaliyetini güçleştirdiği gibi bu bakteriler tarafından oluşturulan asidi de bağlayarak ortam asitliğinin artmasını engellemektedir (Aktan vd., 1998).

Turşu üreten gıda işletmelerinde tuzun koruyucu etkisi sayesinde kullanımı mevcuttur. Tuzun en önemli etkisi osmotik basıncı artırarak hücre geçirgenliğini artırmak ve mikroorganizma etkinliğini azaltmasıdır (Aktan vd., 1998).

Sitrik asidin halk arasında 'limon tuzu'- turunç, limon, portakal gibi narenciye türü meyvelerden izole edildiği bilinmektedir. Limon suyunda % 6-8 sitrik asit vardır, bu sebeple limondan elde edilen Kalsiyum sitrat 150 yılı aşkın bir süre sitrik asit üretimi için başlıca hammaddeyi temsil etmiştir. Sitrik asidin gıda sanayiinden geniş bir kullanım alanı mevcuttur ve turşu üretiminde (% 0,1 – 1,5), tatların iyileştirilmesinde ve rengin stabilize edilmesinde kullanılmaktadır (Aktan vd., 1998).

Laktik asit fermantasyon sırasında mikroorganizmalarda bulunan enzimler, substratları çeşitli değişimlere uğratarak; tat-koku ve görünüş açısından tüketim cazibesinin artmasını, istenmeyen öğelerin parçalanmasını, ürün kalitesinin düzelmesini, besleyici değerinin ve sindirilebilirliğinin artmasını sağlamaktadır (Ulu, 2001).

Rhee et al. (2011), laktik asit bakterilerinin fermantatif mikroorganizmaları destekleyen seçici bir ortam sağladığını ve çeşitli fermente gıdalarda arzu edilen tatları üretmekte; fermantasyonun, dünyadaki en eski gıda koruma formlarından biri olduğunu eklemişlerdir. Asidik gıda fermantasyonunun avantajları arasında mikrobiyal bozulmaya ve besin toksinlerinin gelişmesine karşı dirençli yiyecekler oluşturma, patojenik mikroorganizmaların transfer edilme olasılığını azaltılması, genel olarak hasat ve tüketimleri arasında gıdaların korunması, orijinal bileşenlerin tadını modifiye edilmesi ve çoğu zaman besin değerini iyileştirmesi (Steinkraus, 1988) bulunur ve asit-fermente sebzeler önemli vitamin ve mineral kaynaklarıdır (Rhee et al., 2011).

Turşu yapımında hammaddenin sadece renk, tat ve kokusu değil, kimyasal yapısında da önemli değişiklikler meydana gelmektedir ve tümüyle değişik görünüşte ve tada sahip ürünler ortaya çıkmaktadır (Şahin, 1997).

Turşu gibi çeşitli geleneksel fermente ürünler ülkemizde nüfusun büyük çoğunluğunun beslenmesinde önemli bir yer tutmaktadır. Artan ilgiye bağlı olarak fermente ürünlerin dünya genelinde de tüketimi artmaktadır (Acar Tek ve Karaçıl, 2013). Bu ürünlerle ilgiyi karşılamak üzere endüstriyel ölçekte sağlıklı ürünler üretmek adına daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

2.2 Hammadde Olarak Lahana Kullanımı

Lahana (*Brassica oleracea* L.), Brassica-ceae familyasına aittir. Zenginleştirilmiş fitokimyasallar ve bitki besleyicileri içerdiğinden ekonomik olarak çok önemli bir sebzedir (Gong et al., 2007). Bilinçli bir şekilde dengelenmiş antioksidanlar, fitokimyasallar ve lifler sağlıklı vücut oluşumuna katkıda bulunmaktadır (Block et al., 1992).

Lahana turşusu üretimi milattan önce 2500 yıllara dayanmakta ve gerek insan gerekse hayvan beslenmesinde kullanılmıştır. Orta Avrupa'da çok eskilere dayanan bir alışkanlıkla lahana turşusu et yemekleri yanında garnitür olarak kullanılmaktadır (Aktan vd., 1998).

Lahana, hacmi büyük olduğu için fermentasyonu için büyük ve geniş kaplarda üretimi tavsiye edilmektedir. Küçük ölçeklerde kullanıldığında küçük parçalara ayrılarak kullanılabilir ancak fazla kesme / bölme işlemi lahana yapraklarının hassas dokusuna zarar verebilmektedir (Aktan vd., 1998).

Beyaz lahananın fermentasyonu çok eskilere dayanan bir koruma yöntemidir ve taze lahanaların raf ömrü sınırlı olmasına rağmen fermente edilmiş hali (sauerkraut) uzun süre saklanabilmektedir (Wiander and Ryhänen, 2005). Bu nedenle fermentasyonun, yüksek oranda bozulabilir gıdaları korumak için hayati bir yol sağladığı bilinmektedir. Buna ek olarak laktik asit bakterilerinin diğer birçok mikroorganizmaya karşı inhibe edici olmasından dolayı fermente ürünlerin mikrobiyolojik güvenliğini sağlamada ve raf ömrünü uzatmada önemli rol oynamaktadır.

Turşu üretiminde kullanılacak lahanada aranılan en önemli özellikler dokunun sert ve rengin beyaz olmasıdır. Ancak doku sertliğinin uzun ve sert lifler ile sağlanması istenmektedir, böylece gevreklik kazanacağı, rengin ise şeffaf olmayan, camsı bir görüntü vermeyen gerçek beyaz renkte olması gerektiği belirtilmiştir (Aktan vd., 1998).

Cruciferae familyasına ait olan lahana (*Brassica oleracea L. var. Capitata*), brüksel lahanası, brokoli ve karnabahar oldukça sağlıklıdır ve özellikle lahana dünya çapında yetişen en önemli sebzelerden biridir. Ayrıca bu mahsul, sık köklü, büyük yapraklı başa sahiptir, serin mevsimlerde yetismekte ve kökeninin Batı Avrupa'dan dayandığı düşünülmektedir. Farklı yaprakların büyüklüğüne, şekline ve rengine ve başın büyüklüğü, şekli, rengi ve dokusuna göre farklı ekili lahana türleri bulunmaktadır (Singh et al., 2006).

Lahananın tek başına turşu olarak tüketimine talep günden güne artarken, içinde birçok sebzeyi barındıran türlü turşusunda da % 25-30 oranında yer almaktadır. Havuç ve karnabahar da karışık turşu içerisine katılan ürünler arasındadır. Bunlar turşuya % 5-10 oranlarında katılabilmektedirler. Türlü turşusu yapılmasında dikkat edilmesi gereken en önemli husus, karışıma girecek tüm ürünlerin önceden fermentasyon geçirmiş olmasıdır (Aktan vd., 1998). İyi bir

fermantasyonla elde edilen turşular, özellikle kalın bağırsakta olmak üzere insanlarda sağlığı koruyucu etki gösterdiği kabul edilmektedir (Şahin ve Akbaş, 2001).

2.3 Laktik Asit Fermantasyonu

Sebzelerin kendiliğinden veya doğal laktik fermentasyonu uzun bir geçmişi olan bir koruma yöntemidir. Fermantasyon başlatıldıktan sonra, fermentasyon koşulları, sebzelerin tazeliği ve kalitesi, mevcut mikroflora, fermentasyon süresi, sıcaklık, tuz tipi ve içeriği gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir (Jagannath et al., 2011). Fermente bitkisel ürünlerin çoğu laktik asit fermentasyonu ile üretildiklerinden asidik özelliklere sahiptir (Tamang, 2010a).

pH, sıcaklık, başlangıç substrat konsantrasyonu ve azot konsantrasyonu laktik asit fermentasyonu sırasında akış hızını ve dolayısıyla fermentasyon performansını etkileyen ana parametrelerdir (Zhou et al., 2003; Abdel-Rahman et al., 2016).

Endüstriyel toplumlarda çeşitli fermente gıdalar çekici aromaları ve besleyici özellikleriyle tüketiciler tarafından her geçen gün artan oranlarda tercih edilmektedir (Nout, 2001).

Turşu yapımında gerçekleşen laktik asit fermentasyonunda aktivite gösteren çeşitli mikroorganizma grupları ürünün kalitesi üzerinde belirleyici rol oynamaktadır (Özçelik vd., 1998). Her mikroorganizmanın optimum koşulları farklıdır. Sıcaklık, pH, tuz konsantrasyonu, asit kullanımı gibi faktörler mikroorganizmaların gelişimlerini etkileyen faktörler arasındadır.

Laktik asit fermentasyonu iki şekilde gerçekleştirilir:

- doğal fermentasyon (spontan fermentasyon)
- saf kültür ilave edilerek (kontrollü fermentasyon)

Spontan fermentasyon dört aşamada gerçekleşir (Şekil 2.1).

Aşamalar	Mikroflora
Başlangıç.....	Çeşitli gram (+) ve (-) bakteriler
Birincil fermantasyon.....	Laktik asit bakterileri ve mayalar
İkincil fermantasyon.....	Mayalar
Fermantasyon sonrası.....	a) Açık tanklarda; salamura yüzeyinde oksidatif mayalar, küf ve bakteriler b) Anaerobik tanklarda; mikrobiyal etkinlik yoktur.

Şekil 2.1. Turşu fermantasyonunda fermantasyon aşamaları (Aktan vd., 1998)

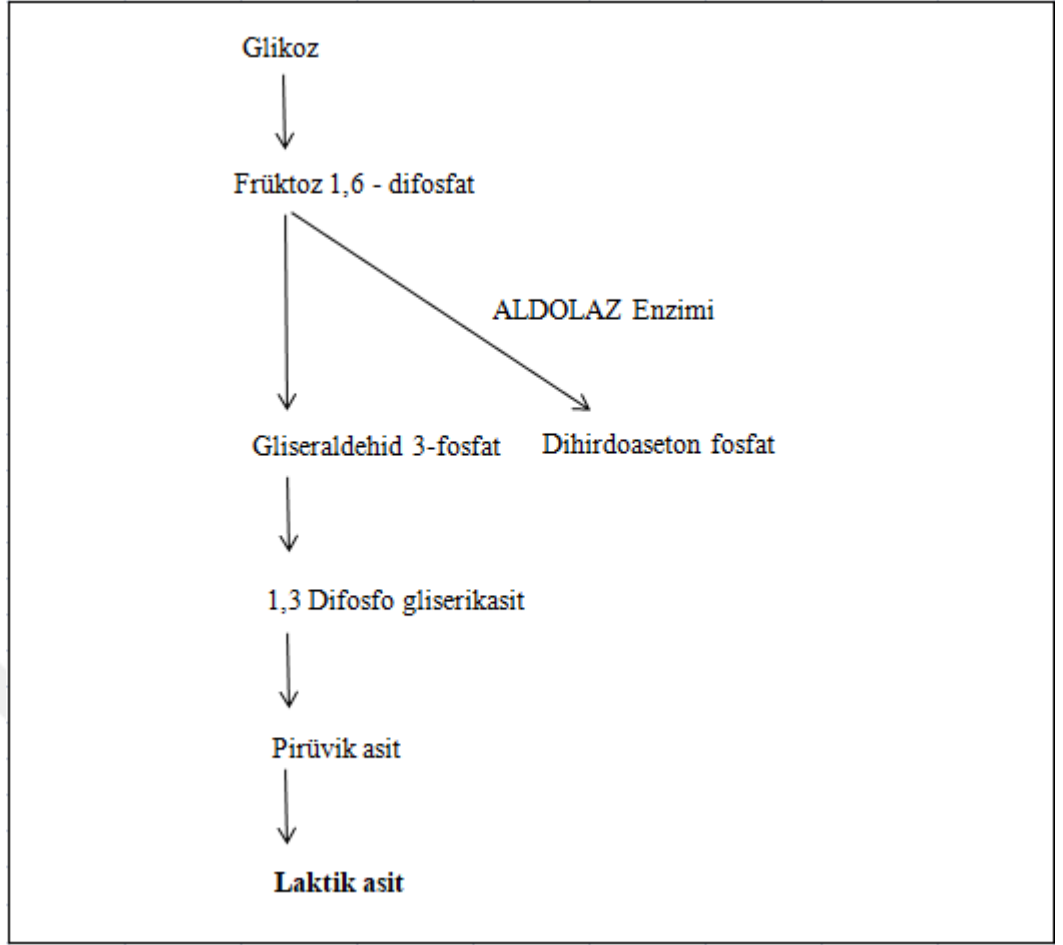
Aktan vd. (1998)'da belirtildiği gibi, **fermantasyon başlangıç aşamasında** içerisinde çeşitli gram (+) ve gram (-) bakterilerin bulunduğu, taze üründe bulunan fakültatif veya mutlak anaerobik mikroorganizmalar gelişirler. Bu arada laktik asit bakterileri de ortama hakim olarak pH'nin düşmesini sağlarken gram (-) ve sporlu bakterilerin gelişimini de engellemiş olurlar.

Birincil fermantasyon aşamasında ortamda ayrıca bazı fermantatif mayaların da bulunduğu mikrofloraya laktik asit bakterileri hakimdir. Bu mikroorganizmaların üremeleri ortamdaki şekerin tamamen kullanılması veya oluşan asit ile inhibisyonları meydana gelinceye kadar devam eder.

İkincil fermantasyon aşaması ise fermantatif mayaların geliştiği devredir. Düşük pH nedeniyle laktik asit bakterilerinin gelişmesi geriledikten sonra ortamda kalan şekeri fermente ederler.

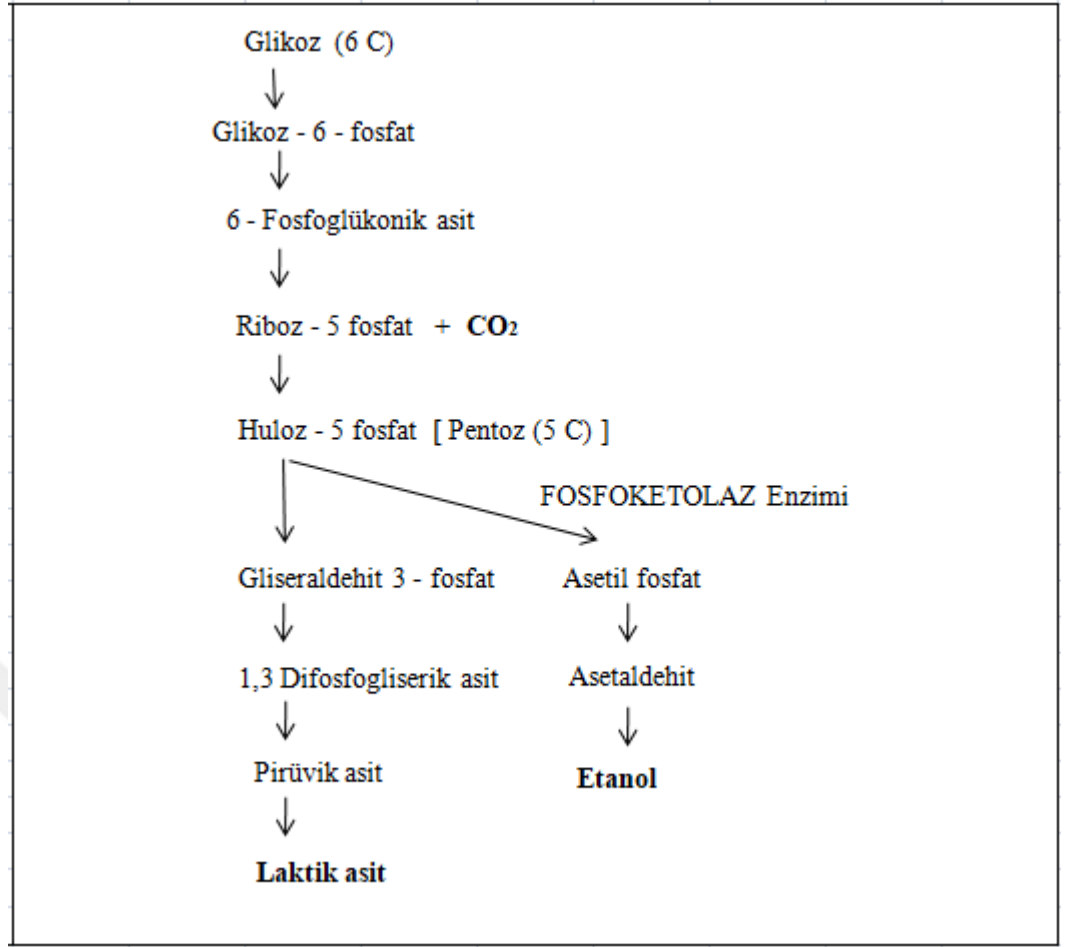
Fermantasyon sonrası aşama'da ortamda karbonhidrat kaynağı kalmadığı için anaerobik koşullarda herhangi bir mikrobiyal gelişme gözlenmez. Ancak salamura yüzeyi havayla temasta ise oksidatif mayalar, küfler ve bozulmaya neden olan bazı bakteriler ve türleri gelişebilir.

Laktik asit fermantasyonu laktik asit bakterileri ile tamamlanmaktadır. Laktik asit bakterileri ikiye ayrılır: homofermantatif laktik asit bakterileri ve heterofermantatif laktik asit bakterileri. Homofermantatif ve heterofermantatif laktik asit bakterileri tarafından glikozun laktik aside kadar yıkımı sırasıyla Şekil 2.2 ve Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.2. Homofermentatif laktik asit bakterileri tarafından glikozun laktik aside kadar yıkımı

Homofermentatif laktik asit bakterileri ile son ürün olarak laktik asit oluşmaktadır. Homofermentatif laktik asit fermantasyonunun başlangıçta alkol fermantasyonuna benzer şekilde EMP yolunu izleyerek, şekerin pirüvik aside dönüştürüldüğü ortaya konmuştur. Laktik asit bakterilerinde karboksilaz enzimi olmadığı için meydana gelen pirüvik asit dekarboksile edilerek asetaldehide dönüştürülemez. Bu bakteriler tarafından dehidrogenaz enzimi için pirüvik asit dehidre edilerek laktik aside dönüştürülmektedir (Aktan vd., 1998).



Şekil 2.3. Heterofermentatif laktik asit bakterileri tarafından glikozun laktik aside kadar yıkımı

Heterofermentatif laktik asit bakterileri ile laktik asidin yanısıra yan ürünler olarak asetik asit, etanol ve CO₂ meydana gelmektedir. Heterofermentatif laktik asit bakterileri aracılığıyla gerçekleşen laktik asit fermantasyonu daha farklıdır. Oluşan ürün yalnızca laktik asit olmadığı (etil alkol, asetik asit, gliserin, CO₂ ve früktoz fermantasyonunda mannit de oluşur) gibi şekerlerin yıkımı farklı şekilde olmaktadır. Heterofermentatif laktik asit bakterilerinde EMP yolunun izlenebilmesi için gerekli olan aldolaz ve triyozfosfatizomeraz enzimleri bulunmamaktadır (Aktan vd., 1998).

Günümüzde çok sayıda sebze ve meyvenin laktik asit fermantasyonuna uğratılarak hem dayanıklı hale getirildiği, hem de tat, koku ve kullanım bakımından farklı olan gıda maddelerine dönüştürüldüğü, buna ek olarak, laktik asit fermantasyonuna uğratılan bu sebze ve meyvelerin bol ve ucuz oldukları mevsimlerde bu yolla değerlendirilerek, taze olarak bulunmadıkları dönemlerde tüketime sunulabildiği belirtilmiştir (Çalış ve Akbulut, 1993).

2.4 Ölçek Büyütme ve Önemi

Biyoteknolojide ölçek büyütme büyük önem taşımaktadır. Laboratuvar koşullarında yapılan üretimler endüstriyel ölçekte bazı biyoteknolojik süreçlerde mikroorganizma davranışlarını varsaymak zordur. Bu nedenle ön çalışmalar, ölçek büyütme için gerekli uygulamalardır. Bazı çalışmalar laboratuvar ölçeğinin bazılarının ise endüstriyel ölçeğin tercih edildiğini göstermiştir. Laboratuvar ölçeğinde üretimde avantajlar olmasına rağmen üreticilerin yüksek miktarda üretime, gelişmekte olan sanayinin ihtiyaçlarına ve artan talebe ulaşmak için ölçek büyütme çalışmaları gerçekleştirmeleri gerekir. Bu nedenle ölçek büyütmenin önemi günden güne artmaktadır.

Ölçek büyütmede uygulamalar, biyoteknolojik prosesler için mikroorganizmaların üreme davranışları açısından önemlidir. Biyoteknolojik prosesleri ve bunların ürünlerini etkileyen birçok parametre vardır. Mikrobiyal strese maruz kalmayı mümkün olduğunca azaltmak ve metabolik bütünlüğü artırmak için optimum koşulların belirlenmesi gerekmektedir (Schmidt, 2005).

Özellikle fermantasyon işlemindeki laktik asit bakterileri için koşullar kontrollü üretim elde etmek için kritik öneme sahiptir. Günümüzde, sektördeki yatırımlar, üretim sürecini iyileştirmek ve daha sağlıklı fermantasyon performansı elde etmek için yeni teknolojiler ile yeni mikroorganizmalar ve substratlar kullanmaya odaklanmaktadır. Optimizasyon koşulları, fermantasyon proseslerindeki ölçek büyütme için bir temel oluşturabilecek niteliktedir (Kang et al., 2015).

Biyoteknolojik proseslerde beklenmedik durumlarla karşılaşmamak için proseste kullanılan ya da üretilen mikroorganizma davranışına göre ölçek büyütme koşullarının optimize edilmesi gerekmektedir.

Laktik asit fermantasyonu ile ürünlerin büyük ölçekte üretimi büyük önem taşımaktadır. Thiry and Cingolani (2002), optimizasyonun nihai ürünün verimini artırmasının beklendiğini ancak sürecin iyi üretim uygulamalarıyla uyumlu olması gerektiği belirtilmektedir. Fermantasyon işlemlerinde nihai ürüne göre farklı

mikroorganizmalar kullanılmış, bu nedenle her fermentasyon prosesinin aynı olmadığına değinilmiştir.

Fermentasyon sürecini yanlış ölçek büyütmeden kaynaklanan kötü kokular, arzu edilen başlangıç substratların kaybı, tüketicilerin rahatsızlık hissetmesi gibi problemlerin takip edildiği belirtilmiştir. Bugün ölçek büyütme problemlerine parasal kayıp, işletme güvenilirliğinin kaybı, istenmeyen düzenleyici faaliyetler ve yasal sorunlar gibi faktörlerden bir veya birkaçının eklenmesi gerekliliğine değinilmektedir (Reisman, 1993).

Fermentasyon sürecini doğrudan ve / veya ölçek büyüdükçe ortaya çıkan birçok parametre bulunmaktadır. Bu parametrelerin etkisini incelemek kolay değildir. Çünkü birçok parametre diğer parametrelerle ilişkilidir. Gaz transferi, fermentasyon süresi gibi kriterler önem taşımaktadır (González-Sáiz et al., 2009).

Her mikroorganizmanın çoğalması için uygun bir pH ve sıcaklığa gereksinimi vardır. Ortam formülasyonu, inokulum yaşı ve büyüklüğü, indüksiyon süresi, optimum sıcaklık ve pH, mikroorganizma için önemli değişkenlerdir ve bunların her biri, ayrı ayrı mikroorganizmalar için benzersizdir.

Reisman (1993), sabit orana göre ölçeklendirme girişiminde bulunmuştur. İlk sorduğu soru: ‘‘Başarılı bir ölçeklendirme neden önemlidir ?’’ Tanım gereği başarılı bir ölçek büyütme, üretim kapasitesinde öngörülebilir bir artış sağlayacak bir işlemin tasarlandığı ve inşa edildiği anlamına gelmektedir.

Liu et al. (2016), *Xanthomonas* BT-112 tarafından a-arbutin üretimi için fermentasyon prosesini ölçeklendirmişlerdir. Fermentasyonda kullanılan parametreler birim hacim başına hava akış hızı ve çark dönüş hızı olarak belirtilmiştir. Sonuçlar, suşun büyük ölçekli fermentördeki büyümesinin küçük hacimli fermentöre göre daha hızlı olduğunu göstermiştir. Çalışmada fermentasyon parametrelerinin yanı sıra yüzey aktif maddelerin etkileri incelenmiştir. Sürfaktanın etkisinin büyük ölçekte küçük skalaya göre daha etkili olduğu görülmesine rağmen fermentasyon sonunda ürün konsantrasyonunun düştüğü gözlemlenmiştir. Bu nedenle güvenli sonuçlar almak için her

parametrenin etkisinin ayrı ayrı incelenmesi ve ölçek büyütmenin adım adım takip edilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Üretim için hazırlanan birçok hammadde, ölçek büyütme doğru yürütülemediğinde israf olabilir. Girdilerin hacmi, sterilizasyon işlemi, ısı transferi, gaz kompresörleri (katkı maddeleri), zaman, hacim (kap) biyoteknolojik prosesleri etkileyen önemli parametrelerdir. Ölçek büyütme tasarımı, olası sorunların üstesinden gelmek ve / veya önlemek için büyük ölçeklerde üretime başlamadan önce yaratılmalıdır.

Fermantasyon hızı, oksijen transferini etkileyen sıcaklık, pH gibi önemli parametreler içeren birçok biyoteknolojik proses ölçek büyütmenin çalışma alanında olduğu gibi fermantasyon yolu ile laktik asit üretiminin de büyük önem taşıdığı ifade edilmiştir (de Oliveira et al., 2018; Ji et al., 2018; Augier et al., 2017; González-Sáiz et al., 2009; Liu et al., 2016).

Laboratuvar ölçeğinde üretimin avantajları olmasına rağmen, üreticilerin yüksek miktarda üretimi hedeflemesi, gelişmekte olan sanayi ve artan talebe ulaşmak gibi nedenlerden dolayı ölçek büyütme çalışmalarının gerçekleştirmesi gerekmektedir. Bu nedenle, ölçek büyütmenin önemi günden güne artmaktadır.

Lee et al. (2014), üretim sırasında büyük miktarda lahana ve havuç üzerindeki doğal florayı ortadan kaldırmak amacıyla laboratuvar ölçeğinde ve gerçek bir işlem hattında nötralize elektro suyun dekontamine etkisini incelemişlerdir. Çalışmada, ilk önce büyük ölçekte kullanılacak yöntem laboratuvar ölçeğinde denenmiştir. Büyük ölçek için uygun koşullar belirlenmiş olup daha sonra gerçek bir tesiste aynı işlemler lahana ve havuç sebzeleri üzerinde uygulanmıştır. Bizim çalışmamızda ise elde edilen sonuçlara göre, fermantasyon işlemi olmamasına rağmen ölçek büyütme ön denemelerinin önemi ortaya çıkmıştır.

Ölçek büyütme tasarımı, olası sorunların üstesinden gelmek ve / veya önlemek için büyük ölçeklerde üretime başlamadan önce yaratılmalıdır. Tüm parametrelerin etkileri önce küçük bir ölçekte anlaşılmalı ve test edilmelidir.

Biyoteknolojik süreçleri etkileyen faktörler iyi bilinir ve anlaşılırsa, başarılı bir endüstriyel ölçeklendirme gerçekleştirilmektedir.

2.5 Çalışmalar

Fermente gıdalar ve bunların arasında yer arasında yer alan turşuya talep artmakta dolayısıyla, konu ile ilgili araştırmalar giderek çoğalmaktadır. Ancak turşu yapımında taze sebze ve meyveler kullanıldığından birçok ülkede turşu yapımında elde edilen ürünler farklılık gösterebilmektedir. Turşular endüstriyel olarak üretilmekle birlikte evlerimizde de geleneksel olarak üretilmeye devam etmektedir. Özellikle ülkemizde üretilen beyaz lahana ve karışık turşular ile ilgili akademik çalışmalar kısıtlı sayıdadır.

Johanningsmeier et al. (2007) azaltılmış tuz konsantrasyonu ile üretilen beyaz lahana turşusunda starter kültürün etkisini gözlemlemek adına bir yapılmıştır. Deneylerdeki tuz oranları aynı olup (% 0,5, % 1,0 ve % 2) kontrol grubunda starter kültür kullanılmazken diğerinde kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, turşusunun kalitesinin oldukça değişken olduğuna, doğal fermentasyonda ($P < 0,05$) tuz konsantrasyonları düşürüldüğünde yumuşama istenmeyen tatların meydana geldiği ifade edilmiştir.

Wiander and Ryhänen (2005), yaptıkları çalışmada farklı üretim stratejileri kullanarak laboratuvar ölçeğinde ve endüstriyel ölçekte lahana turşusu ve turşu suyu üretimi çalışması yapılmıştır. Yaptıkları çalışmada laboratuvar ölçeğinde üretilen turşu suyunun büyük ölçeğe göre daha iyi duyu kalite özelliklerine sahip olduğunu, ayrıca büyük ölçekteki lahanaların fermentasyonu sırasında pH'taki düşüşün laboratuvar ölçeğine kıyasla yavaşladığını belirtmişlerdir. Bunun sebeplerinden biri olarak büyük ölçekte dilimlenmiş lahanaların, fermentasyon sıcaklığına laboratuvar ölçeğindeki gibi çabuk ulaşmadığı açıklanmıştır. Ayrıca fermentasyon odasında çevre sıcaklığında bazı değişiklikler olmasının da mümkün olabildiğine değinilmiştir. Hammaddelerin kalitesindeki ve mikroflorasındaki farklılıklar da fermentasyonun ilerlemesini etkilemiş olabileceği belirtilmiştir (Neish, 1952; Pederson and Albury, 1961).

Rajkumar et al. (2017) sıcak havaya ve donarak kurumaya maruz bırakılan lahanaların fiziksel özelliklerini ve uçucu madde profillerini karşılaştırmalı olarak kıyaslamışlardır. İki sıkıştırma dekompresyon döngüsünün kuvvet-yer değiştirme grafiğinden sertlik, yaylılık, yapışkanlık ve çiğnenme gibi reolojiye dayalı özellikler değerlendirilmiştir. Ayrıca renk analizi yapmışlardır. Taze beyaz lahanalar ile kurutma işlemlerine maruz bırakılmış lahanaların renk ölçümlerinde L^* değerinde anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir. A^* değeri ile ilgili olarak da iki kurutma yöntemi arasında ihmal edilebilir bir fark olduğu belirtilmiştir. Ancak taze beyaz lahanalara kıyasla, kurutulan lahanalardaki b^* değerinin daha baskın olduğu dile getirilmiştir. Bunun sebebinin ise lahanada sıkışan hücreler arası havanın klorofilin yeşilliğini engellemesi olduğu belirtilmiştir. Sükroz ile ön muamele edilmiş kurutulmuş lahana üzerine yapılan daha önceki bir çalışmada, L^* ve a^* değerlerinin 21 günlük depolama süresince kademeli olarak arttığı ifade edilmiştir (Macleod and Macleod, 1970). Bu çalışmada, duyu analizde doku değeri sıcak hava yöntemi ile kurutma işlemine maruz bırakılan lahanada 5,67 iken dondurma yöntemi ile kurutma işlemine uygulanan lahanada 6,78'dir. Bizim çalışmamız ile ilgili olarak lahanaların gerek fermente işleminde gerekse diğer fiziksel işlemlerde lahananın bulunduğu ortamın veya uygulanan ısısal işlemlerde sıcaklık göz önünde bulundurularak yapılmıştır.

Ji et al. (2018), *Schizochytrium* spp. tarafından fermentatif dokosaheksaenoik asit (DHA) üretimi için bir ölçeklendirme stratejisi geliştirilmiştir. Mikroorganizmalarla çalışırken, laboratuvar skalasında ve sınıai skalada koşulları doğrudan aynı anda sürdürmek için bazı farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Biyoreaktördeki ortamın homojenliği kültür skalasının değişmesiyle korunmadığı sürece, çözünmüş oksijen konsantrasyonları, substrat konsantrasyonu, pH, vb. gibi parametrelerin eşit olmayan şekilde dağılmasına sebep olacağına değinilmiştir. Doksaheksaenoik asit (DHA) üretimi için endüstriyel ölçekte elde edilen konsantrasyonlar açısından laboratuvar ölçeğine kıyasla daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Pérez et al. (2017), karıştırmalı bir tank reaktöründe immobilize edilmiş bir rekombinant *Pichia pastoris* hücreleri tarafından katalize edilen etkili sukroz hidrolizi için ölçek büyütme çalışması yapmışlardır. 0,5 L ve 5 L biyoreaktörleri

çalıştırmak için karıştırma hızı kriteri kullanılmıştır. Küçük bir biyoreaktörde gerçekleştirilen deneylerden elde edilen veriler, karıştırmalı tankta düzgün bir şekilde uygulanmış böylece immobilize edilmiş hücreler kontrollü bir şekilde yeniden ölçeklenerek üretilmiştir.

Pederson and Albury (1969), lahananın fermantasyonu için optimum koşulları; muntazam biçimde kesilmiş lahanaların % 2 - % 2,25 ile tuzlanması, tuzlanmış lahananın fermantasyon kabına iyice sıkıştırılması ve 18°C'de fermantasyona bırakılması olarak tanımlamışlardır. Deneyde doğal fermantasyonlarda gerçekleşen üretimde lahanalara ilave edilen tuz konsantrasyonları % 2 den % 0,5'e düşürüldüğünde ortalama sertliğin düştüğü ve fermantasyonlar arasındaki değişkenliğin arttığı ($p = 0,0051$) belirtilmiştir. Doğal fermantasyonlarda, tuzun azaltılması lahana turşusunun belirgin şekilde yumuşamasına neden olmuştur ($P < 0,001$). Daha düşük tuz ile yapılan fermantasyonların, daha az gevrek ve yumuşak lahana turşusunun elde edilmesine yol açan enzimlerin ortaya çıkmasına veya uzun süreli aktivitesine neden olduğu saptanmıştır. Fermantasyonun sonunda % 0,5; % 1 ve % 2 tuz ile hazırlanan lahana turşularında pH miktarları sırasıyla 3,49, 3,44, 3,44 ve laktik asit miktarları (mM) 144,1; 149,3; 135,3; L^* değerleri sırasıyla $66,7 \pm 1,3$; $67,2 \pm 0,9$; $63,0 \pm 1,0$; a^* değerleri $-1,44 \pm 0,29$; $-1,72 \pm 0,21$; $0,58 \pm 0,53$; b^* değerleri ise $20,7 \pm 0,3$; $21,1 \pm 0,2$; $19,1 \pm 1,2$ olarak belirtilmiştir.

Özçelik ve İç (2000), hıyar turşularının düşük tuz konsantrasyonlarında depolanmaları üzerinde bazı koşulların etkisini incelemişlerdir. Çalışmada hıyarlar %3, % 4 NaCl ve 0, 0,025 ve 0,05 M Ca-asetat içeren salamuraalarda fermente edilmiştir. Turşular, farklı sıcaklık ve sürelerde pastörize edilerek ve edilmeden depolanmıştır. Çalışma sonucunda, Ca-asetat içermeyen turşularda yumuşama gözlenirken, salamuraaya Ca-asetat ilave edilen turşularda hıyar dokusunun sertliğinde artış meydana gelmiştir. Bazı bileşiklerin ilavesi ve uygun şartların sağlanması ile düşük tuz konsantrasyonlarında bile turşuların depolanabildiği ifade edilmiştir.

Tang et al. (2014), yılında biyoyakıt üretimi üzerine ölçek büyütme çalışması yapılmıştır. Büyük ölçekli üretimde, mikroorganizmanın gelişmesi için

optimum koşulların belirlenmesinin büyük önem taşıdığı ortaya çıkmıştır. Büyük biyoreaktörlerde ve heterojen şartlarda optimal büyüme ortamlarını sürdürmenin zorluğu, hücre stresini artırabildiği ve ATP sağlamada sıkıntı yaratabildiğine dikkat çekilmiştir.

Liu et al. (2016), *Pichia pastoris* fermantasyonu için 10 L, 100 L ve 1000 L olarak üç farklı ölçeklendirme kullanılmışlardır. Tekrarlanabilirlik ve kısa indüksiyon süresi açısından en iyi sonuçlar, deneydeki en büyük ölçek olan 1000L'de elde edilmiştir. Uygulamalar sonrası, 1000 L ölçeğinin yüksek enzim aktivitesi ve yüksek enzim verimi bakımından 10 L ve 100 L ölçeğe göre daha hızlı değiştiği ifade edilmiştir. Maksimum verim 1000 L ölçeğinde elde edilmiştir.

Salmon et al. (2003), ölçek büyütme çalışmasında ileri beslemeli kontrol biyosensörlerinin, fermantasyonların ölçeklendirilmesinde faydalı olduğunu belirtmişlerdir. Böylece hücrelerin çevresel değişikliklere cevap vermelerini sağladığını belirtmişlerdir. Aerobik O₂ (oksijen) sınırlamasının fermantasyonlar sırasında asetat salgılanmasına ve glikozun aşırı tüketilmesine sebep olduğuna değinilmiştir. O₂'ye duyarlı promotorlerin, glikoz taşıyıcı genleri kontrol etmek ve hücrelerin büyük bir biyoreaktörde O₂ sınırlayıcı bölgelere taşındığında glikoz alımını "kapatmak" için kullanılabileceğini tavsiye edilmiştir.

Jing et al. (2014), laktik asit fermantasyonu sırasında kırmızı turp salamurasının fotokimyasal ve antioksidan aktivitelerini karakterize etmişlerdir. Çalışmada toplam fenolik madde, antosiyanin, flavonoid ve diğer antioksidan aktiviteleri değerlendirilmiştir. Bu değerlerin fermantasyonun 5. ve 9. günleri arasında en yüksek miktarlara ulaşıldığı görülmüştür. Buna ek olarak fermantasyonun daha erken ve daha sonraki günlerinde ise bu değerlerde azalma meydana geldiği belirtilmiştir.

Kang et al. (2015), 250 ml'lik balon ve 10 L gibi farklı ölçekler kullanılarak nötrofil aktive edici proteine *Escherichia coli* TBL'den transfer edilmiş maltoz bağlayıcı proteinin fermantasyoda izlenmiştir. *Escherichia coli*'nin büyük ölçekli biyoteknolojik uygulamalarda kullanıldığı ve kısa bir fermantasyon döngüsü nedeniyle basit ve ucuz bir ortamda büyümek için nispeten kolay olduğu

vurgulanmıştır (Hao et al., 2013). İlk önce küçük ölçekte fermentasyon koşulları optimize edilmiş ve ardından 10 L'lik fermentörde yapılan deneyler takip edilmiştir; böylece, 10 L'lik şişedeki optimizasyon şartlarının 250 ml'lik fermentasyon şartlarına dayandırılmıştır.

Inatsu et al. (2005), az fermente Çin lahanalarında patojen bakteri sayısını düşürmek için asitli sodyum klor ile bir ön yıkama çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada uyguladıkları ön yıkama işlemi ile sadece distile su ile ön yıkama işlemi gören numuneleri kıyaslamışlardır. Ön yıkama işlemi % 0,1 NaCl ve % 0,02 sitrik asit içeren solüsyon ile gerçekleştirilmiştir. Numuneler daha sonra distile su ile yıkanmış, % 3 kuru tuz ve % 7 NaCl kullanılarak 10°C'de 8 gün boyunca tuzla kürlenme işlemine bırakılmıştır. 2 günlük fermentasyondan sonra asitli sodyum klor ile ön yıkama uygulanan lahanalarda laktik asit konsantrasyonu $33,3 \pm 8,5$ µg/g ve pH $5,67 \pm 0,07$ 'ye ulaşmıştır. Distile su ile ön yıkama işlemi gören lahanalarda ise laktik asit konsantrasyonu ve pH sırasıyla $33,4 \pm 0,7$ µg/g and $5,63 \pm 0,17$ olarak saptanmıştır. Asitli sodyum klor ile yıkamanın sanitasyon etkinliği damıtılmış su ile yıkamadan 1,6 log CFU / g daha yüksek olduğu ifade edilmiştir. Asitli sodyum klor ile yıkama işleminden sonra distile su ile yıkama ile kıyaslandığında numunelerde renk, koku, tat ve dokuda belirgin bir fark gözlemlenmemiştir. Bu veriler küçük ve büyük çaptaki üretimde kullanılmıştır.

Enfors et al. (2001), fermentasyon sırasında homojen olmayan karışım ve eksik havalandırma kullanımının, endüstriyel ölçekteki üretimlerde sıcaklık ve pH değerlerinde dalgalanmaya, O₂ sınırlamalarına, substrat / ürün inhibisyonlarına ve atık birikimine (asetat gibi) neden olabileceği belirtilmiştir.

Kazancı (2008), hıyar turşusu üretiminde farklı asitlerin ve pH'ın renk stabilitesi üzerine etkisini incelemiştir. Yapılan çalışmada farklı konsantrasyonlarda CaCl₂ içeren salamuraya asit düzenleyici olarak asetik, sitrik ve laktik asitler farklı oranlarında ilave edilmiş ve ve turşular bu salamura içerisinde fermentasyona bırakılmıştır. Çalışmanın sonucunda farklı konsantrasyonlardaki salamuraların turşunun sertliği üzerinde ayırt edici etkisinin olmadığı, ayrıca turşuların renginin muhafazası ve parlaklığına en fazla etki eden bileşenin %1 konsantrasyondaki asetik asidin olduğu tespit edilmiştir.

Rhee et al. (2011), *Leuconostoc mesenteroides*'un lahanar, pancar, şalgam, karnabahar, yeşil pancar, dilimlenmiş yeşil domates, salatalık gibi birçok sebzenin, zeytinlerin ve şeker pancarı silajlarının fermantasyonunun başlatılmasında önemli rol oynadığı vurgulanmıştır (Lee, 1994; Rhee et al., 2011). Sebzelerde, *L. mesenteroides*'in hızla geliştiğini ve CO₂ ve pH'ı hızlı bir şekilde düşüren asitleri ürettiğini, böylece istenmeyen mikroorganizmaların gelişmesini ve enzimlerin aktivitesini inhibe ettiğini ve aynı zamanda sebzelerin olumsuz yumuşamasını önlediğini belirtmişlerdir. Buna ek olarak üretilen karbon dioksitin ortamı değiştirdiğini ve askorbik asidin dengelenmesini ve sebzelerin doğal renklerini destekleyen anaerobik koşullar sağladığını ifade etmişlerdir. *L. mesenteroides*, çeşitli laktik asit bakterileriyle karşılaştırıldığında, farklı bitki materyallerinde (sebze ve tahıllar) farklı sıcaklıklarda ve tuz konsantrasyonlarında nispeten hızlı gelişme gösterdiğini vurgulamışlardır. Bunun yanı sıra, büyüme sırasında, *L. mesenteroides* karbondioksit ve asitler üreterek çevrenin ve diğer laktik asit bakterilerinin büyümesini destekleyen koşulların değişmesine neden olduğunu ve benzer şekilde, *L. mesenteroides* daha sonraki aşamalarda *Lactobacillus* ve *Pediococcus* cinsine ait diğer laktik asit bakterileri için belirgin roller içerdiğini eklemişlerdir.

González-Sáiz et al. (2009), endüstriyel sirke üretimi için havalandırma ve karıştırıcı fermentörlerin ölçek büyütme çalışmasında bulunmuşlardır. Bu çalışmada, oksijen transferi, uçucu bileşiklerin sıvı-gaz transferleri ve havalandırma / karıştırma fermentörlerde endüstriyel sirke üretimi modellenmiştir. Ölçek büyütme metodolojisinin kritik noktası, parametrelerin tanımı olduğu ve aynı çevresel koşulları elde etmek ve çoğaltmak için bu parametrelerin pilot ölçeği ve endüstriyel ölçekte fermentörü arasında sabit tutulması gerekliliğine değinilmiştir. Çalışmada, fermantasyon aşamasını kapsayan kinetik modeller, reaktör modeli ve gaz-sıvı transfer modelleri geliştirilmiştir. Çalışmada, etanol konsantrasyonundaki azalıştan bağımsız olarak, havalandırmanın etkisi ön plana çıkmıştır.

Lee (2001), yaptığı kimchi üretiminde fermantasyon süresi boyunca asitlik (% toplam asitlik), pH ve indirgen şekerdeki (%) değişiklikleri incelemiş ve duyu değerlendirmeler yapmıştır. 12 günlük fermantasyon süresi boyunca pH

5,5 ve 3,5 arasında değişkenlik gösterip, sürekli bir azalma ve fermentasyonun son günlerinde sabit değerlere ulaştığı ortaya çıkmıştır. İndirgen şeker % 2'den başlayıp fermentasyon sonunda sıfırlanmıştır. Toplam asitlik ise yaklaşık % 0,2'den başlayıp fermentasyon sonunda % 1,6'lara ulaşmıştır. pH'ın ve indirgen şekerin düşük olduğu günlerde (6. günden sonra), duyuşal olarak ürünler kabul görmüş, ve asitliğin % 1,6 'ya ulaştığı dönemler 10 - 12. gün olarak saptanmıştır.

Narayanan et al. (2004), endüstriyel çapta laktik asit üretimi için ucuz hammaddeleri metabolize eden, büyük miktarlarda laktik asit üreten, düşük pH ve yüksek sıcaklık şartlarını tolere eden, en az yan ürün üreten ve düşük azot gereksinimine sahip mikroorganizmaların tercih edilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Wiander and Ryhänen (2005), düşük sodyum klorür (NaCl) ve mineral tuzları kombinasyonları ile starter kültürler kullanılarak üretilen sauerkraut ve sauerkraut suyu olarak laboratuvar ve büyük ölçekte fermentasyonu ile ilgili bir çalışma yapılmıştır. Ticari starterler olarak farklı kombinasyonlarda *Leuconostoc mesenteroides* ve *Lactobacillus plantarum* kullanılmıştır. Yapılan her iki ölçekteki denemelerde NaCl % 0,5 oranında kullanılmıştır. Fermentasyonların başlangıcında pH hızla düşerek işlemin doğru bir şekilde başlatılmasını sağladığı ve fermentasyon işlemi kontrol edilebildiğinde son ürünlerin iyi ve tek tip kalitede olması hedeflenmiştir. Sauerkraut fermentasyonu denemelerinde ticari ölçekte meydana gelen pH'taki düşüşün laboratuvar ölçeğindeki fermentasyon denemelerine göre daha yavaş olduğu ortaya çıkmıştır. Bunun bir nedeni olarak dilimlenmiş lahana karışımının laboratuvar ölçeğindeki gibi hızlı fermentasyon sıcaklığına ulaşamaması öne sürülmüştür. Fermentasyon odasında çevre sıcaklığında bazı değişikliklerin olmasının mümkün olabileceği vurgulanmıştır. Ayrıca, hammaddelerin kalite farkı ve mikroflorasındaki farklılıkların da fermentasyonun ilerlemesini etkilemiş olabileceği belirtilmiştir (Neish, 1952; Pederson and Albury, 1961).

Nagai et al. (2010), sitrik asidin metabolik değişikliklere ve komplikasyonların gelişimi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Sıçanlar üzerine yapılan çalışmanın sonucunda, sebze ve meyvelerden günlük alınan sitrik asidin

birçok hastalığa sebep olan ketozu sınırlamada ve diyabetik komplikasyonların ilerlemesinin engellenmesinde etkili olduğu belirtilmiştir. Bu çalışma ile sitrik asidin laktik asit fermentesinde kullanımı da gerçekleştirilmiştir.

Larsson et al. (1998), fırıncılıkta kullanılan mayanın üretim performansını laboratuvar ve endüstriyel ölçekte karşılaştırılması için bir çalışma gerçekleştirmiştir. Düşük ve yüksek şeker konsantrasyonunun ve oksijen konsantrasyonunun etkilerini görmek için farklı substrat ortamları kullanılmıştır. Sonuç olarak laboratuvar ortamında elde edilen sonuçları, endüstriyel çapta kullanım için optimize edilmiştir.

Franco et al. (2012), hıyarlardan ikincil fermantasyonda oksidatif maya ve bakterilerin rolünü incelemiştir. Bazı bakterilerin gelişimi ile laktik asit ve asetik asit oluşturularak ürünün pH'sı 3,5 e düşürdüğü, daha sonra diğer bakterilerin pH'yı 4,5 e çıkardığı tespit edilmiştir. Ardından bazı mikroorganizmaların aerobik metabolizmaları sonucunda laktik asit ve asetik asidi parçaladığı ve bunun sonucunda artan pH seviyesinin ise ürünlerin bozulmasına neden olduğu ifade edilmiştir. Benzer ilişkiler lahana turşularında da bulunmaktadır.

Ji et al. (2008), geleneksel Çin lahana turşusunun fermantasyonunun nitrat, nitrit ve organik asit içeriklerine etkisini gözlemlemek için bir çalışmada bulunmuşlardır. Fermantasyon için starter kültür kullanımı uygulanmış ve kontrol amaçlı doğal fermantasyon grubu oluşturulmuştur. Temel mikrobiyal, kimyasal ve duyu analizleri yapılmıştır. % 6 NaCl içeren solüsyon 4 kg lahana içeren kaplara doldurulmuştur. Sebze ve salamura oranı 40:60 (ağırlık/hacim) olarak belirlenmiştir. Doğal fermantasyonda 7 gün boyunca salamuranın pH'ı 6.43'ten 3.48'e düşmüştür ve 5 gün sonra ise pH sabit kalmıştır. Doğal ve saf kültür ile yapılan fermantasyon sırasında salamuradaki organik asit miktarında değişiklikler meydana geldiği ifade edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda 7 günlük fermantasyon sırasında malik asit dışında sitrik asit, süksinik asit, laktik asit, asetik asit gibi organik asitlerin hepsinin miktarında artış görüldüğü, malik asidin ise 4. (saf kültürlü fermantasyon) ve 5. (doğal fermantasyon) günlere kadar artıp, daha sonra azalış gösterdiği belirtilmiştir. Doğal fermantasyon sırasında en yüksek

konsantrasyonda laktik asit elde edilirken ($3.117,3 \pm 92,68$ mg/L) ikinci olarak asetik asidin ($254,6 \pm 0,07$ mg/L) elde edildiği belirtilmiştir. Buna ek olarak sırasıyla doğal ve saf kültür fermantasyonlardaki sitrik asit konsantrasyonlarının birbirine yakın olduğu görülmektedir ($255,8 \pm 95,0$ mg/L ve $268,0 \pm 94,8$ mg/L). Çin lahanasının fermantasyonu sırasında oluşan organik asitlerin, çeşitli organizmalar üzerinde inhibe edici etkisi olduğu düşünülmüştür. Fermente gıdaların düşük pH ve yüksek organik asitlerin istenmeyen mikroorganizmaların gelişimini ve enzimlerinin aktivitesini inhibe etmesi nedeniyle güvenli olduğu not edilmiştir (Lee, 1997; Özcan, 1999).

de Oliveira et al. (2018), laktik asit fermantasyonunu ekonomik açıdan değerlendirmiştir. Konuya ilişkin olarak hammadde fiyatlarının ve atık madde yönetiminin en büyük zorluklar olduğunu belirtmiştir.

Karovicová and Kohajdová (2005), çeşitli sebze suları ile laktik asit fermantasyonu çalışması yapmışlardır. Çalışmada, lahana, havuç, kereviz ve kırmızı pancar sebzelerinin farklı oranlarda kombinasyonu kullanılmıştır. Sebze sularına % 2 D-glikoz ve % 0,5 NaCl ilavesi yapılmış, *Lactobacillus plantarum* 92H ile inoküle edilmiştir. 150 saatlik fermantasyon sonunda yapılan analitik ve duyusal değerlendirmeler sonucunda, pH'ta düşüş meydana gelmiş olup, en fazla düşüşün saf lahana suyunda, daha sonra ise lahana-havuç suyunda (2:1 hacim/hacim) meydana geldiği gösterilmiştir. En yüksek laktik asit konsantrasyonunun lahana-kereviz suyunda ve lahana-kırmızı pancar suyunda ($7,96$ g dm⁻³ and $7,63$ g dm⁻³), asetik asit lahana-kırmızı pancar suyunda ($5,76$ g dm⁻³) kaydedildiği belirtilmiştir. Fermantasyon sonunda sitrik asit konsantrasyonu $0,55$ g dm⁻³ ve $1,56$ g dm⁻³ arasında değişiklik gösterdiği eklenmiştir. Duyusal sonuçlara göre tüketiciler için, saf lahana suyu ve lahana-havuç suyunun (2:1 hacim/hacim) en uygun ürünler olarak seçildiği belirtilmiştir.

Karovicová and Kohajdová (2003), lahana-soğan suyunun laktik asit fermantasyonunun duyusal ve kimyasal değerlendirmesi üzerine çalışma tamamlamıştır. Soğan suları lahana sularına % 0,05, % 0,1 ve % 0,2 oranlarında eklenmiş, daha sonra sebze sularına %2 D-glikoz ve % 0,5 NaCl ilavesi yapılmıştır. *Lactobacillus plantarum* CCM 7039 ile inoküle edilmiş ve 21°C'de

168 saat fermentasyona bırakılmıştır. Yapılan analitik analizler sonucunda en yüksek laktik asit konsantrasyonuna ($11,60 \text{ g/dm}^3$) ve duyuşal değerdendirme sonucu harmonik tat, koku ve lezzet parametrelerine bağılı olarak % 0,1 soğan suyu eklenen lahana suyunun en fazla kabul edilebilir olduğı belirtilmiştir.

Jagannath et al. (2011), beyaz lahananın kimyasal ve mikrobiyal kalitesinin geliştirilmesi için iki basamaklı kontrollü laktik asit fermentasyonu ile ilgili çalışma yürütmüşlerdir. Lahananın doğal fermentasyonunda kullandıkları salamura % 2,5 konsantrasyonunda iken, kontrollü fermentasyonda % 0,5 tuz kullanılmış ve belirli konsantrasyonda *L. mesenteroides* ile inoküle edilmiştir. Fermentasyon başında taze lahanaların pH'ının 6,5 olduğı ve bunun da % 0,3 asitliğe karşılık geldiğı belirtilmiştir. Spontan fermentasyonun 15. ve 90. gününde pH sırasıyla $4,0 \pm 0,1$ ve $3,2 \pm 0,3$, % toplam asitlik $1,2 \pm 0,1$ ve $1,8 \pm 0,3$, nem ise (% ağırlık) $93,0 \pm 0,3$ ve $94,0 \pm 0,3$ olarak verilmiştir. Ürünün uzun süre korunmasını sağılayan ve stabil kalmasını sağılayan bazı önemli homofermentatif ve heterofermentatif mikroorganizmalar, fermentasyona farklı zamanlarda farklı noktalarda katılarak sağılanmıştır. Bu ardışık değışkenliklerin; lahananın doğal ortamına, bozulmaya sebep olan organizmaları bastırmak için eklenen yüksek tuz konsantrasyonuna, fermentasyon sıcaklığı gibi çeşitli faktörlere bağılı olduğı için bu mikroorganizmaların oranı ve zamanı değışken olduğı belirtilmiştir.

Reisman (1993), biyoteknolojik üretim proseslerinin ölçeklendirilmesindeki problemleri incelemiştir. Başarılı bir ölçek büyötmeyi, ürün potansiyelinin öngöröldüğü gibi ve üründe beklenmeyen bir sonuç bulunmaması olarak tanımlamıştır. Biyoteknolojik süreçlerin benzersiz doğasının, ölçek büyötmenin zorluğunu ve karmaşıklığını ifade etmiştir. Ölçek büyötmeye çalışmalarında ortaya çıkabilecek sonuçları sıralamıştır: Arzu edilen başlangıç materyalinin firesi (hammadde, substrat), büyük hacimli ve kullanılamaz karışımların oluşturulması, istenmeyen koku ve lezzetteki ürünlerin eldesi, tüketiciler için hastalık veya rahatsızlık veren bileşiklerin oluşumudur. Reisman, proje planlamanın, büyük ölçeğe geçilmeden önce testlerin yapılmasını, biyoreaktör seçiminin doğru yapılmasını, fermentasyon / kültür proses adımlarının netleştirilmesini, havalandırmaya dikkat edilmesini, alt akım işlemlerinin uygulanmasını, temizliğe

dikkat edilmesini, her aşamanın kontrolü ve iyi bir iş organizasyonunun öneminden bahsetmiştir.

2.6 Çalışmanın amacı

Bu çalışmanın amacı, farklı fermantasyon stratejileri ile endüstriyel çapta turşu üretimi gerçekleştirmektir.

Bu amaçlar doğrultusunda;

- **Laboratuvar** ortamından **endüstriyel** ortama adaptasyon sırasında lahana turşusunda meydana gelebilecek **değişiklik** ve/veya **sorunların değerlendirilmesi ve çözüm üretilmesi**,
- Karışık turşu içinde kullanılan sebzelerin aynı kalması ancak farklı miktardaki kombinasyonları ile meydana gelebilecek değişikliklerin turşu **lezzeti ve kalitesi** üzerine etkilerinin belirlenmesi,

hedeflenmektedir.

Bu projenin üretimi küçük ölçekte laktik asit fermantasyonu ile lahana turşusu üretimi, orta ve büyük ölçekte laktik asit fermantasyonu ile lahana turşusu üretimi ve laktik asit fermantasyonu ile karışık turşu üretimi olmak üzere 3 aşamadan oluşmaktadır.

3 GEREÇ & YÖNTEM

3.1 Materyal

Çalışmada materyal olarak beyaz lahana (*Brassica oleracea* var. *Capitata*), havuç (*Daucus carota* subsp. *sativus*) ve karnabahar (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) kullanılmıştır. Lokal üreticilerden temin edilen hammaddeler bekletilmeden proseste değerlendirilmiştir.



Şekil 3.1. Beyaz lahana (*Brassica oleracea* var. *Capitata*)



Şekil 3.2. Havuç (*Daucus carota* subsp. *sativus*)



Şekil 3.3. Karnabahar (*Brassica oleracea* var. *botrytis*)

3.2 Üretim Yöntemleri

3.2.1 Küçük ölçekte laktik asit fermentasyonu ile lahan turşusu üretimi

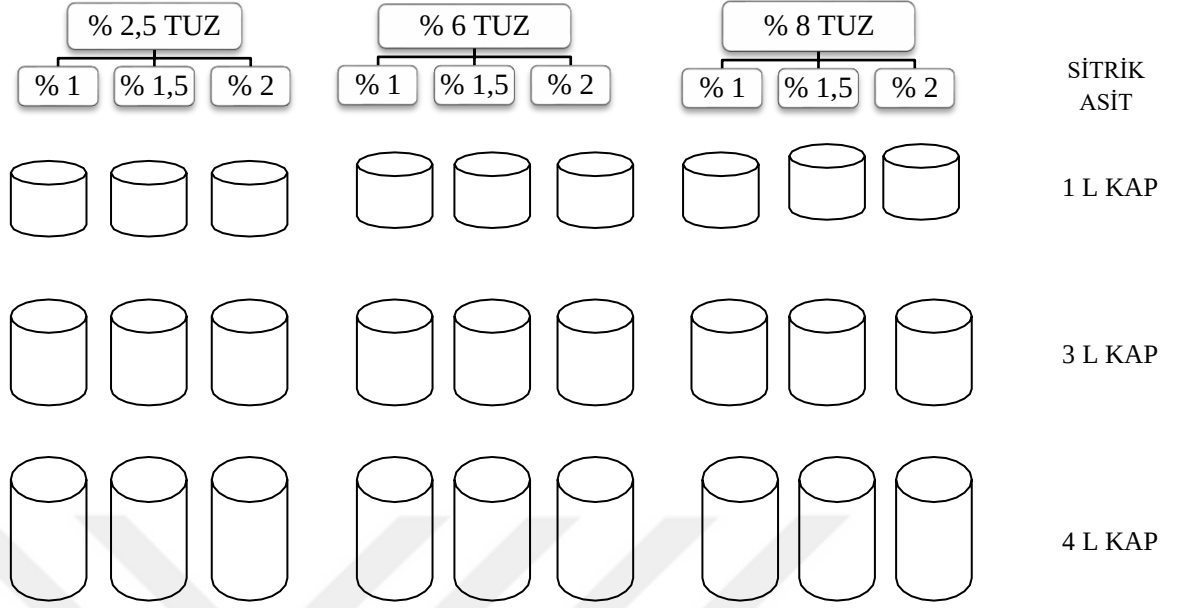
Üretim için 1L, 3L ve 4L'lik kaplar kullanılmıştır. Çizelge 3.1'de belirtildiği gibi farklı sitrik asit ve tuz konsantrasyonları kullanılarak 9 farklı kombinasyon elde edilmiştir. 3 (tuz konsantrasyonu) * 3 (sitrik asit konsantrasyonu) olmak üzere dokuz farklı formülasyonun her biri tek tek kaplarda Şekil 3.1'de gösterildiği gibi hazırlanmıştır.

Laktik asit fermentasyonu ile lahana turşusu üretimi sırasında ve fermentasyon süresi boyunca salamurada % 2,5; % 6; % 8 olacak şekilde üç farklı oranda tuz kullanımı ile son ürüne etkisi değerlendirilmiştir.

Laktik asit fermentasyonu ile lahana turşusu üretimi sırasında ve fermentasyon süresi boyunca salamurada % 1; % 1,5; % 2 olacak şekilde üç farklı oranda sitrik asit kullanımı ile ürün üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Her bir formülasyon ile 1L, 3L ve 4L olan 3 farklı hacimde ortam hazırlanmıştır.

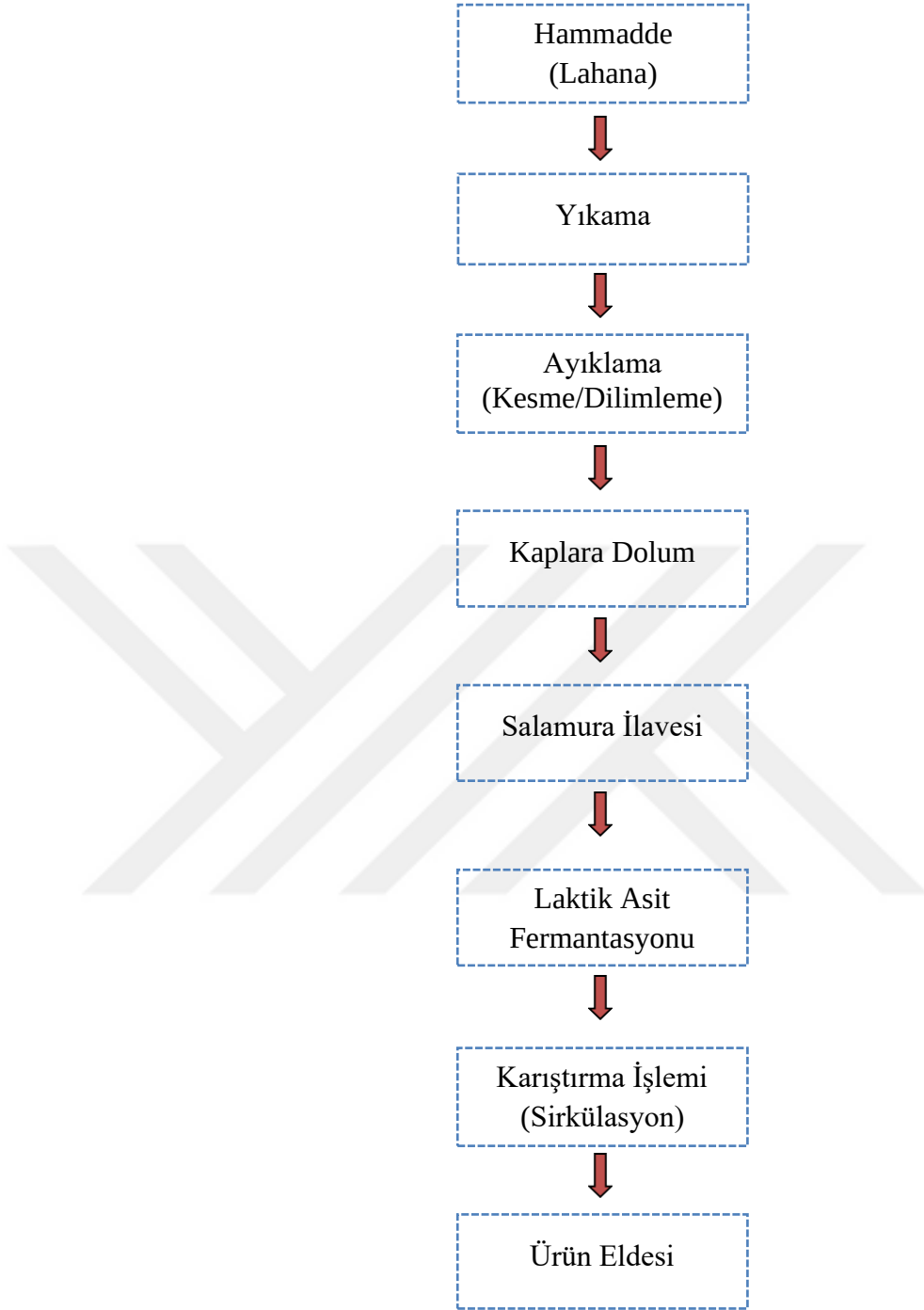
Çizelge 3.1 Salamura formülasyonları ve örneklerin isimlendirilmesi

Salamura Formülasyonları			Örnek Kodları
1. Formülasyon	% 2,5 Tuz	% 1 Sitrik Asit	1A
2. Formülasyon	% 2,5 Tuz	% 1,5 Sitrik Asit	2A
3. Formülasyon	% 2,5 Tuz	% 2 Sitrik Asit	3A
4. Formülasyon	% 6 Tuz	% 1 Sitrik Asit	4A
5. Formülasyon	% 6 Tuz	% 1,5 Sitrik Asit	5A
6. Formülasyon	% 6 Tuz	% 2 Sitrik Asit	6A
7. Formülasyon	% 8 Tuz	% 1 Sitrik Asit	7A
8. Formülasyon	% 8 Tuz	% 1,5 Sitrik Asit	8A
9. Formülasyon	% 8 Tuz	% 2 Sitrik Asit	9A



Şekil 3.4. Küçük ölçekte üretim planı

Elde edilen formülasyonlar ile Şekil 3.2'deki akım şeması takip edilerek üretimler gerçekleştirilmiştir. Temin edilen lahanalar yıkama işlemine tutulmuş ve hasarlı olan dış yaprakları ayıklanmıştır. Ardından 4 - 6 parçalar halinde kesildikten sonra farklı hacimdeki kaplara dizilmiştir. Farklı salamuralar ilave edildikten sonra laktik asit fermantasyonuna bırakılmıştır. Kaplarda oluşan gazı çıkarmak için düzenli aralıklarla sirkülasyon işlemi uygulanmıştır. Fermantasyon tamamlandığında lahana turşusu elde edilmiştir.



Şekil 3.5. Lahana turşusu üretim akış şeması

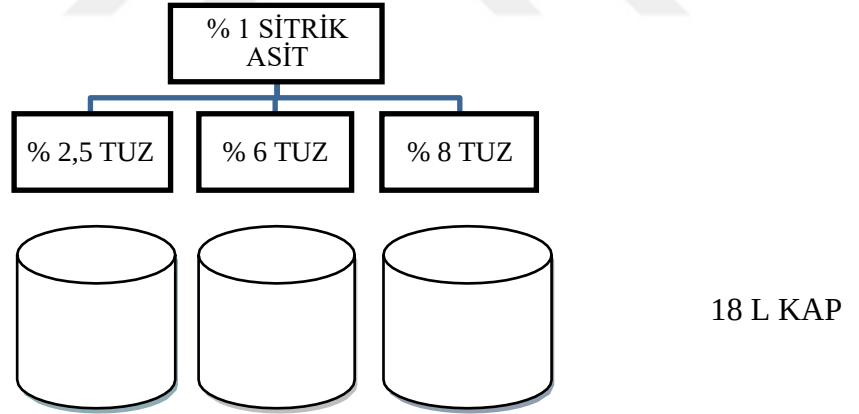
3.2.2 Orta ve büyük ölçekte laktik asit fermantasyonu ile lahana turşusu üretimi

Orta ve büyük ölçeklerde laktik asit fermantasyonu ile üretilen lahana turşuları için takip edilen üretim akış şeması Şekil 3.5'te verilmiştir. Üretimler sırasında orta ölçek olarak 18 L (kova) ve 220 L (bidon), büyük ölçek olarak 1000 L (tank) hacimleri kullanılmıştır.

Küçük ölçekte tamamlanan üretimlerin sonuçlarına göre orta ve büyük ölçekteki parametreler optimize edilerek kullanılmıştır.

3.2.2.1 18L ölçekli kaplarda laktik asit fermantasyonu ile lahana turşusu üretimi

Orta ölçek olarak kabul ettiğimiz hacimlerde salamura kompozisyonu % 1 sitrik asit, % 2,5 tuz, % 6 tuz ve % 8 tuz olacak şekilde oluşturulmuştur. Çalışma planı Şekil 3.3'te verilmiştir.

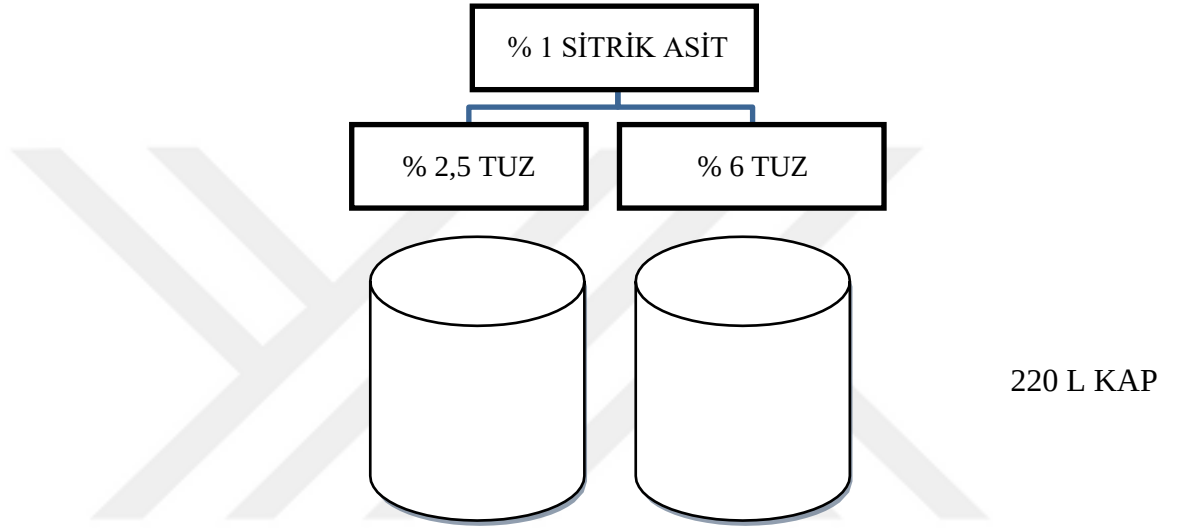


Şekil 3.6. 18 L'lik kaplarda laktik asit fermantasyonu ile lahana turşusu üretim planı

Her bir formülasyon için fermantasyon süresi boyunca örneklerde meydana gelen pH, tuz ve asitlik değişimleri takip edilmiştir.

3.2.2.2 220 L ölçekli kaplarda laktik asit fermentasyonu ile lahana turşusu üretimi

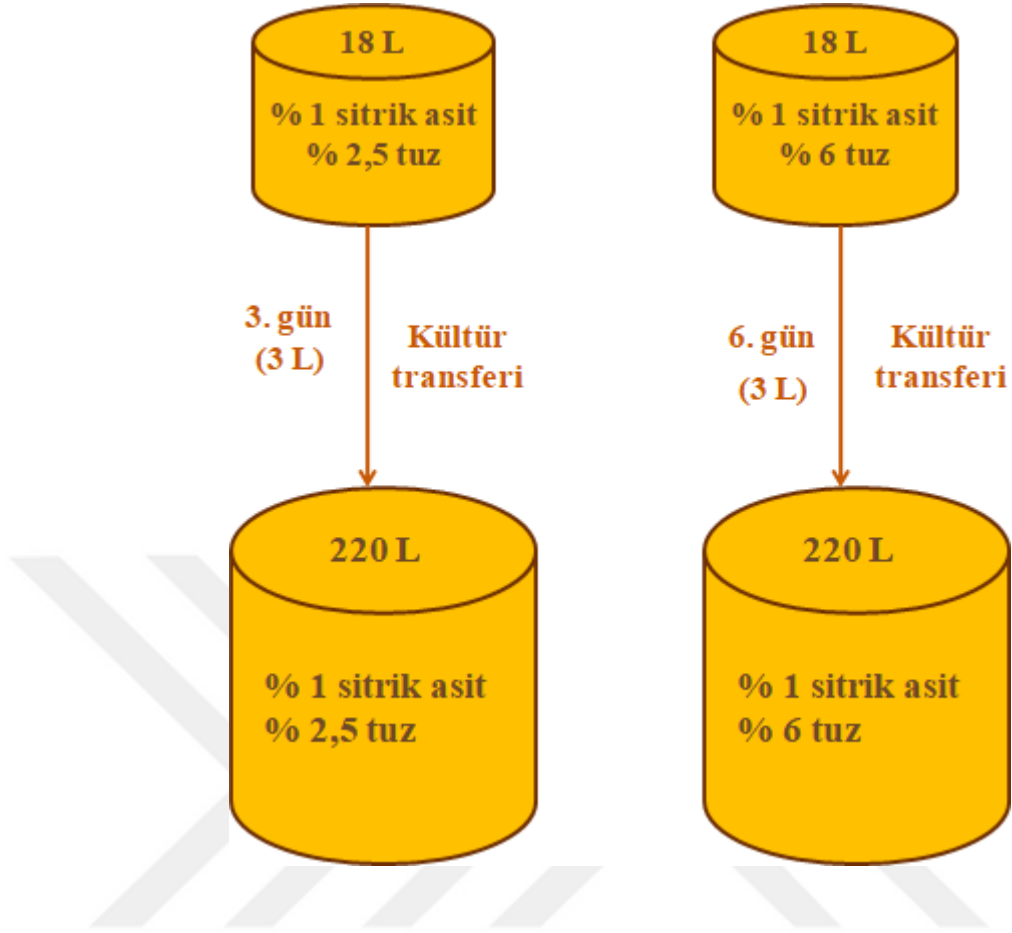
İkinci orta ölçek olarak denemelerini yaptığımız hacim 220L'lik kaplar seçilmiştir. Üretim denemesinde bir önceki ölçekten elde edilen en iyi sonuçlar ile devam edilmiştir. Salamura kompozisyonundaki % 1 sitrik asit ve iki farklı tuz konsantrasyonu (% 2,5 tuz; % 6 tuz) deneme planına dahil edilmiştir. Çalışma planı Şekil 3.4'te görülmektedir.



Şekil 3.7. 220 L'lik kaplarda laktik asit fermentasyonu ile lahana turşusu üretim planı

18 L Ölçekli Kaplardan 220 L Ölçekli Kaplara Kültür Transferi:

Orta ölçekteki 18L'lik üretim ortamlarından kültür transferi sağlamak adına, laktik asit fermentasyonu seyrinde 18L'lik kaplardan 220L'lik kaplara salamura transferi yapılmıştır. Böylece daha büyük hacimli kaplarda fermentasyon süresi kısaltılmıştır. Bu uygulama Şekil 3.8'de verilmiştir.



Şekil 3.8. 18L’lik kaplardan 220L’lik kaplara kültür içeren sıvı tranferi

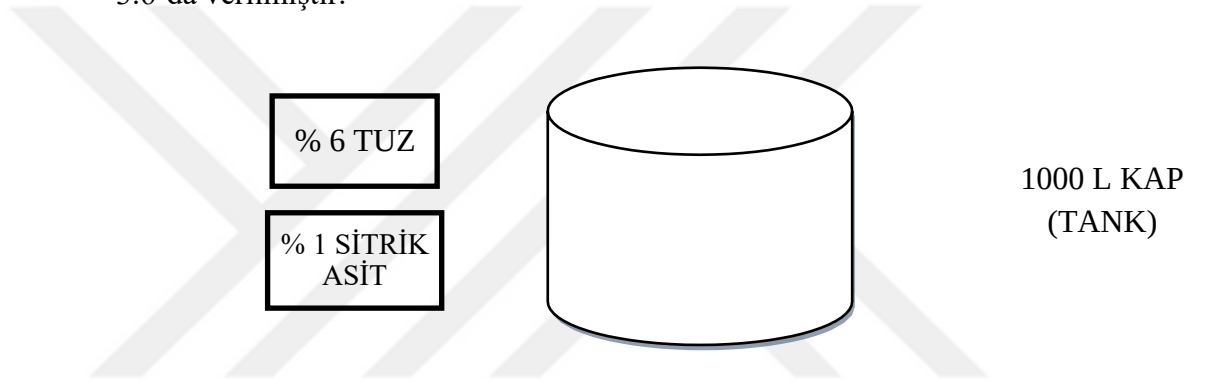
İlk olarak lahanalar 18L’lik kaplarda % 2,5 tuz ve % 1 sitrik asit içeren salamura ile hazırlanmıştır. Fermantasyonun üçüncü gününde ikinci orta ölçekteki 220L’lik kaplara başlangıç günü 3L’lik sıvı transfer edilmiştir. Her iki kabın fermantasyon süresi takip edilmiştir.

Benzer işlem % 6 tuz ve % 1 sitrik asit içeren kompozisyonlar ile de gerçekleştirilmiştir. Ancak bu kez kültür sıvısı transfer işlemi 18 L’lik kapların kurulumunun altıncı gününde gerçekleştirilmiştir. Uygulama işlemi Şekil 3.5’te verilmiştir.

3.2.2.3 1000 L kapta (tank) laktik asit fermantasyonu ile lahana turşusu üretimi

En küçük ölçekteki sonuçlar kullanılarak orta ölçekteki parametreler belirlenmiştir. Orta ölçekteki sonuçlar kullanılarak büyük ölçekteki koşullar oluşturulmuştur.

220 L'lik kaplardaki üretim sonuçlarına göre % 6 tuz kullanımı, % 2,5 tuz kullanımına göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar baz alınarak 1000L'lik kaptan (tank) laktik asit fermantasyonu ile üretilen lahana sadece % 6 tuz ve % 1 sitrik asit içeren salamura ile devam edilmiştir. Çalışma planı Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.9. 1000 L'lik kapta laktik asit fermantasyonu ile lahana turşusu üretim planı

3.2.3 Laktik asit fermentasyonu ile karışık turşu üretimi

Çalışmanın bu aşamasında her bir hammadde ile ayrı fermentasyon seyri takip edilmiştir. Elde edilen fermente sebzeler ile farklı oranlarda karışık turşu üretimi yapılmıştır. Her bir hammaddenin proses akış şeması Şekil 3.10'da verilmiştir. Karışım oranları ise Çizelge 3.2'de verilmiştir.

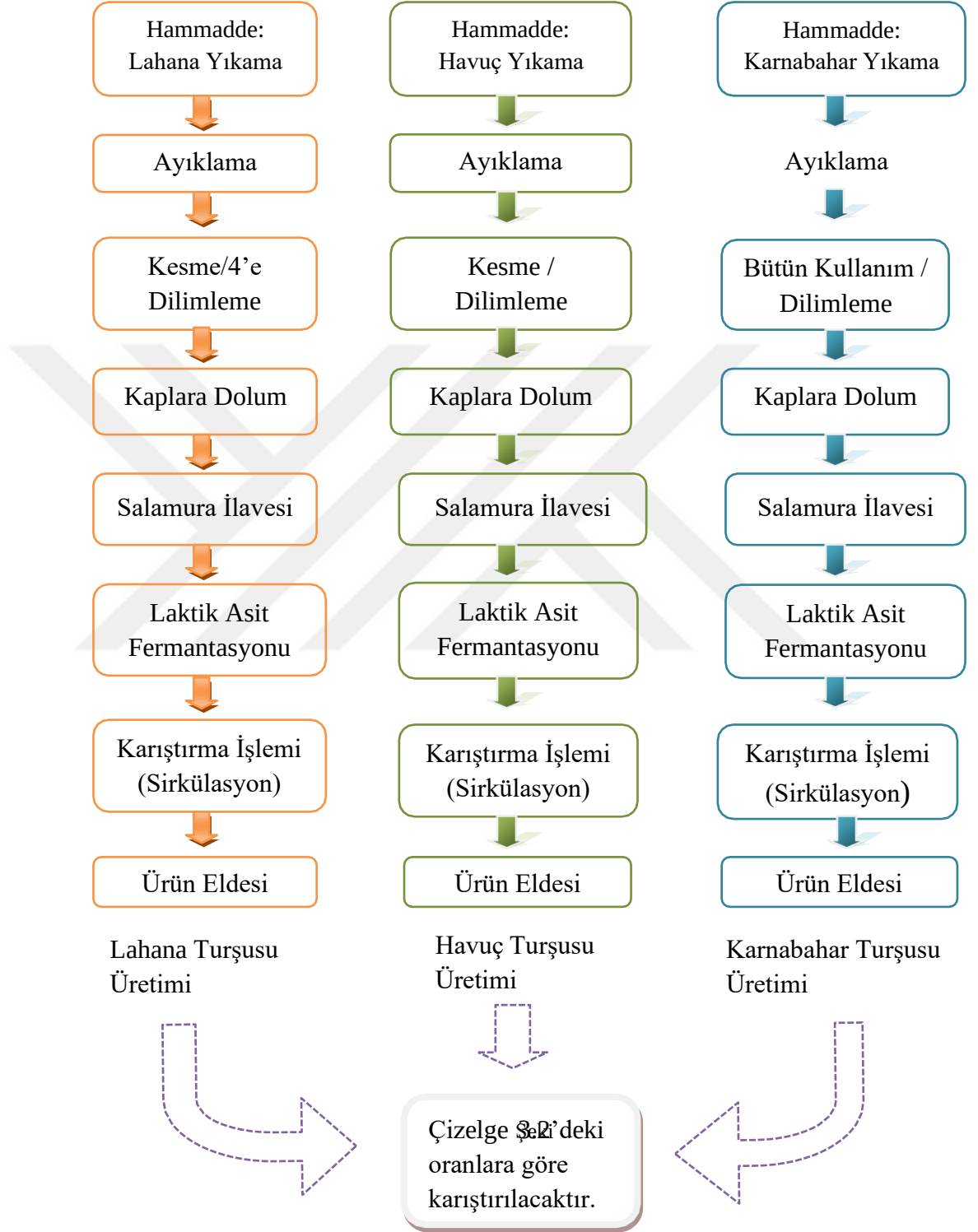
Çizelge 3.2 Karışık turşuların içerisine giren sebzelerin karışım oranları ve ürün isimlendirmeleri

örnekler	Lahana	Havuç	Karnabahar
H50L50	% 50	% 50	-
K50L50	% 50	-	% 50
H50K50	-	% 50	% 50
H33K33L33	% 33	% 33	% 33
L50H25K25	% 50	% 25	% 25
H50K25L25	% 25	% 50	% 25
K50H25L25	% 25	% 25	% 50



Laktik asit fermentasyonu ile üretilen lahana ve karışık turşu örnekleri

Şekil 3.10’da ayrı fermente yöntemi ile elde edilen karışık turşu üretiminin akış şeması yer almaktadır.



Şekil 3.10. Laktik asit fermantasyonu ile karışık turşu üretim akış şeması

3.3 Analizler

3.3.1 Genel analizler

3.3.1.1 pH tayini

pH tayini turşu örneklerinin salamuralarından 25 mL numune alınarak uygulanmıştır. Bir çözeltinin pH'sı o çözeltinin 1 litresinde mol olarak ifade edilen hidrojen iyon konsantrasyonunun (eksi) logaritmasıdır.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

pH analizi TS 11112' ye (Anonim,1990c) göre yapılmıştır.

3.3.1.2 Genel asit tayini (Titrimetrik yöntem)

Örneklerin genel asitliği titrimetrik yöntem ile analiz edilmiştir (Uylaşer ve Başoğlu, 2001).

Yöntem, gıda maddesinin normalitesi belli bir bazla titrasyonu ve harcanan baz çözeltisi miktarından da asit miktarının hesaplanması ilkesine dayanmaktadır. 0,1 N NaOH çözeltisi hazırlamak için 4 g NaOH damıtık su ile 1 L'ye tamamlanmıştır. % 1'lik fenol fitalein indikatörü hazırlamak için 1 g fenol fitalein % 95'lik etil alkol ile 100 mL'ye tamamlanmıştır. Üzerine 2-3 damla %1'lik fenolfitalein indikatörü damlatıldıktan sonra 0,1 N NaOH çözeltisi ile açık pembe renk oluşuncaya kadar titre edilmiştir. Harcanan NaOH miktarı mL olarak kaydedilmiştir.

Hesaplama

$$\% \text{ Toplam Asit Miktarı (g/100g-mL)} = [(a \cdot N \cdot \text{meq} \cdot F) / \ddot{\text{O}}] \cdot 100$$

a = Titrasyonda harcanan NaOH miktarı (mL)

$\ddot{\text{O}}$ = Örnek miktarı (mL-g)

N = Titrasyonda kullanılan NaOH normalitesi

F = Titrasyonda kullanılan NaOH faktörü

meq = Organik asidin miliekivalent ağırlığı

3.3.1.3 Tuz tayini

Tuz analizinde titrimetrik yöntem (Mohr metodu) kullanılmıştır (Anonim 2015; Aktan ve Kalkan, 2000). Örnekten 1 mL kadar 250 mL'lik bir erlenmayere alınmıştır. Belirteç olarak 1 mL %5'lik potasyum kromat çözeltisi ilave edilmiştir ve 0,1 N AgNO₃ (gümüş nitrat) çözeltisi ile kiremit kırmızı renk gözlenene kadar titre edilmiştir.

Hesaplama:

1 mL 0,1 N AgNO₃ 0,00585 g NaCl karşılıktır.

Kullanılan örnek miktarını göz önüne alarak, 100 mL'de gram NaCl (sodyum klorür) miktarı aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$\text{Sonuç (\%)} = [100 * A \text{ (mL)} * 0,00585 * F] / B \text{ (mL)}$$

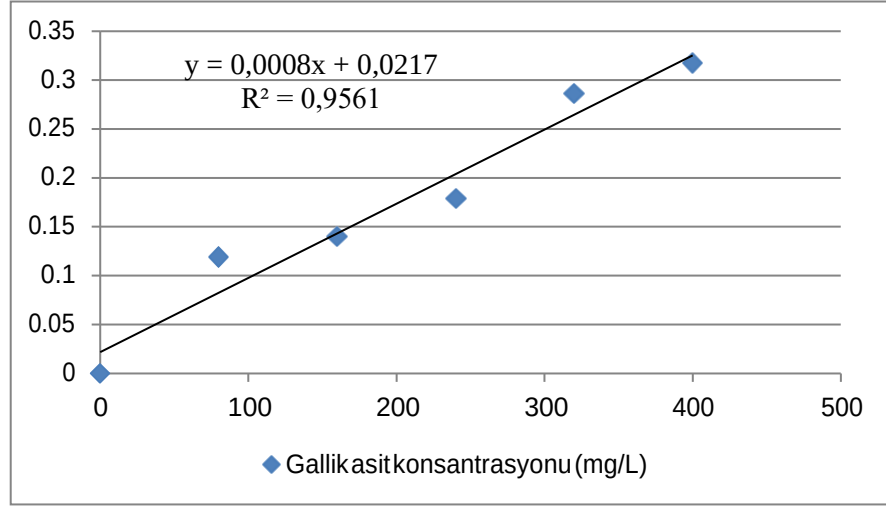
A = 0,1 N AgNO₃ çözelti sarfiyatı

B = Örnek miktarı (1 mL)

F = 0,1 N AgNO₃ çözeltisinin faktörü

3.3.1.4 Toplam fenolik madde tayini

Toplam fenolik madde tayini modifiye edilmiş Folin Ciocalteu metoduna göre yapılmıştır (Singh et al., 2002). 10 ml'lik bir balon jojenin içerisine 0,5 mL Folin-ciocalteu ile birlikte 0,1 mL örnek eklenmiş ve iyice karıştırılmıştır. 3 dakikalık bir bekleme süresinden sonra, balon jojeye 1 mL doymuş sodyum karbonat çözeltisi ilave edilmiştir. Daha sonra balon joje su ile 10 mL göstergesine kadar tamamlanmış ve 1-2 dakika kadar karıştırılmıştır. Karanlık odada 2 saat beklemeye bırakılmıştır. Son olarak numune bir spektrofotometrede 720 nm dalga boyunda okunmuştur.



Şekil 3.11. Gallik asit standart eğrisi

Standart olarak gallik asit kullanılmıştır. Kalibrasyon grafiği Şekil 3.8’de verilmiştir. Etanol ile hazırlanan sıfır konsantrasyondaki kör standart örneği ile birlikte 80, 160, 240, 320 and 400 mg/L olmak üzere farklı konsantrasyonlarda toplam altı adet standart çözeltisi hazırlanmış ve 720 nm’de spektrofotometre ile okunmuştur. Sırasıyla artarak altı farklı absorbans değeri elde edilmiştir. Örneklerin toplam fenolik madde değerleri asitlik kullanılarak elde edilmiş ve mg/100 g olarak ifade edilmiştir.

3.3.1.5 Toplam antioksidan aktivite (DPPH)

Toplam antioksidan aktivite tayini için modifikasyonlar yapılarak 1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl (DPPH) yöntemi kullanılmıştır (Yıldırım vd., 2005).

Yıldırım vd. (2005)’ın metoduna göre, 1 mM DPPH stok çözeltisi hazırlamak için 0,0394 g DPPH tartılıp 100 mL etanolde çözündürülmüştür. Bu stok çözeltisi etanol ile 1:10 oranında seyreltilmiş, böylece 0,1 mM DPPH stok çözeltisi elde edilmiştir.

2 ml 0,1 mM DPPH solüsyonu ile 100 µL örnek karıştırılmıştır. Karanlık bir odada 30 dakikalık bir inkübasyonun ardından, etanole göre spektrofotometre kullanılarak absorbans değeri 517 nm dalga boyunda okunmuştur. Kör numune kontrol olarak kullanılmıştır. Bu amaçla 2 ml 0,1 mM DPPH solüsyonu ile 100 µL etanol karıştırılmış ve kör numune hazırlanmıştır.

Serbest radikal temizleme yeteneği (%) = [(kontrolün absorbansı - numunenin absorbansı) / kontrolün absorbansı] × 100 formülü ile elde edilmiştir.

3.3.2 Spesifik analizler

3.3.2.1 Renk ölçümü

Lahana turşusu örneklerinin rengi renk ölçüm cihazı (CX1633 Model Colorimeter, Hunter Lab, ABD) kullanılarak ölçülmüştür. Rengin belirlenmesi için CIE (Commission Internationale de l' ' Eclairage) L*a*b* kolorimetri sistemi kullanılmıştır (Panagou, 2004). Örnekler ezilip homojen bir kıvama getirilmiştir. Cihaz önce standart siyah, daha sonra ise standart beyaz bir karo ile kalibre edilmiştir. Renk değerleri farklı lahana turşusu örnekleri üzerindeki dört tekrarlı okumaların ortalaması olarak ifade edilmiştir.

3.3.2.2 Tekstür analizi

Tekstür analizi için TAXT Plus cihazı kullanılmıştır (AOAC, 1984). Sonuçlar kg olarak ifade edilmiştir. Tekstür analizinde kullanılan cihaz Şekil 3.12'de gösterilmiştir.



Şekil 3.12. TAXT Plus cihazı

3.3.2.3 Kuru madde tayini

Kuru madde tayini Kılıç vd. (1991), tarafından uygulanmış yönteme göre yapılmıştır. Sonuçlar yüzde (%) olarak ifade edilmiştir.

3.3.2.4 Kül tayini

Kül tayini Cemeroğlu, (1992) tarafından uygulanan yönteme göre yapılmıştır. Sonuçlar yüzde (%) olarak ifade edilmiştir.

3.3.3 Duyusal analizler

Duyusal değerlendirmelerde ‘‘Official methods of analysis’’ metodu kullanılmıştır (AOAC, 1984). Bunun için duyusal değerlendirme formu hazırlanmıştır. Organoleptik değerlendirme için seçilen kalite özellikleri lahana turşusu ve karışık turşu için renk, sertlik (doku), lezzet ve genel izlenimi içermektedir.

Renk kriterine göre lahana turşusunda;

- 1 puan: Renk tamamen kötü, homojenlik yok,
- 2 puan: Beyazımsı renkte bozulma ve homojenlikte azalma,
- 3 puan: Kendine has beyazımsı renkte homojen, ideal turşu rengi olarak değerlendirilmiştir.

Renk kriterine göre karışık turşuda;

- 1 puan: Renk tamamen kötü, homojenlik yok,
- 2 puan: Sebzelerin kendine has renginde bozulma ve homojenlikte azalma,
- 3 puan: Sebzeler kendine has renkte, homojen, ideal turşu rengi olarak değerlendirilmiştir.

Doku kriterine göre;

- 1 puan: Çok yumuşak,
- 2 puan: Yumuşak, elastik,
- 3 puan: Orta sertlikte,

4 puan: İdeal sertliğe yakın,

5 puan: İdeal sertlikte olarak değerlendirilmiştir.

Lezzet kriterine göre;

1 puan: Kötü turşu lezzeti, aşırı yabancı tat, kabul edilemez,

2 puan: Turşu lezzetinde bozulma, aşırı yabancı tat ve koku,

3 puan: Turşu lezzetinde bozulma, hafif yabancı tat ve koku,

4 puan: İdeal turşu lezzetine yakın olarak kabul edilebilir,

5 puan: İdeal turşu lezzeti olarak değerlendirilmiştir.

Genel izlenim kriterine göre;

1 puan: Çok kötü,

2 puan: Kötü,

3 puan: Orta,

4 puan: İyi,

5 puan: Çok iyi olarak değerlendirilmiştir.

3.3.4 İstatistiksel analizler

Çalışmada elde edilen veriler SPSS IBM 25 kullanılarak yapılmıştır. Değerlendirmede % 95 ve üzeri doğruluk koşullarında, korelasyonlar ve LSD testleri (ANOVA) yapılmıştır.

4 BULGULAR VE TARTIŞMA

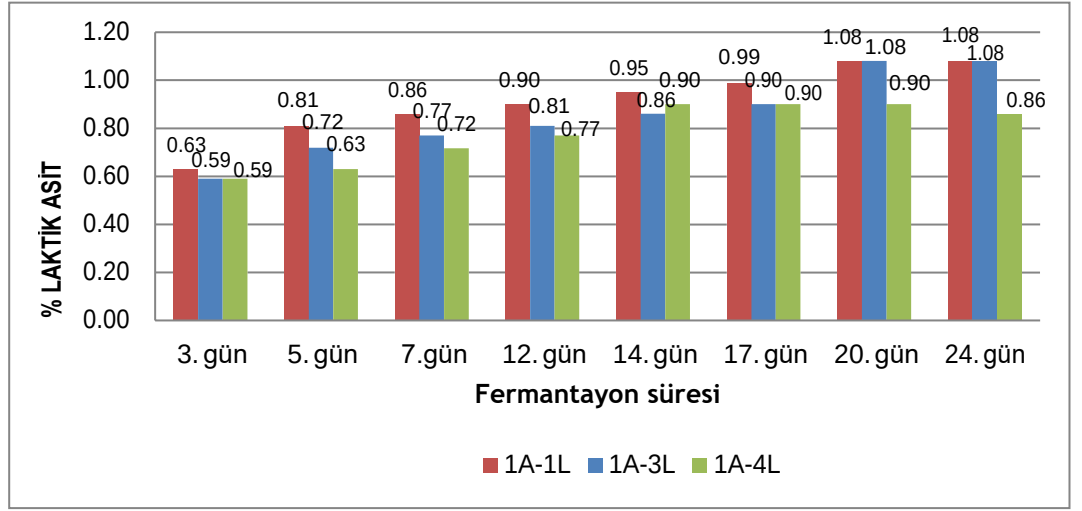
Planlanan çalışma iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Önce farklı hacimlerde üretim yapılmıştır. Onu takiben karışım çalışmasına geçilmiştir. Ürünler içerisindeki salamuranın tuz ve sitrik asit miktarına göre (formülasyonlar) isimlendirmeler yapılmıştır. İsimlendirmeler verilirken A'nın başındaki rakam formülasyon çeşidini, L'nin başındaki rakam ise üretimde kullanılan ölçeği ifade etmektedir.

4.1 Küçük Ölçekte Laktik Asit Fermantasyonu ile Lahana Turşusu Üretiminde Sonuçlar

Tablo 3.1'de gösterildiği gibi 9 farklı formülasyon kullanılarak 3 farklı ölçekte (1L, 3L ve 4L'lik petler) lahana turşusu üretimi yapılmıştır. Her bir formülasyonun farklı ölçeklerini içerecek şekilde hazırlanmıştır (1A-1L,3L,4L / 2A-1L,3L,4L / 3A-1L,3L,4L / 4A-1L,3L,4L / 5A-1L,3L,4L / 6A-1L,3L,4L / 7A-1L,3L,4L / 8A-1L,3L,4L / 9A-1L,3L,4L). üretim sırasında düzenli olarak % tuz, % laktik asit, pH takibi yapılmıştır.

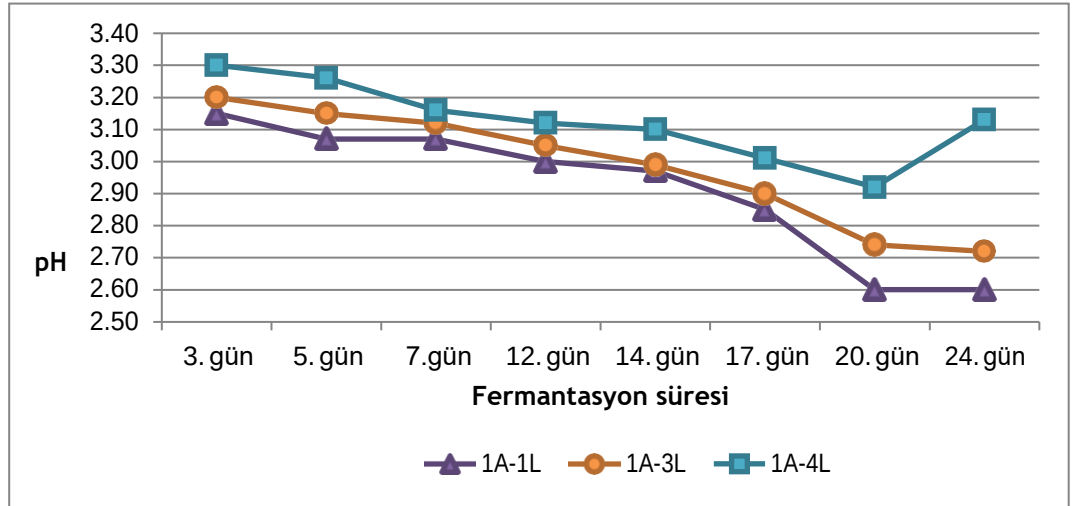
4.1.1 1A formülasyonu ile üretilen ürünler

1A örnekleri% 2,5 tuz ve % 1 sitrik asit içeren salamura ile hazırlanmıştır. Bu örnekler 1L, 3L ve 4L'lik kaplarda (pet) ayrı ayrı üretilmiştir. Üretimin başlangıcından sonuna kadar, fermantasyon boyunca salamurada meydana gelen değişimler takip edilmiştir. Laktik asit değerleri Şekil 4.1'de, pH değerleri Şekil 4.2'de ve tuz değerleri Şekil 4.3'te verilmiştir.



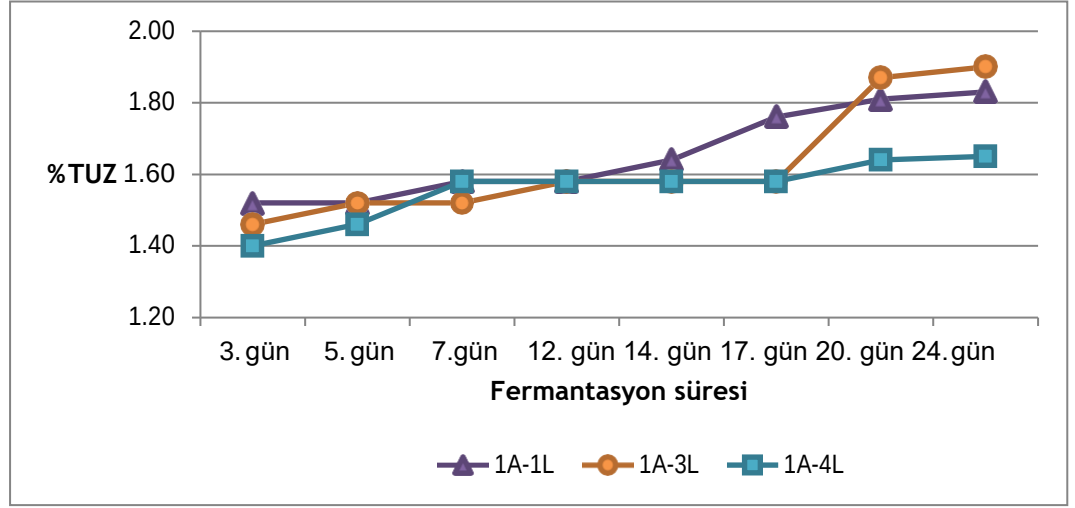
Şekil 4.1. 1A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında genel asitlik (%) değerleri

% 2,5 tuz ve % 1 sitrik asit içeren 1A-1L, 1A-3L ve 1A-4L örneklerinin laktik asit fermantasyonu ile üretimi sırasında 1L, 3L ve 4L'lik kaplarda gerçekleştirilmiştir. Fermantasyonun 24. günü sonunda genel asitlik (% laktik asit) değeri 1L ve 3L'lik kaplarda % 1,08 değerine ulaşırken, 4L'lik kapta en yüksek % 0,90 değerine ulaşp daha sonra ise % 0,86'ya düşmüştür. Yapılan bazı çalışmalarda fermantasyon tamamlandıktan sonraki depolama esnasında asitlikte azalma ve pH'ta artış olduğu ifade edilmiştir (Güven vd., 1983).



Şekil 4.2. 1A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında pH değerleri

% 2,5 tuz ve % 1 sitrik asit ile hazırlanan beyaz lahana turşularında fermantasyon boyunca istenen şekilde pH'ın azaldığı görülmektedir.

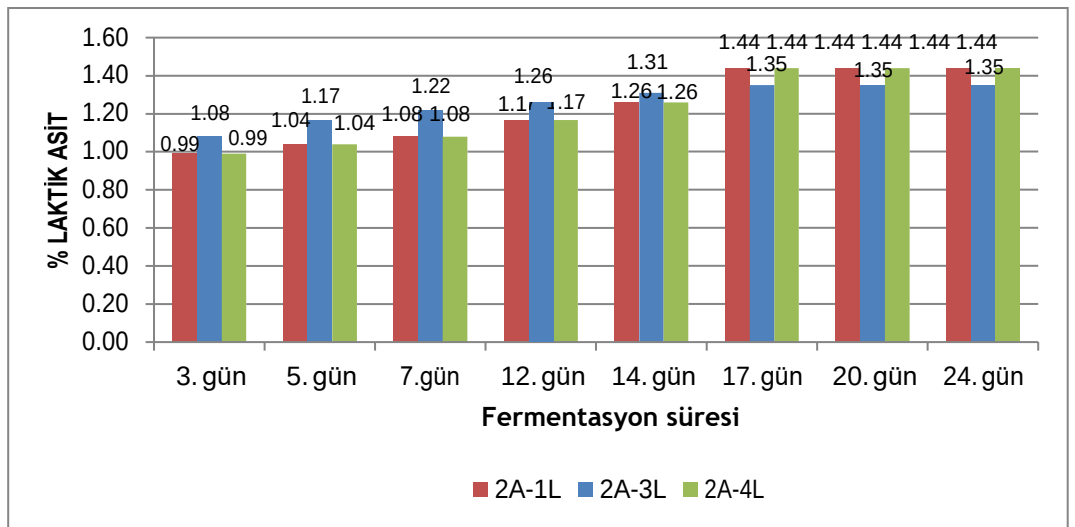


Şekil 4.3. 1A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında tuz (%) değerleri

24 günlük fermantasyon boyunca lahana turşusu salamuralarındaki tuz değişimlerinde en yüksek tuz değerine sahip olan ürün 1A-3L olduğu ortaya çıkmıştır.

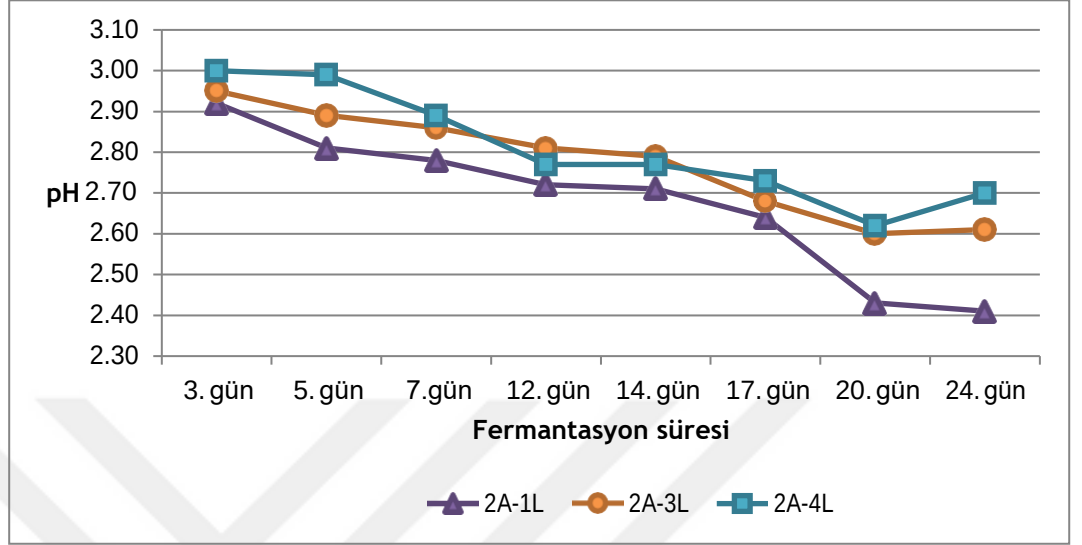
4.1.2 2A formülasyonu ile üretilen ürünler

2A numunesi % 2,5 tuz ve % 1,5 sitrik asit içeren salamura ile hazırlanmıştır. Bu numuneler 1L, 3L ve 4L'lik kaplarda (pet) ayrı ayrı üretilmiştir. Üretimin başlangıcından sonuna kadar asitlik, pH ve tuz analizleri yapılmıştır. Veriler sırasıyla Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6'da verilmiştir.



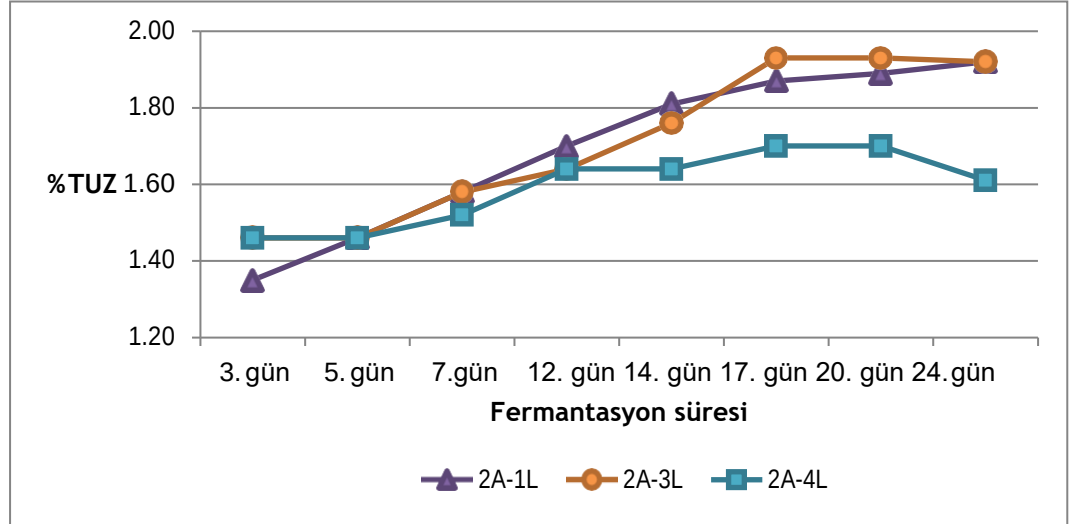
Şekil 4.4. 2A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında genel asitlik (%) değerleri

Fermantasyon sonunda en yüksek laktik asit değeri % 1,44'e ulaşılmıştır. 2A-3L örneğinin laktik asit değeri ise % 1,25 olarak bulunmuştur. Laktik asit değerleri 17. günden sonra değişmemiştir.



Şekil 4.5. 2A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında pH değerleri

pH değeri bütün örneklerde fermantasyon boyunca azalış kaydedilmiştir. 2A-4L örneğinde ise 20. günden sonra artış meydana gelmiştir. Johanningsmeier et al. (2007), farklı tuz konsantrasyonları kullanarak ürettikleri fermente lahana turşusunda fermantasyon başlamadan önce, kıyılmış lahanada pH'ın 5,7 ila 6 arasında değiştiğini, özellikle 3. günden sonra ise fermantasyon sırasında lahana turşusunun pH değerinin 3,9 – 3,2'ye düştüğünü belirtmişlerdir. Elde edilen sonuçlar bu bilgileri doğrular niteliktedir.

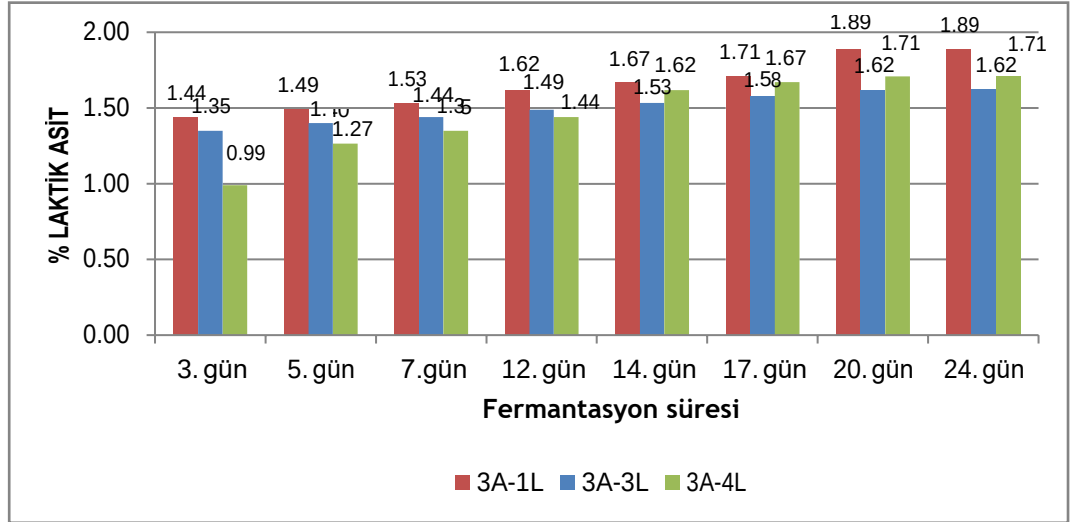


Şekil 4.6. 2A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında tuz (%) değerleri

Fermantasyon sırasında tuz değerleri takip edilmiş olup fermentasyonun seyrine etkisi incelenmiştir.

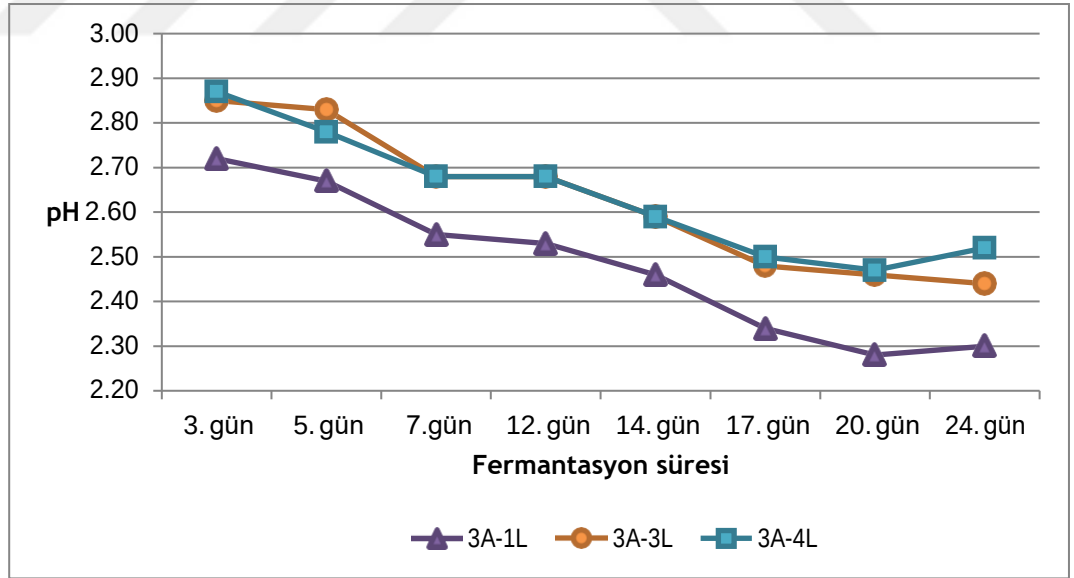
4.1.3 3A formülasyonu ile üretilen ürünler

3A numunesi % 2,5 tuz ve % 2 sitrik asit içeren salamura ile hazırlanmıştır. Bu numuneler 1L, 3L ve 4L'lik kaplarda (pet) ayrı ayrı üretilmiştir. Üretimin başlangıcından sonuna kadar, salamurada meydana gelen değişimler takip edilmiştir. Laktik asit değerleri Şekil 4.7'de, pH değerleri Şekil 4.8'de ve tuz değerleri Şekil 4.9'da verilmiştir.



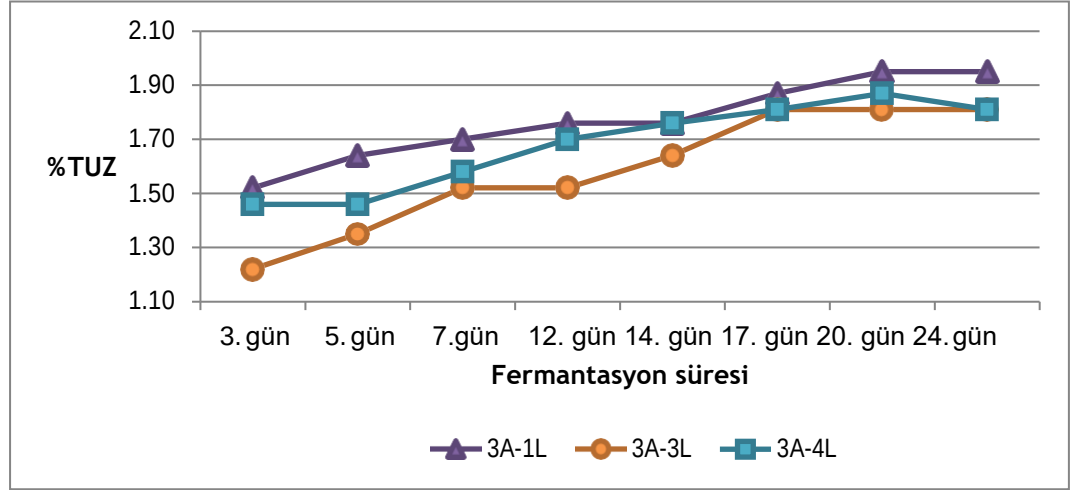
Şekil 4.7. 3A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında genel asitlik (%) değerleri

Fermantasyon boyunca genel asitlik (% laktik asit) değerleri 3A-1L, 3A-3L ve 3A-4L numuneleri için sırasıyla % 1,89, % 1,62 ve % 1,71 olarak saptanmıştır. En yüksek laktik asit değerine 1L ölçekte üretilen örnekte ulaşılmıştır.



Şekil 4.8. 3A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında pH değerleri

Farklı ölçeklerde üretilen örneklerde fermantasyon boyunca düşüş görülmüştür. En düşük pH değeri, 1L'lik ölçekteki üründe tespit edilmiştir.

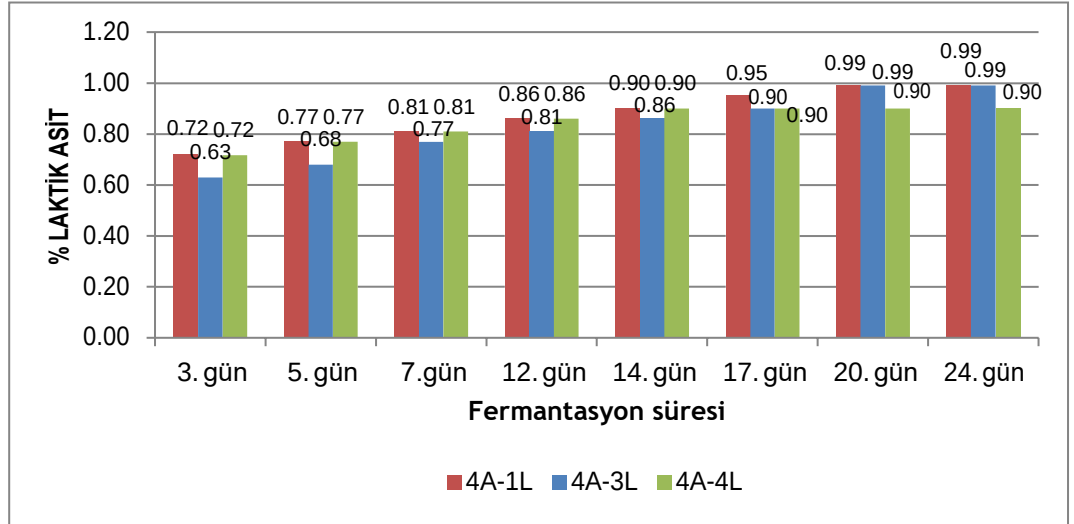


Şekil 4.9. 3A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında tuz (%) değerleri

Salamurada ulaşılan tuz değerleri fermantasyon sonunda tüm ölçeklerde birbirine yakın olmakla birlikte en yüksek değere, 1L'lik kapta üretilen 3A-1L örneğinde elde edilmiştir. Johanningsmeier et al. (2007), % 0,5 ve % 1,5 tuz kullanarak hazırladıkları fermente lahana çalışmalarında her iki tuz konsantrasyonunda elde edilen lahana turşularında pH değerlerinin birbirine benzer düşüş eğilimi gösterdiğini ifade etmişlerdir.

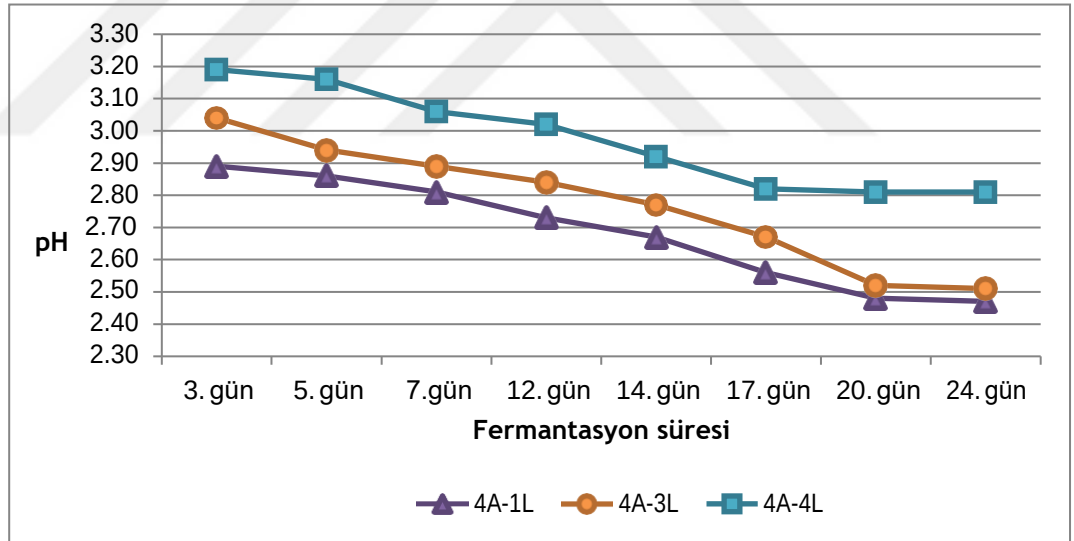
4.1.4 4A formülasyonu ile üretilen ürünler

4A numunesi % 6 tuz ve % 1 sitrik asit içeren salamura ile hazırlanmıştır. Bu numuneler 1L, 3L ve 4L'lik kaplarda (pet) ayrı ayrı üretilmiştir. Üretimin başlangıcından sonuna kadar asitlik, pH ve tuz analizleri yapılmıştır. Veriler sırasıyla Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.10. 4A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında genel asitlik (%) değerleri

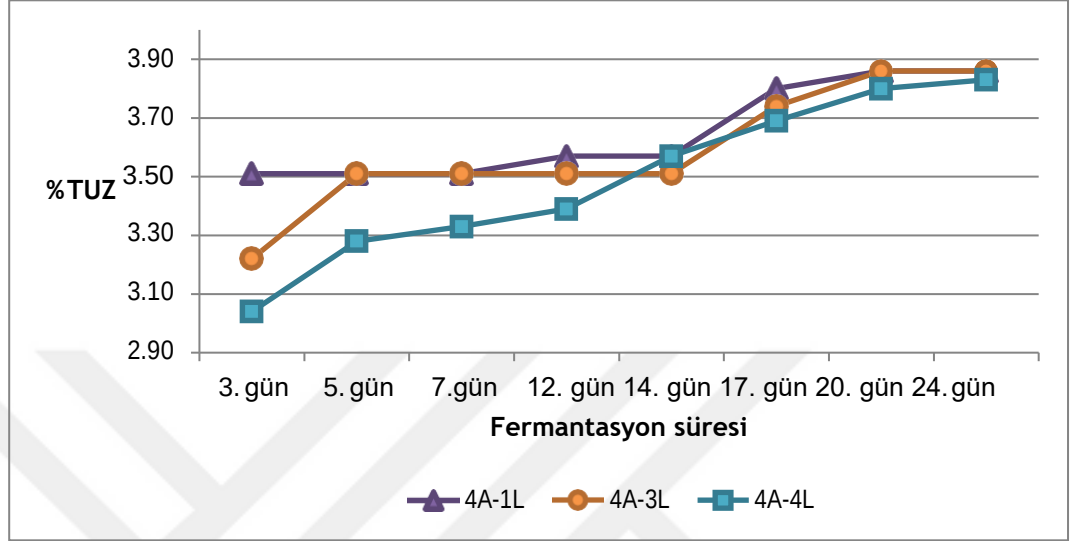
Fermantasyon boyunca 4A-1L ve 4A-3L numuneleri % 0,99 laktik asit değerine ulaşırken, 4A-4L numunesinin değeri diğerlerine göre daha düşük % 0,90 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.11. 4A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında pH değerleri

Fermantasyon boyunca pH'ta sürekli düşüşler meydana gelmiştir. Fermantasyon sonuna doğru ise değerler 1L'lik numunede sabit kalmış olup, 3L ve 4L'lik kaplardaki örneklerde hafif düşüşler meydana gelmiştir. pH'taki değişimlerin azalması ve/veya sabit kalmasından yola çıkılarak, genel asitlik değişimleri ile birlikte değerlendirildiğinde, fermantasyonun sağlıklı bir şekilde tamamlandığı sonucuna ulaşılmaktadır. Johanningsmeier et al. (2007),

fermantasyon boyunca pH'taki düşüşün sebze fermentasyonunun başarısını izlemek için bir anahtar değer olduğunu belirtmiştir.

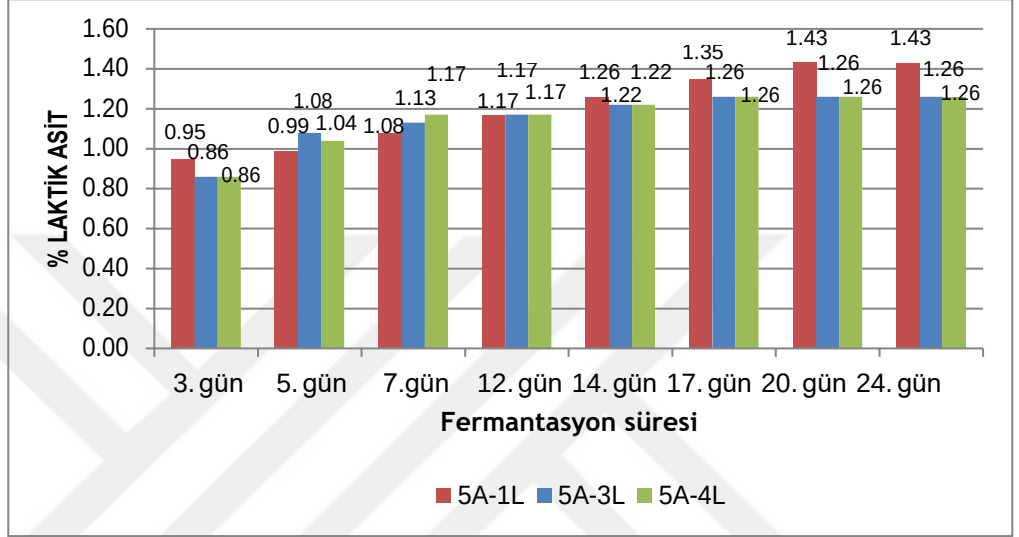


Şekil 4.12. 4A grubu örneklerinin fermentasyon sırasında tuz (%) değerleri

Her üç ürün % 6 tuz ile hazırlanmasına rağmen, fermentasyonun 3. günü ve takip eden günler boyunca salamuradaki tuz değerleri farklılık göstermektedir. Bunun sebebi her numunede, ölçüğe bağlı olarak üretilen laktik asit ve meydana gelen pH değişimlerinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Fermentasyon boyunca salamurada tuz değerleri tüm numunelerde artış göstermekte olup, üretim sonunda tüm ürünler ile hemen hemen aynı değerlere ulaşılmıştır.

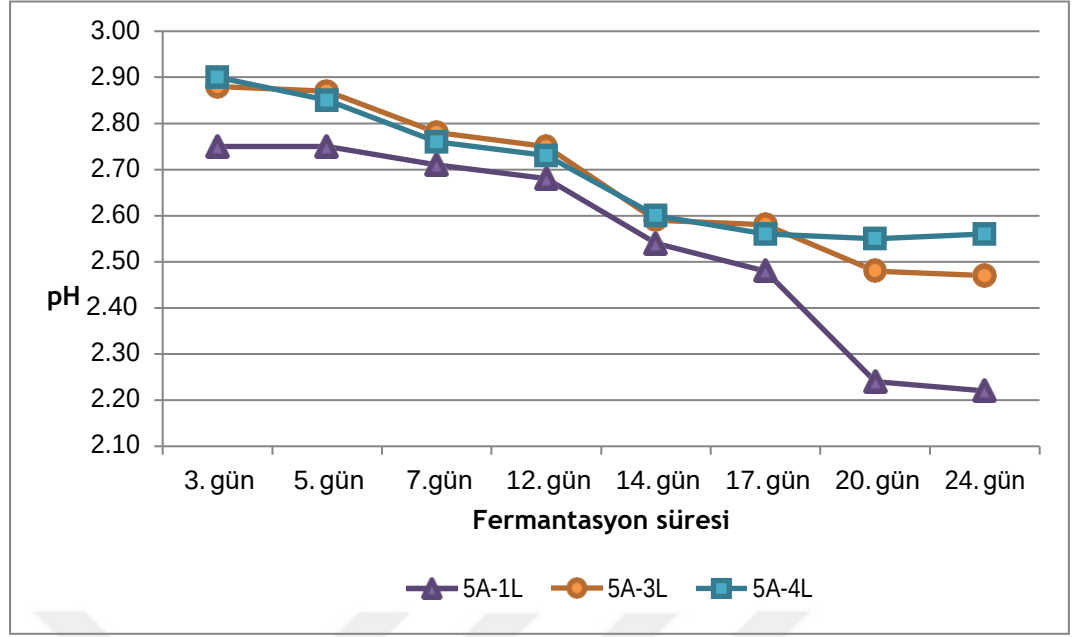
4.1.5 5A formülasyonu ile üretilen ürünler

5A numunesi % 6 tuz ve % 1,5 sitrik asit içeren salamura ile hazırlanmıştır. Bu numuneler 1L, 3L ve 4L'lik kaplarda (pet) ayrı ayrı üretilmiştir. Üretimin başlangıcından sonuna kadar asitlik, pH ve tuz analizleri yapılmıştır. Veriler sırasıyla Şekil 4.13, Şekil 4.14, Şekil 4.15'te verilmiştir.



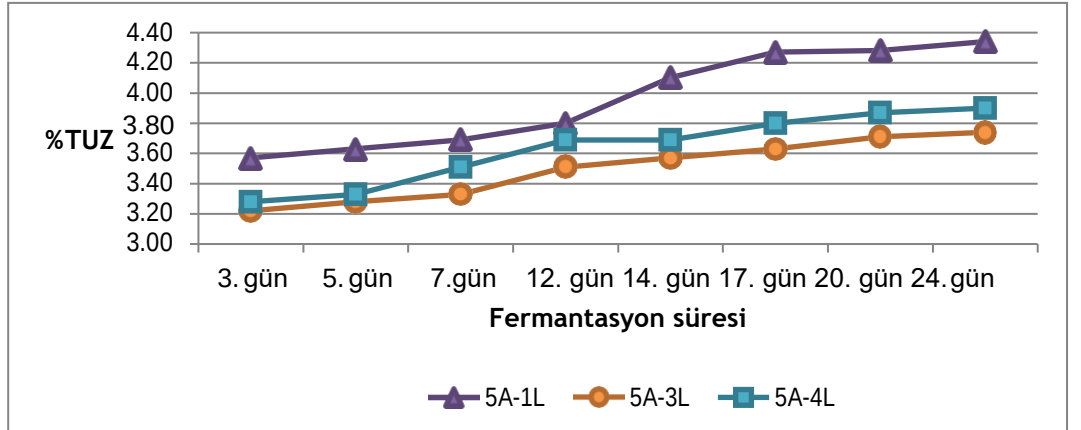
Şekil 4.13. 5A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında genel asitlik (%) değerleri

Fermantasyon sonunda en yüksek değere (% 1,43), 1L'lik kaptaki üründe ulaşılmıştır. 3L ve 4L'lik kaplardaki genel asitlik (% laktik asit) değeri ise birbiriyle aynı olup % 1,26 olarak saptanmıştır.



Şekil 4.14. 5A grubu örneklerinin fermentasyon sırasında pH değerleri

Fementasyon boyunca 3L ve 4L'lik ölçekteki pH sonuçları birbiriyle benzer sonuçlar göstermektedir. Tüm örneklerde pH'ta azalma meydana gelirken, en fazla düşüş 1L'lik kaptaki üründe meydana gelmiştir. Bu durum da hızlı laktik asit fermentasyonuna bağlanmıştır.

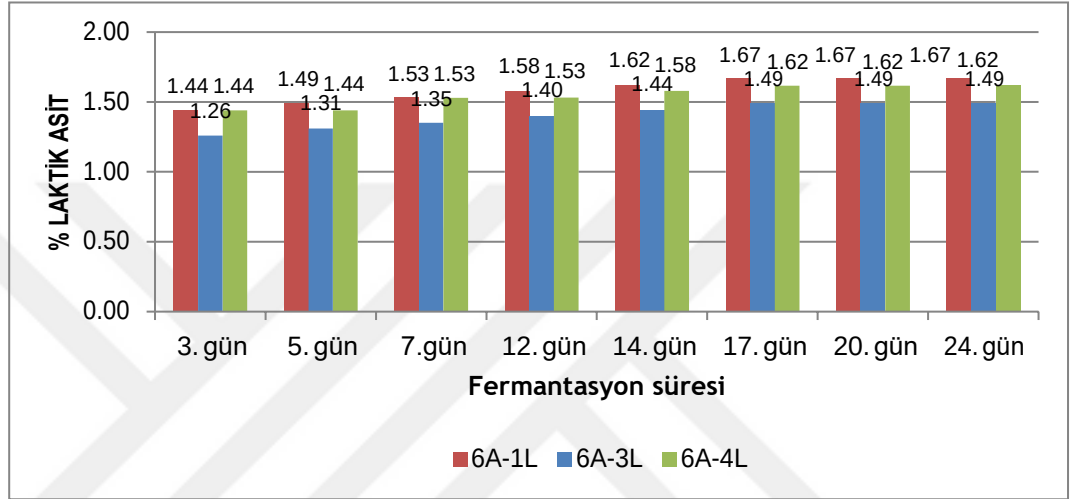


Şekil 4.15. 5A grubu örneklerinin fermentasyon sırasında tuz (%) değerleri

Fermentasyon başında 5A-3L ve 5A-4L numunelerinin tuz değerleri birbirine yakın olup, 5A-1L numunesinin tuz değeri diğerlerine göre daha yüksektir. Üstteki grafikte en düşük pH değerinin 5A-1L numunesinde olduğu belirtilmiştir. Salamuradaki tuz miktarları arttıkça pH değerleri azalma meydana gelmiştir.

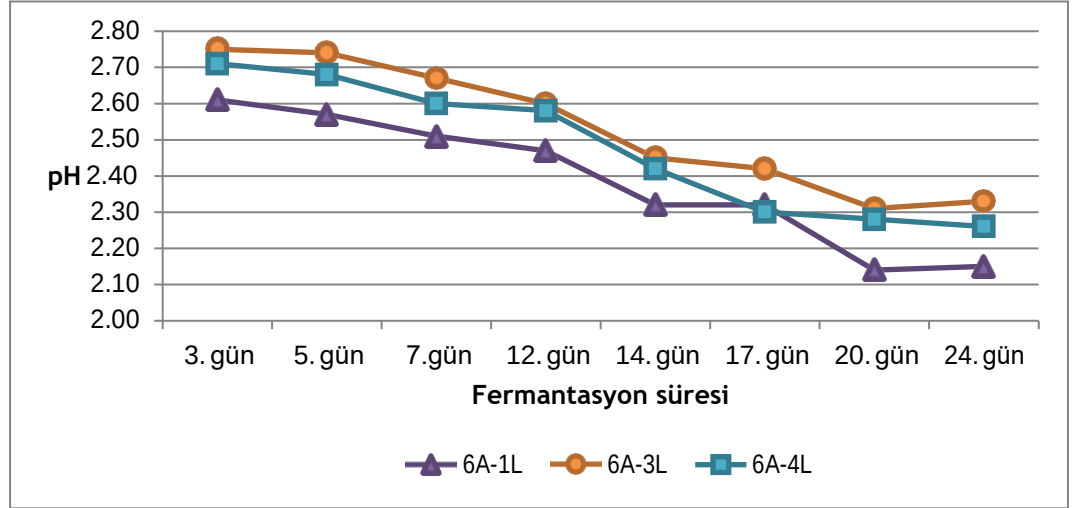
4.1.6 6A formülasyonu ile üretilen ürünler

6A numunesi % 6 tuz ve % 2 sitrik asit içeren salamura ile hazırlanmıştır. Bu numuneler 1L, 3L ve 4L'lik kaplarda (pet) ayrı ayrı üretilmiştir. Üretimin başlangıcından sonuna kadar, salamurada meydana gelen değişimler takip edilmiştir. Laktik asit değerleri Şekil 4.16'da, pH değerleri Şekil 4.17'de ve tuz değerleri Şekil 4.18'de verilmiştir.



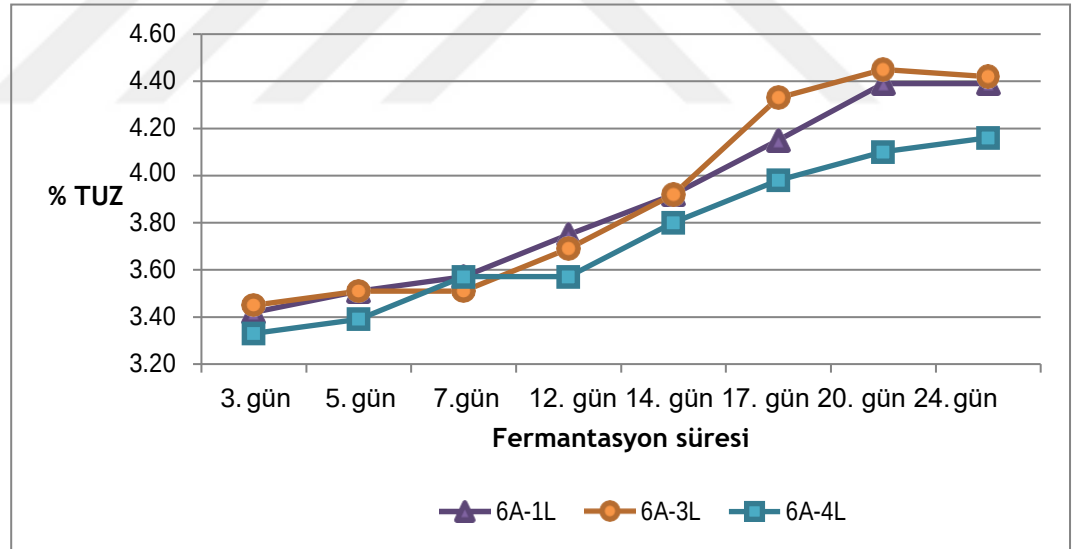
Şekil 4.16. 6A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında genel asitlik (%) değerleri

Fermantasyon sonunda en düşük asitlik değeri (% 1,49) 6A-3L örneğindedir. En yüksek asitlik değerine (% 1,67) ise 6A-1L örneğinde ulaşılmıştır.



Şekil 4.17. 6A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında pH değerleri

Fermantasyon sonunda elde edilen pH değerlerin 6A-1L, 6A-3L ve 6A-4L örneklerinde sırasıyla 2,15 ; 2,26 ve 2,33 olarak saptanmıştır.

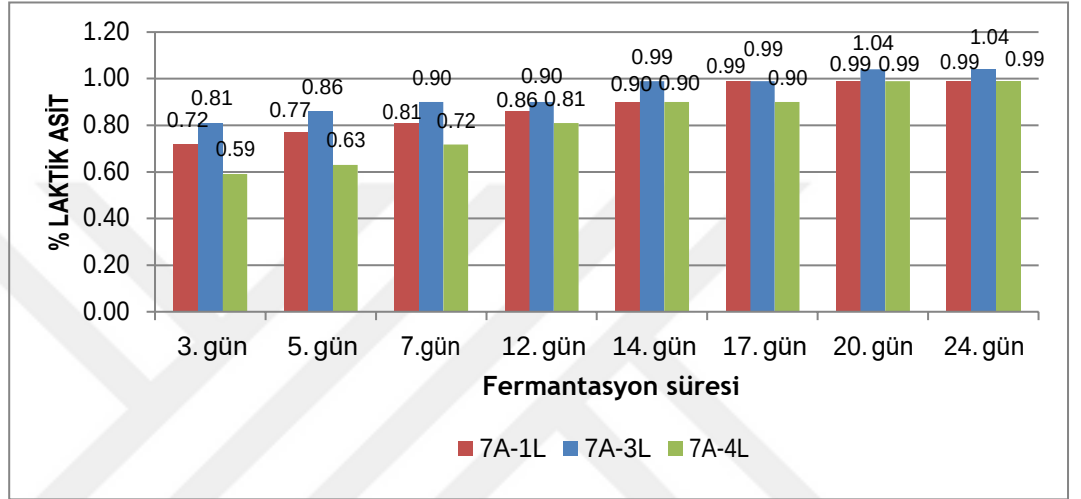


Şekil 4.18. 6A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında tuz (%) değerleri

Salamurada en az tuz değerine 6A-4L örneği sahip olarak tespit edilmiştir. Bu durum, 6A-4L örneğinde lahanaların bünyesindeki tuzun diğer numunelere göre daha fazla olabileceği olarak yorumlanmıştır.

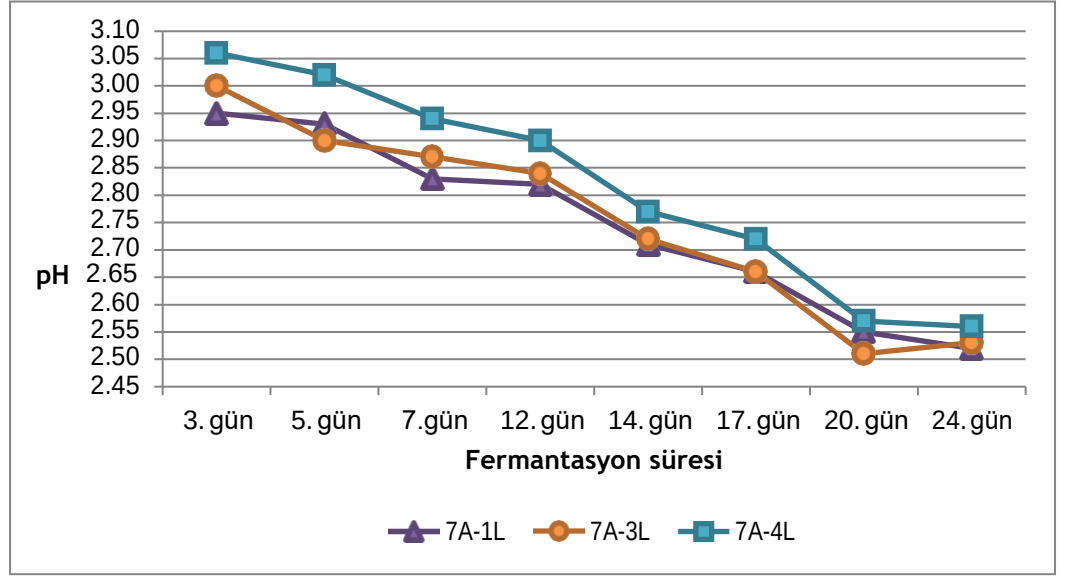
4.1.7 7A formülasyonu ile üretilen ürünler

7A numunesi % 8 tuz ve % 1 sitrik asit içeren salamura ile hazırlanmıştır. Bu numuneler 1L, 3L ve 4L'lik petlerde ayrı ayrı üretilmiştir. Üretimin başlangıcından sonuna kadar, salamurada meydana gelen değişimler takip edilmiştir. Laktik asit değerleri Şekil 4.19'da, pH değerleri Şekil 4.20'de ve tuz değerleri Şekil 4.21'de verilmiştir.



Şekil 4.19. 7A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında genel asitlik (%) değerleri

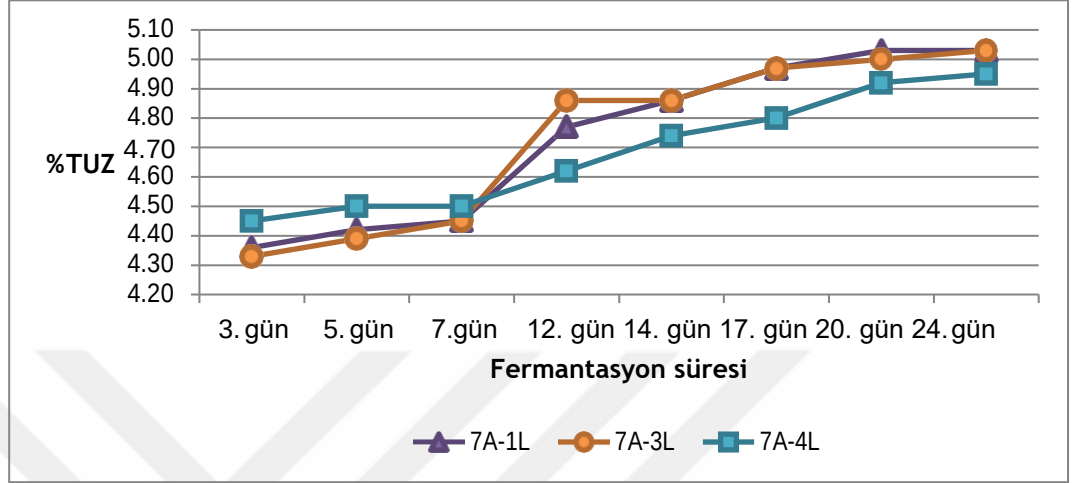
24 günlük fermantasyon süresi boyunca örneklerin genel asitlik değerlerinde sürekli bir artış meydana gelmiştir. 1L'lik kaptaki ürünün (7A-1L) laktik asit değeri % 0,72-0,99 arasında bir değişim gösterirken, 4L'lik kaptaki ürünün (7A-4L) laktik asit değeri % 0,59-0,99 arasında bir değişim göstermiştir. Fermantasyon sonunda bu her iki numune aynı asitlik değerine (% 0,99), 4L'lik kaptaki ürünündeki asitlik artışı daha fazla olmuştur. Fermantasyon sonunda en yüksek asitlik değeri, 7A-3L örneğinde tespit edilmiştir.



Şekil 4.20. 7A grubu örneklerinin fermentasyon sırasında pH değerleri

Fermentasyon boyunca pH değeri sürekli bir düşüş eğilimi göstermiştir. 7A-1L ve 7A-4L örneklerinin fermentasyon sonunda pH değerlerinde herhangi bir artış olmazken, 7A-3L örneğinin pH değerinde ufak bir artış meydana gelmiştir. Laktik asit değerleri ile beraber izlendiğinde pH değerleri, üründe laktik asit fermentasyonunun nasıl ilerlediği hakkında bilgi vermektedir. Yan et al. (2008), starter laktik asit bakteri kültürlerinin inokülasyonunun Çin paocai sebzelerinin fermentasyonunda nitrik asit konsantrasyonuna etkisini gözlemlemek adına bir çalışma yapmışlardır. Paocai fermentasyonunda sebzeler normalde % 6-8 tuz çözeltisine batırılır ve 6-10 gün boyunca laktik asit fermentasyonuna tabi tutulmaktadır (Yan et al., 2008). Fermentasyon için hammadde olarak beyaz lahana (*Brassica oleracea* var. capitata) kullanılmış ve fermentasyon için % 5' lik tuz içeren salamura hazırlanmıştır. Çalışma sonucunda fermente lahanaların pH değerlerindeki değişikliklerin fermentasyon sırasında üretilen laktik asit miktarını yansıttığı belirtilmiştir. pH değerleri fermentasyon boyunca 3,00 ile 6,00 arasında değişmiş olup, fermentasyon boyunca pH'ın düşüşü gözlenmiştir. Özellikle 3. günden sonra pH'ta ani bir düşüş meydana gelmiştir. Titre edilebilen asitlik (% laktik asit) ise fermentasyon boyunca genel olarak artmış olup (% 0,01 gibi ufak azalmalar da meydana gelmiştir), özellikle 3. gün sonu ve 4. günün başında ani bir artış meydana gelmiştir. % asitlik değeri fermentasyon boyunca 0,27 ile 0,62 arasında değişmiştir. Bizim çalışmamızda ise, beyaz lahanaların spontan laktik

asit fermentasyonu boyunca pH değerlerinde düşüş, % laktik asit değerlerinde ise artış gözlemlenmiştir.

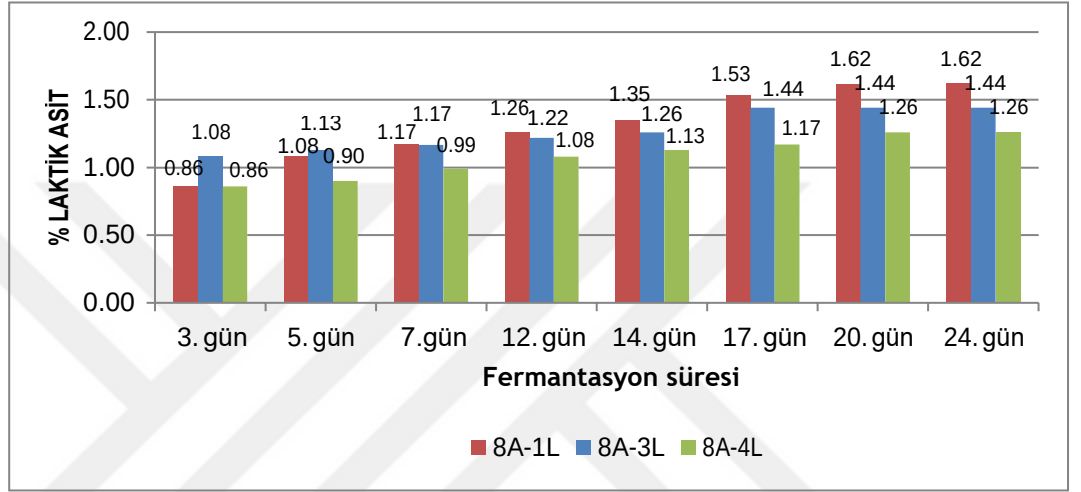


Şekil 4.21. 7A grubu örneklerinin fermentasyon sırasında tuz (%) değerleri

Salamurada fermentasyon başında tuz değeri % 4,33-4,45 arasında değişirken, fermentasyon sonunda % 4,95-5,03 arasında değişen değerlere ulaşılmıştır.

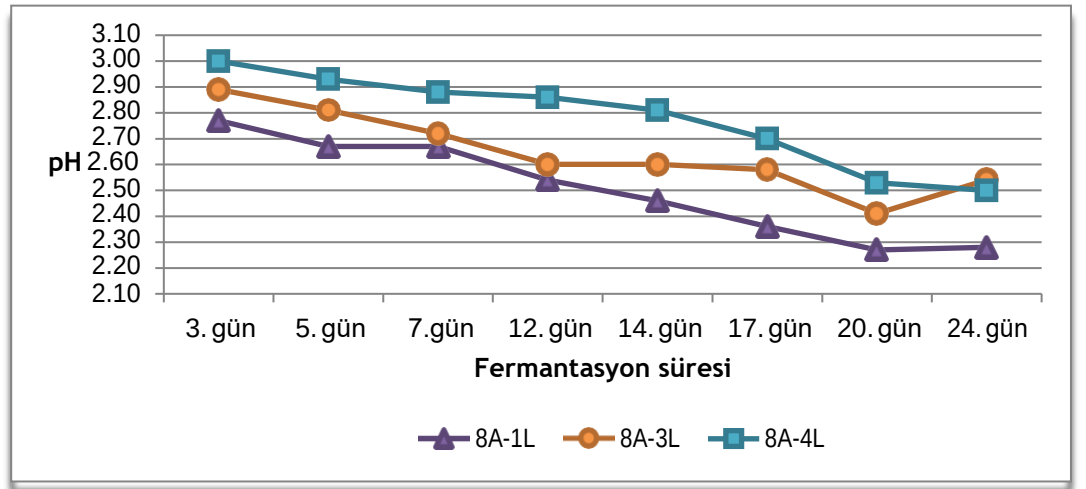
4.1.8 8A formülasyonu ile üretilen ürünler

8A numunesi % 8 tuz ve % 1,5 sitrik asit içeren salamura ile hazırlanmıştır. Bu numuneler 1L, 3L ve 4L'lik petlerde ayrı ayrı üretilmiştir. Üretimin başlangıcından sonuna kadar, salamurada meydana gelen değişimler takip edilmiştir. Laktik asit değerleri Şekil 4.22'de, pH değerleri Şekil 4.23'te ve tuz değerleri Şekil 4.24'te verilmiştir.



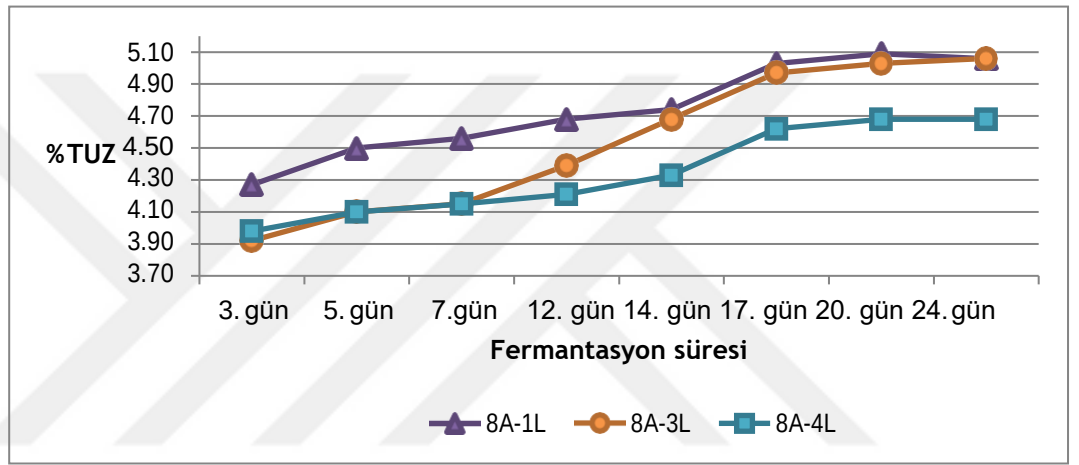
Şekil 4.22. 8A grubu örneklerinin fermentasyon sırasında genel asitlik (%) değerleri

Laktik asit fermentasyonu ile üretilen beyaz lahana turşularında genel asitlik sonuçları (% laktik asit) sıralaması 8A-1L, 8A-3L ve 8A-4L örneklerinde sırasıyla $1,62 > 1,44 > 1,26$ olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.23. 8A grubu örneklerinin fermentasyon sırasında pH değerleri

Laktik asit sonuçları ile paralel olarak en düşük pH değeri ve en yüksek asitlik değeri 8A-1L numunesinde tespit edilmiştir. Laktik asit sonuçları sürekli bir artış eğilimi gösterirken, pH değerleri azalma ve asitlik yönünde artma eğilimindedir. Bu pH değerindeki düşüş, ortamın asitliğinin artışının bir göstergesidir. Fermantasyon sonunda 8A-4L örneğindeki pH değerindeki değişim çok küçük iken, 8A-3L örneğinin pH değerinde asitliğin tersi yönünde bir artış meydana gelmiştir. Bu artış, fermantasyonun olumsuz olarak etkilendiğinin, ya da fermantasyon ortamında istenmeyen mikroorganizmaların oluşmuş olabildiği sonucunu düşündürmüştür.

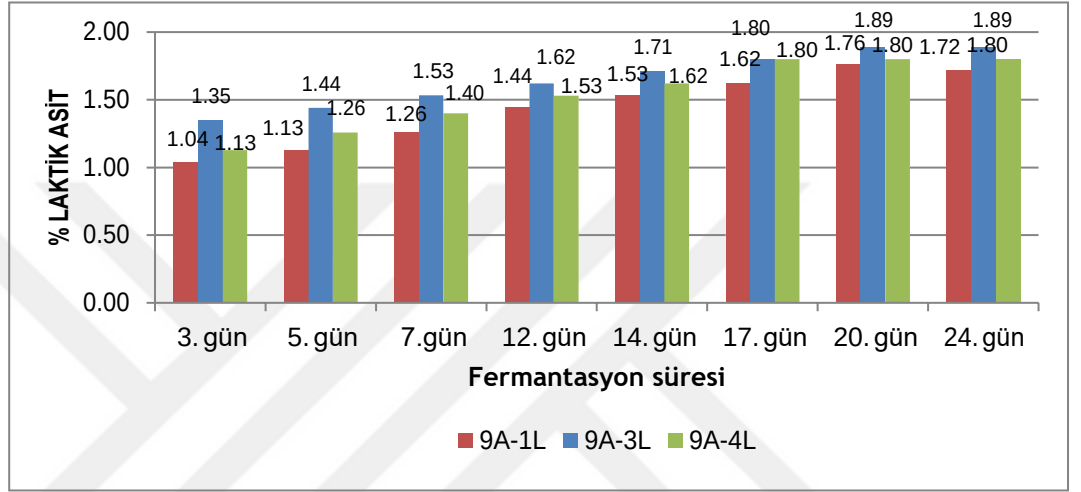


Şekil 4.24. 8A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında tuz (%) değerleri

% 8 tuz ile hazırlanan 3 farklı ölçekte salamurada en düşük tuz değerine 8A-4L örneğinin salamurasında ulaşılmıştır. Fermantasyon sonunda ise 8A-1L ve 8A-3L örneklerinin salamuralarının tuz değerleri aynıdır.

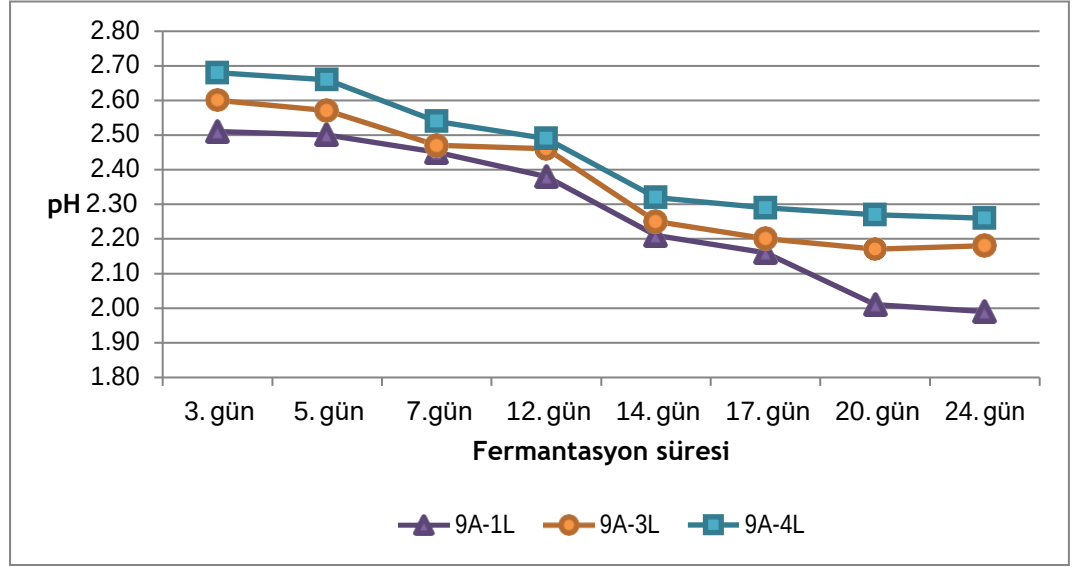
4.1.9 9A Formülasyonu ile üretilen ürünler

9A numunesi % 8 tuz ve % 2 sitrik asit içeren salamura ile hazırlanmıştır. Bu numuneler 1L, 3L ve 4L'lik petlerde ayrı ayrı üretilmiştir. Üretimin başlangıcından sonuna kadar, salamurada meydana gelen değişimler takip edilmiştir. Laktik asit değerleri Şekil 4.25'te, pH değerleri Şekil 4.26'da ve tuz değerleri Şekil 4.27'de verilmiştir.



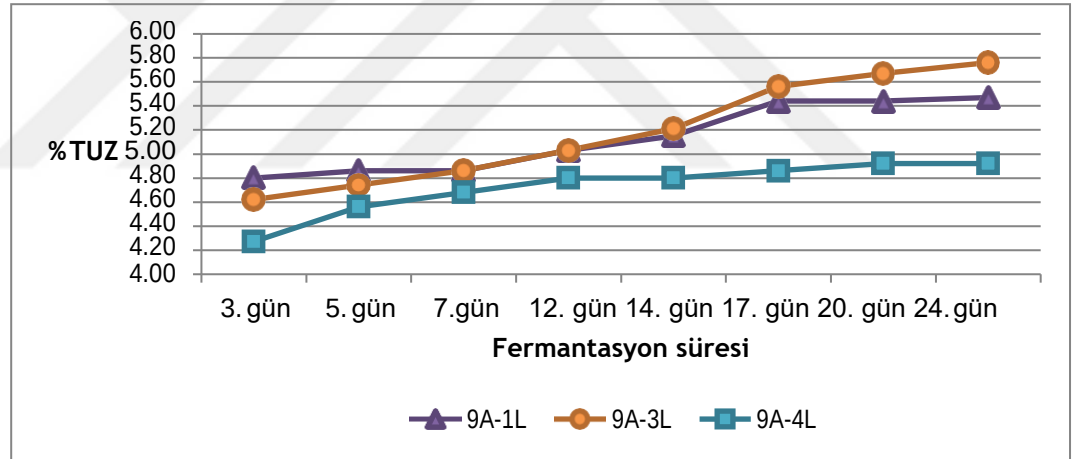
Şekil 4.25. 9A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında genel asitlik (%) değerleri

Fermantasyonun sonunda genel asitlik değerleri % 1,89 (9A-3L) > % 1,80 (9A-4L) > % 1,72 (9A-1L) olarak tespit edilmiştir. 9A-3L ve 9A-4L ürünlerinin 20. günden sonra asitlik değerlerinde herhangi bir değişme olmazken, 9A-1L örneğinin asitlik değerinde azalma (%1,76-1,72) meydana gelmiştir. Bu azalış ürünü en düşük hacimli kaplarda fermantasyonun hızlı tamamlanması nedeni ile değişimler de hızlı olmaktadır.



Şekil 4.26. 9A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında pH değerleri

Fermantasyon sonunda pH değerlerinde belirgin düşüşler meydana gelmiştir.



Şekil 4.27. 9A grubu örneklerinin fermantasyon sırasında tuz (%) değerleri

Fermantasyon sonunda salamurada tuz değerleri 9A-1L, 9A-3L ve 9A-4L örneklerinde sırasıyla 5,47 ; 5,76 ve 4,92 olarak tespit edilmiştir. Tuz miktarı arttıkça pH miktarında bir azalma, yani asidik yönde bir artış söz konusu olmuştur. Sultana et al. (2014), havuç, yeşil biber ve brinjalın fermentasyon ve turşulama korunmasında yüksek tuz konsantrasyonunun (% 10) düşük asit üretimine sebep olduğu belirtilmiştir.

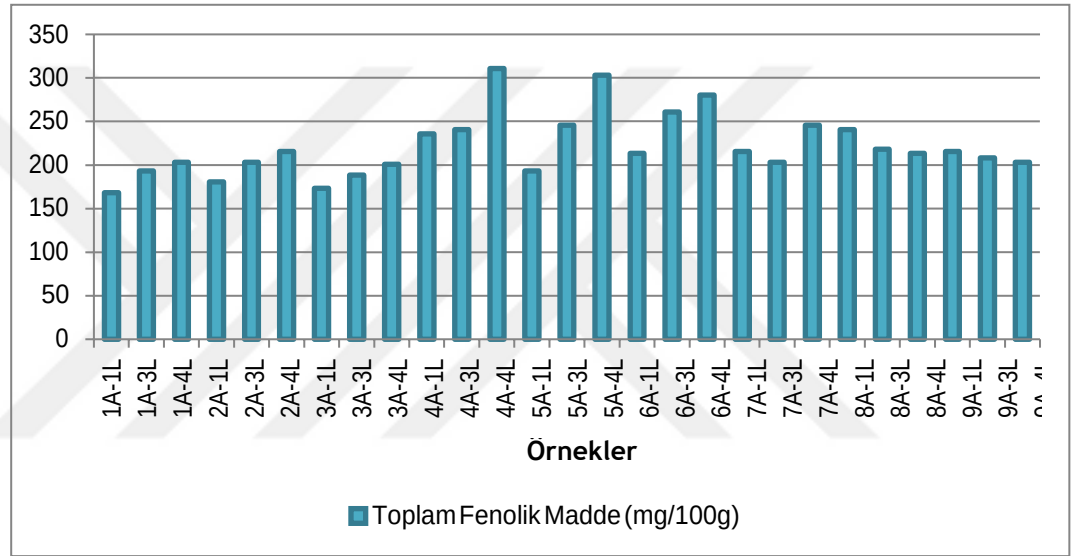
4.1.10 Küçük ölçekte laktik asit fermentasyonu ile üretilen lahana turşularında genel analiz sonuçları

Yapılan üretimlerin sonucunda elde edilen ürünlerin kalite değerlerinin belirlenmesi amacıyla spesifik testler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Küçük ölçekte laktik asit fermentasyonu ile üretilen beyaz lahana turşularının son ürün analiz sonuçları

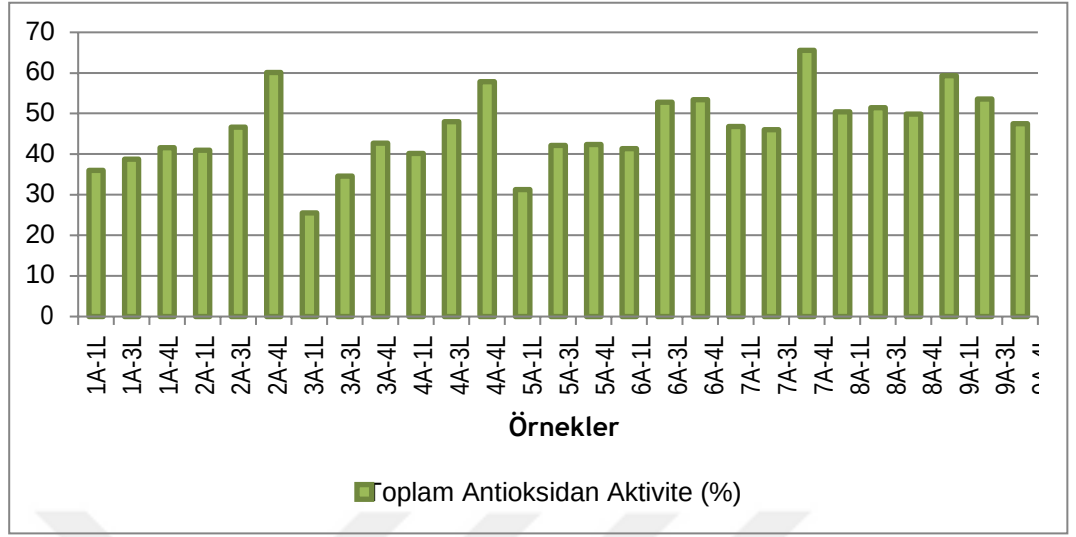
Örnekler	Ölçek (L)	İlk tuz (%)	İlk sitrik asit (%)	Toplam fenolik madde (mg/100g)	Toplam antioksidan aktivite (%inhibisyon)	Kuru madde (%)	Kül (%)	Tekstür (kg/cm ²)	Renk (L a* b*)		
									L	a*	b*
1A-1L	1	2,5	1,0	168,25	35,97	5,22	2,28	5,102	57,955	-0,390	19,290
2A-1L			1,5	180,75	40,99	5,84	2,14	5,496	58,633	-1,580	13,965
3A-1L			2,0	173,25	25,48	5,84	2,23	2,967	58,688	-0,878	16,715
4A-1L	1	6,0	1,0	235,75	40,15	8,76	4,96	9,506	57,655	-1,328	14,665
5A-1L			1,5	193,25	31,25	8,35	4,97	9,077	57,023	-0,773	16,625
6A-1L			2,0	213,25	41,37	8,79	4,46	1,935	58,548	-1,100	18,410
7A-1L	1	8,0	1,0	215,75	46,77	9,31	6,42	5,977	57,518	-1,473	13,230
8A-1L			1,5	240,75	50,42	9,84	6,41	5,651	58,440	-0,745	16,213
9A-1L			2,0	215,75	59,32	10,11	6,79	2,749	58,070	-1,575	12,998
1A-3L	3	2,5	1,0	193,25	38,78	4,89	2,07	7,953	56,703	-0,840	19,190
2A-3L			1,5	203,25	46,62	5,53	2,14	5,939	59,053	-0,650	16,528
3A-3L			2,0	188,25	34,60	5,55	2,03	7,435	58,758	-0,993	18,938
4A-3L	3	6,0	1,0	240,75	47,98	8,18	4,82	7,175	58,790	-1,160	17,693
5A-3L			1,5	245,75	42,13	8,22	4,84	6,461	56,778	-0,735	18,083
6A-3L			2,0	260,75	52,78	8,39	4,79	5,892	57,603	-1,255	15,248
7A-3L	3	8,0	1,0	203,25	46,00	9,40	6,30	7,839	56,460	-0,798	17,160
8A-3L			1,5	218,25	51,48	9,30	5,99	3,562	57,950	-0,958	17,298
9A-3L			2,0	208,25	53,61	4,33	6,37	2,651	57,240	-0,628	17,423
1A-4L	4	2,5	1,0	203,25	41,60	4,62	2,11	8,533	58,270	-0,433	19,920
2A-4L			1,5	215,75	60,15	5,41	2,10	2,689	58,095	-1,205	17,645
3A-4L			2,0	200,75	42,74	5,63	2,15	2,308	58,938	-0,845	17,348
4A-4L	4	6,0	1,0	310,75	57,87	7,76	4,40	9,339	54,455	-0,200	18,163
5A-4L			1,5	303,25	42,36	8,10	4,63	9,817	57,485	-1,038	16,928
6A-4L			2,0	280,25	53,46	8,20	3,46	5,329	56,785	-0,805	17,493
7A-4L	4	8,0	1,0	245,75	65,55	9,32	5,90	5,724	57,790	-1,358	17,010
8A-4L			1,5	213,25	49,89	6,26	6,21	4,076	55,658	-1,130	16,205
9A-4L			2,0	203,25	47,53	9,34	5,83	5,130	57,110	-1,610	13,340

Kasım ve Kasım (2016), taze kesilmiş baklada yüksek dozda sitrik asit uygulamalarının polifenol enzim aktivitesi ve kalite üzerine etkisini incelemişlerdir. % 2, 4 ve 6 sitrik asit içeren çözeltiler hazırlanarak taze kesilmiş bakla örnekleri bu çözeltilerde bir süre bekletilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, özellikle % 4 ve % 6 sitrik asitli çözeltiler ile hazırlanan örneklerde suda çözünür toplam kuru madde miktarının korunmasında etkili olduğu, ancak baklanın kesim yüzeyindeki kararmalarda tek başına yeterli olmadığı belirtilmiştir.



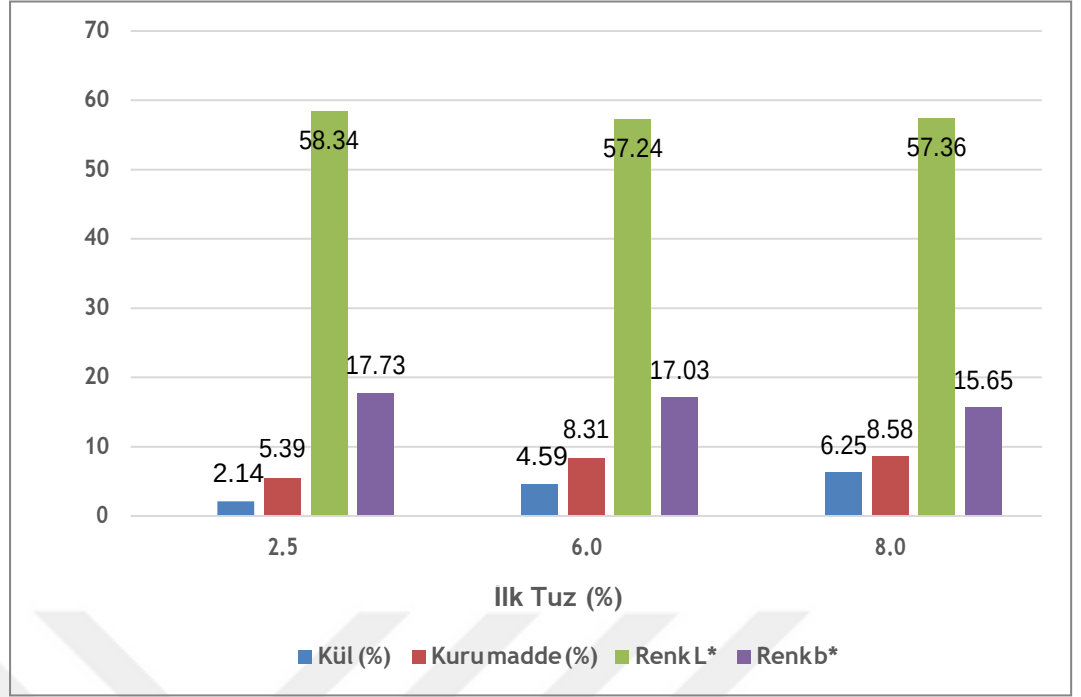
Şekil 4.28. Küçük ölçekte laktik asit fermentasyonu ile üretilen beyaz lahana turşularının son ürün toplam fenolik madde (mg/100g) analizi sonuçları

Fermentasyon sonunda 27 farklı örnekte yapılan toplam fenolik madde tayininde değerler 168,25 mg/100g (1A-1L) ve 310,75 mg/100g (4A-4L) arasında değişmiştir. Şekilde toplam fenolik madde değerleri (mg/100g) 1L'lik kaplarda üretilen lahana turşusu örneklerinde 168,25 (1A-1L) - 240,75 (8A-1L) arasında, 3L'lik kaplarda üretilen örneklerde 188,25 (3A-3L) - 260,75 (6A-3L) arasında, 4L'lik kaplarda üretilen örneklerde ise 200,75 (3A-4L) - 310,75 (4A-4L) arasında değişmiştir. Toplam fenolik madde değerlerinde en düşük sonuçlara 1L'lik kaplarda üretilen lahana turşularında ulaşılırken, en yüksek sonuçlara 4L'lik kaplarda üretilen lahana turşularında ulaşılmıştır. Ölçek arttıkça elde edilen fenolik madde değerlerinde de artış olduğu ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.29. Küçük ölçekte laktik asit fermentasyonu ile üretilen beyaz lahana turşularının son ürün toplam antioksidan aktivite (%) analizi sonuçları

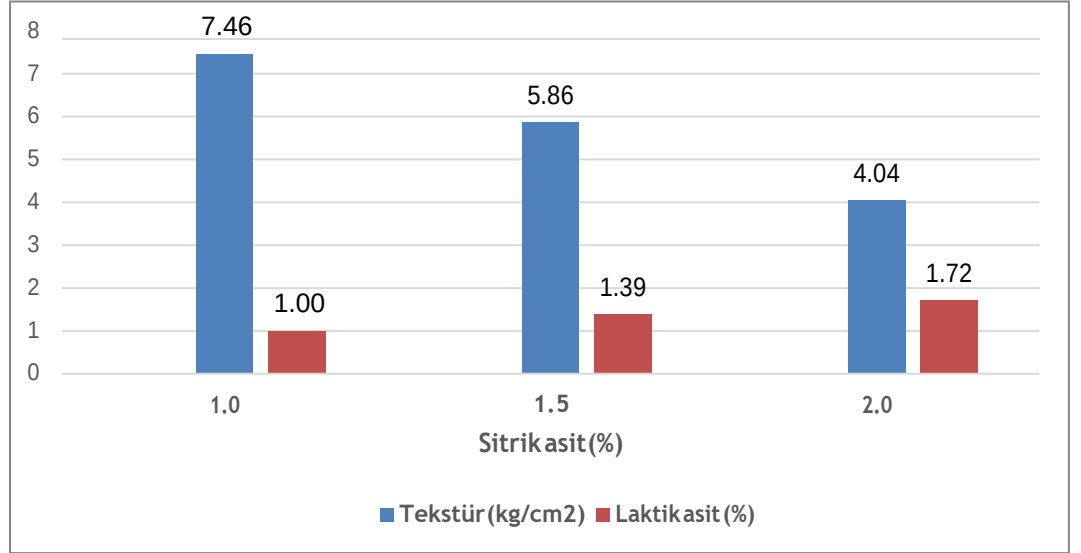
Fermentasyon sonunda 27 farklı örnekte yapılan toplam antioksidan aktivite (%) tayininde değerler % 25,48 (3A-1L) ve % 65,55 (4A-4L) arasında değişmiştir. Şekilde toplam antioksidan aktivite (%) 1L'lik kaplarda üretilen lahana turşusu örneklerinde % 25,48 (3A-1L) - % 59,32 (9A-1L) arasında, 3L'lik kaplarda üretilen örneklerde % 34,60 (3A-3L) - % 53,61 (9A-3L) arasında, 4L'lik kaplarda üretilen örneklerde ise % 41,60 (1A-4L) - % 65,55 (7A-4L) arasında değişmiştir. Toplam antioksidan aktivitede en düşük sonuçlara 1L'lik kaplarda üretilen lahana turşularında ulaşılırken, en yüksek sonuçlara 4L'lik kaplarda üretilen lahana turşularında ulaşılmıştır. Ölçek arttıkça toplam antioksidan aktivitede de artışlar olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.30. Küçük ölçekte laktik asit fermantasyonu ile üretilen beyaz lahana turşularının üretim başında içerdikleri tuz ile son ürünlerdeki kül, kuru madde, renk L* ve renk b* değerleri arasındaki ilişki

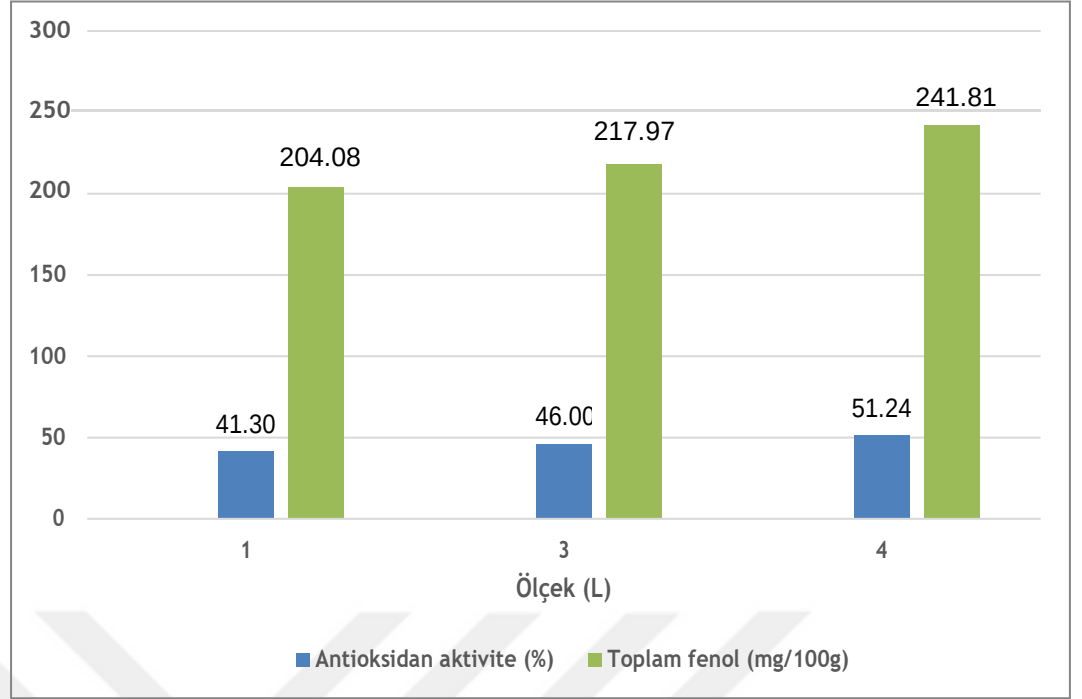
1L, 3L ve 4L'lik kaplarda (3 faktör), % 2,5 – 6 - 8 tuz (3 faktör) ve %1 - 1,5 - 2 sitrik asit (3 faktör) değişkenleriyle hazırlanan (3*3*3 faktör = 27 kombinasyon) 27 farklı üründe fermantasyon sonunda bazı fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır. Bu analizler sonucunda başlangıç koşullarının, son ürünü nasıl etkilediği ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. % 95,00 doğruluk ile yapılan istatistiksel analizler sonucunda ilk tuz ile kül ($r = 0,983$; $p = 0,000$) ve kuru madde ($r = 0,763$; $p = 0,000$) arasında pozitif korelasyon, ilk tuz ile renk L* ($r = -0,423$; $p = 0,028$) ve renk b* ($r = -0,443$; $p = 0,021$) arasında negatif korelasyon bulunmuştur.

Yapılan bir çalışmada farklı yöntemler ile fermantasyona bırakılan brokoli sebzesinde kuru madde miktarının % 7,89 - 5,30 arasında, külün ise % 4,02 - 2,49 arasında değişkenlik gösterdiği belirtilmiştir (Çolak vd., 2006).



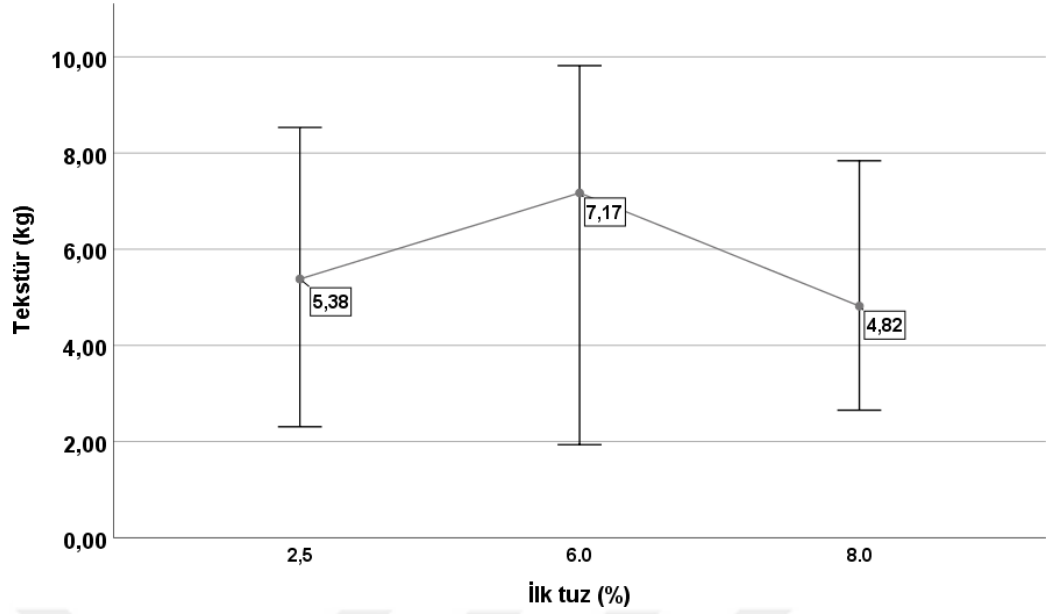
Şekil 4.31. Küçük ölçekte laktik asit fermantasyonu ile üretilen beyaz lahana turşularının üretim başında içerdikleri sitrik asit ile son ürünlerdeki tekstür ve laktik asit arasındaki ilişki

Laktik asit fermantasyonu ile farklı ölçeklerde lahana turşusu üretiminde farklı tuz değerleri ile % 1, % 1,5 ve % 2 olarak üç farklı sitrik asit içeren salamura hazırlanmış ve bunların fermantasyon sonundaki beyaz lahana turşuları üzerindeki etkisi incelenmiştir. % 95,00 doğruluk ile yapılan istatistiksel analizler sonucunda sitrik asit ile tekstür ($r = -0,596$; $p = 0,001$) ve tekstür ile laktik asit ($r = -0,669$; $p = 0,000$) arasında negatif korelasyon saptanmıştır. Sitrik asit ve laktik asit arasında ($r = 0,942$; $p = 0,000$) arasında pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Şekil 4.31’de, örnek salamuralarındaki sitrik asit miktarı arttıkça dokunun sertliğinde azalma meydana gelmiştir. Başlangıç sitrik asit oranları ve örneklerin fermantasyon sonunda ulaştıkları maksimum asitlik (% laktik asit) değerlerine bakıldığında en yüksek laktik asit değeri % 2 sitrik asit ile hazırlanan örneklerde tespit edilmiştir. Düşük pH ile fermantasyona başlanması renk stabilitesi sağlayarak potansiyel matlaşma, sararma veya kararmalar önlenmektedir. Laktik asit miktarlarının da daha yüksek seviyelere ulaşmasına katkıda bulunmaktadır (Aktan vd., 1998).



Şekil 4.32. Küçük ölçekte laktik asit fermantasyonu ile üretilen lahana turşularının üretildikleri ölçekler ile toplam antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde arasındaki ilişki

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda % 95,00 doğrulukla ölçek ile toplam antioksidan aktivite ($r = 0,439$; $p = 0,022$) ve toplam fenolik madde ($r = 0,417$; $p = 0,030$) arasında pozitif korelasyonlar tespit edilmiştir. Ayrıca antioksidan ve fenolik madde arasında ise ($r = 0,519$; $p = 0,005$) pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Okcu vd., (2011), fenolik bileşiklerin doğal antioksidan madde özelliği göstermekte olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 4.33 Küçük ölçekte laktik asit fermentasyonu ile üretilen lahana turşularının balanç tuz değerleri ile son ürünün tekstürü arasındaki ortalama eğri (% 95.00 ve üzeri doğruluk)

Johanningsmeier et al. (2007), doğal lahana fermentasyonlarında tuz konsantrasyonunun % 2'den % 0,5'e düşürülmesinin lahana turşusunun belirgin bir şekilde yumuşamasına neden olduğunu bildirmiştir. Bizim sonuçlarımız da bir tarafından bu benzer sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Tuz konsantrasyonu % 6'dan % 2,5'e düşürüldüğünde dokuda belirgin bir biçimde yumuşama meydana gelmiştir. Ayrıca fazla tuz kullanımının da dokuya zarar verdiği Şekil 4.33'te ortaya çıkmıştır.

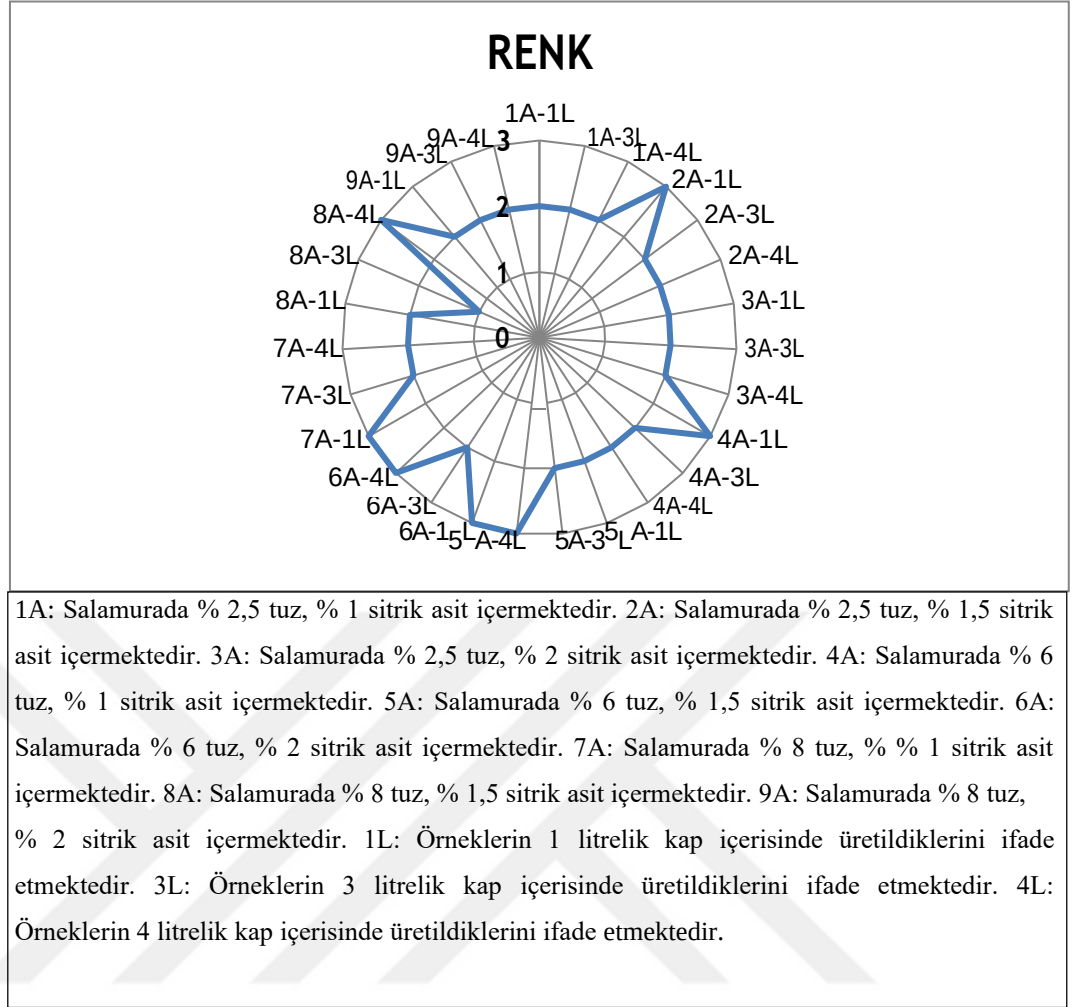
Küçük ölçekte yapılan üretimlerin sonucunda elde edilen ürünlerin duyuşal değerlendirmesi yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.2'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.1 Küçük ölçekte laktik asit fermentasyonu ile üretilen beyaz lahana turşularının duyuusal analizi puanlama sonuçları

ÖRNEKLER	RENK	DOKU	LEZZET	GENEL İZLENİM
1A-1L	2	4	4	4
1A-3L	2	3	4	3
1A-4L	2	3	2	2
2A-1L	3	4	4	4
2A-3L	2	4	3	3
2A-4L	2	2	3	2
3A-1L	2	2	3	2
3A-3L	2	4	4	4
3A-4L	2	2	2	2
4A-1L	3	5	4	4
4A-3L	2	4	3	3
4A-4L	2	4	4	4
5A-1L	2	3	4	3
5A-3L	2	4	4	4
5A-4L	3	4	4	4
6A-1L	3	2	3	3
6A-3L	2	4	4	3
6A-4L	3	4	4	4
7A-1L	3	4	4	3
7A-3L	2	4	3	3
7A-4L	2	4	4	3
8A-1L	2	3	4	3
8A-3L	1	2	3	2
8A-4L	3	4	4	4
9A-1L	2	2	3	2
9A-3L	2	2	4	3
9A-4L	2	3	3	3

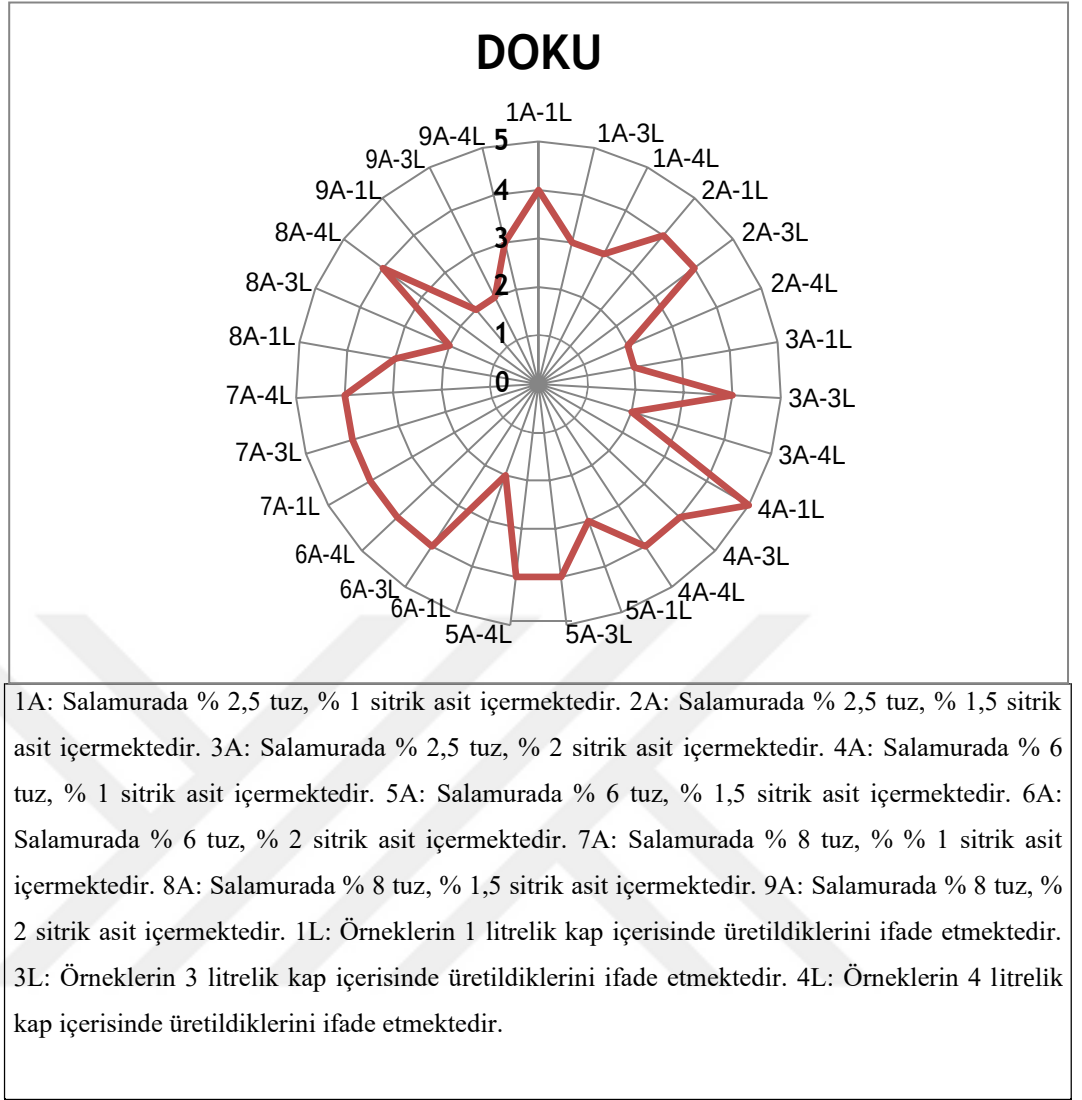
1A: Salamurada % 2,5 tuz, % 1 sitrik asit içermektedir. 2A: Salamurada % 2,5 tuz, % 1,5 sitrik asit içermektedir. 3A: Salamurada % 2,5 tuz, % 2 sitrik asit içermektedir. 4A: Salamurada % 6 tuz, % 1 sitrik asit içermektedir. 5A: Salamurada % 6 tuz, % 1,5 sitrik asit içermektedir. 6A: Salamurada % 6 tuz, % 2 sitrik asit içermektedir. 7A: Salamurada % 8 tuz, % 1 sitrik asit içermektedir. 8A: Salamurada % 8 tuz, % 1,5 sitrik asit içermektedir. 9A: Salamurada % 8 tuz, % 2 sitrik asit içermektedir. 1L: Örneklerin 1 litrelik kap içerisinde üretildiklerini ifade etmektedir. 3L: Örneklerin 3 litrelik kap içerisinde üretildiklerini ifade etmektedir. 4L: Örneklerin 4 litrelik kap içerisinde üretildiklerini ifade etmektedir.

Küçük ölçekte yapılan duyusal analiz sonuçlarına göre en iyi puanları alan formülasyonların % 6 konsantrasyonda tuz ile hazırlanan örnekler olduğu ortaya çıkmıştır. % 2,5 % 6 ve % 8 tuz konsantrasyonları ile hazırlanan lahana turşularında, özellikle 4A-1L numunesi % 6 tuz ve % 1 sitrik asit konsantrasyonlu salamura ile hazırlanan beyaz lahana turşularının renk, doku, lezzet ve genel izlenim kriterlerine göre duyusal değerlendirmesi yapıldığında, bu örneğin tüm kriterler açısından diğer örneklerle göre en iyi sonuçlara sahip olduğunu belirlenmiştir. Xiaong et al. (2016), tarafından yapılan bir çalışmada % 2, % 5 ve % 8 tuz konsantrasyonu kullanılarak lahana turşusu üretilmiş olup, % 5 tuz konsantrasyonu kullanımının geleneksel (doğal) fermantasyonda lahana turşusunun kalitesini artırabileceği ifade edilmiştir. Buna ek olarak, % 2 tuz kullanımının lahana turşusunun olgunlaşmasını hızlandırdığını ancak mikroorganizmaların büyümesini etkili bir şekilde engellemediğini belirtmişlerdir. Bizim sonuçlarımıza benzer olarak % 2,5 tuz konsantrasyonu ile hazırlanan lahana turşularımızın dokularında yumuşama meydana gelmiştir, bu da mikrobiyolojik bir bozulmanın zemin hazırlayabileceği öne sürülmüştür. Ancak düşük tuz (% 2,5) ile üretilen ürünlerin fermantasyonu hızlı bir şekilde tamamlamasına rağmen sağlıklı bir koruma yöntemi gerektirdiği ortaya çıkmıştır.



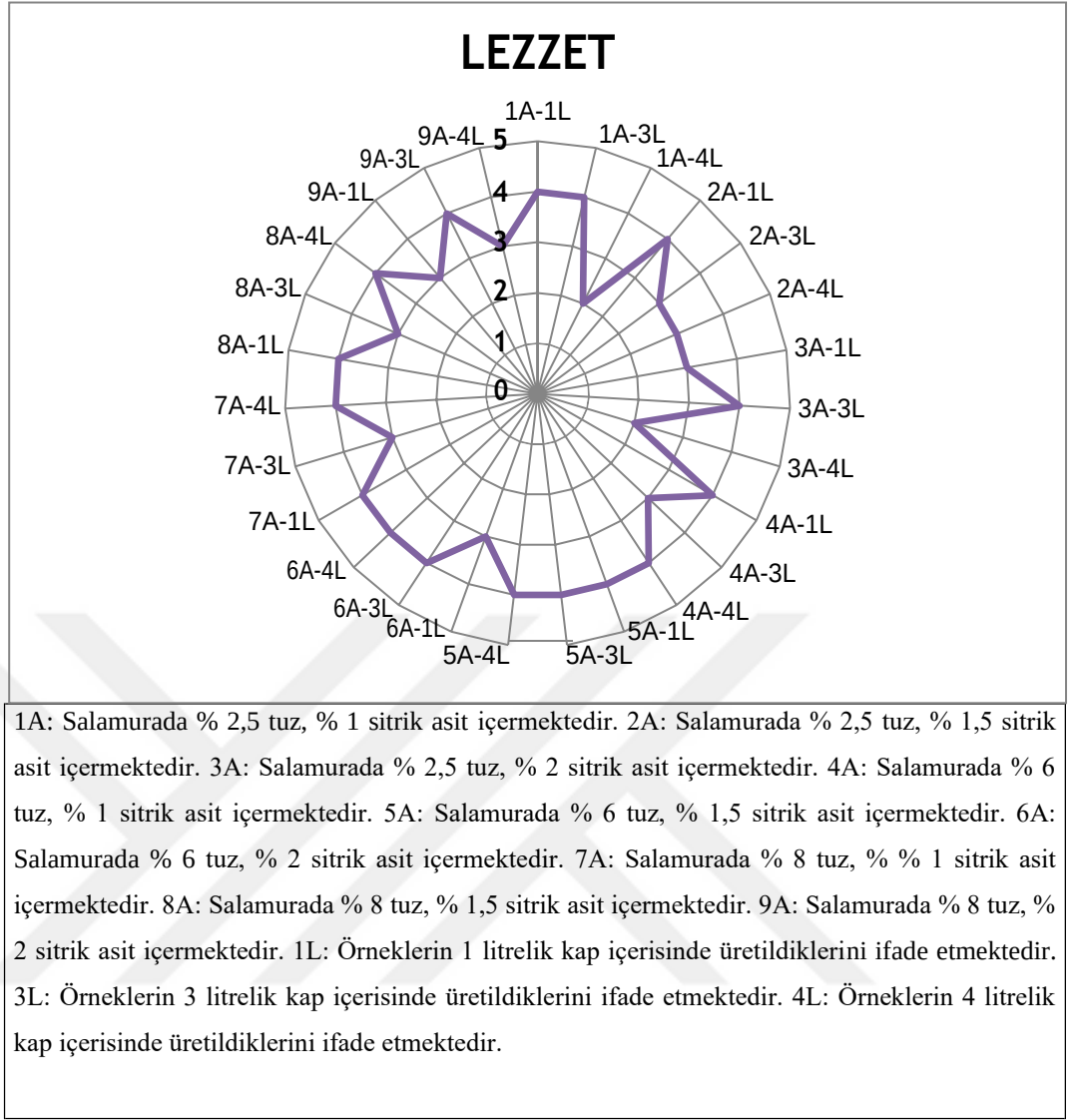
Şekil 4.34. Küçük ölçekte laktik asit fermentasyonu ile üretilen beyaz lahana turşularının duyusal analiz renk sonuçları

Küçük ölçekte üretilen lahana turşularının renk sonuçları Şekil 4.33'te verilmiştir. Farklı tuz ve sitrik asit ile hazırlanan beyaz lahana turşularında beyaza yakınlık ve homojenlik açısından değerlendirildiğinde 4A-1L örneğinin (% 6 tuz ve % 1 sitrik asit ile 1L'lik kapta üretilmiştir.) en yüksek puanlama skalasında olduğu görülmektedir. 5A-4L, 6A-4L, 8A-4L örneklerinin de renk açısından diğerlerine göre daha fazla beğenildiği gözlemlenmiştir.



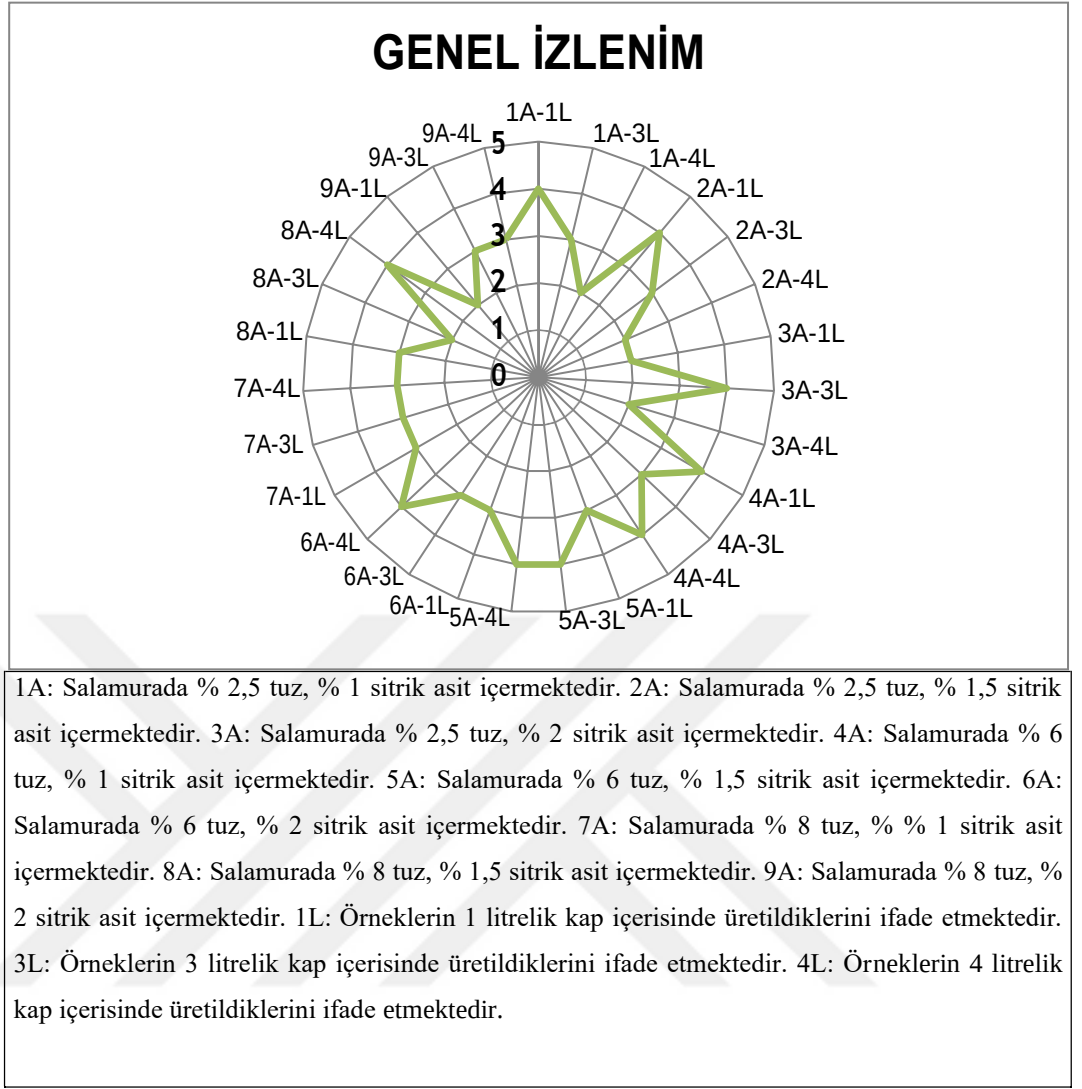
Şekil 4.35. Küçük ölçekte laktik asit fermentasyonu ile üretilen beyaz lahana turşularının duyu analizi doku sonuçları

Küçük ölçekte laktik asit fermentasyonu ile üretilen lahana turşularının doku sonuçları Şekil 4.34'te verilmiştir. Dokunun sertliği, kıtırılık gibi kriterlere göre değerlendirildiğinde 4A-1L örneğinin ideal sertliğe en yakın örnek olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.36. Küçük ölçekte laktik asit fermentasyonu ile üretilen beyaz lahana turşularının duyusal analiz lezzet sonuçları

Laktik asit fermentasyonu ile küçük ölçekte üretilen lahana turşularını duyusal analiz lezzet sonuçları Şekil 4.35'te verilmiştir. 4A-1L, 4A-4L, 8A-4L numuneleri ekşilik, tuzluluk gibi lezzet kriterlerine göre değerlendirilmiş ve diğer örneklere göre daha fazla tercih edildikleri belirlenmiştir.



Şekil 4.37. Küçük ölçekte laktik asit fermentasyonu ile üretilen beyaz lahana turşularının duyu analizi genel izlenim sonuçları

Küçük ölçekte laktik asit fermentasyonu ile üretilen lahana turşularının duyu analizindeki genel izlenim sonuçları Şekil 4.36'da verilmiştir. Genel izlenim olarak değerlendirildiğinde, 4A-1L örneği ideale en yakın olarak tespit edilmiştir.

4.1.11 Küçük ölçekte yapılan analizler ve grafiksel değerdendirmeler sonucu ulaşılan sonuçlar

Dokuz farklı formülasyon ve 3 farklı boyutta yapılan toplamda 27 adet lahana turşusundan duyusal olarak beğenilenler değerdendirilmiştir.

Bir sonraki aşama için 18 L'lik kaplara geçilmiştir.

18 L'lik kaplarda üretilen lahana turşularından elde edilen iyi sonuçlar 220 L ve 1 ton'luk tanklara yansıtılmıştır.

% 1 ve % 1,5 sitrik asit içeren lahana turşularının, yapılan genel ve duyusal analizler sonucunda, % 2 sitrik aside göre daha iyi sonuçlar almıştır.

% 8 tuz kullanımının dokuya zarar verdiği, lahana dokusunun sertliğinde azalma meydana getirdiğı ortaya çıkmıştır.

Üretilen lahana turşularından doku, laktik asitlik, lezzet açısından en iyi sonuçları % 2,5 – 6 tuz ve % 1 sitrik asit olan turşular ile elde edilmiştir.

4.2 Orta ve Büyük Ölçekte Lahana Turşusu Üretiminde Sonuçlar

Çizelge 4.3'te orta ve büyük ölçekte üretilen lahana turşusu örneklerinin isimleri belirtilmiştir. Bu isimlendirmeler içerdikleri salamura formülasyonuna ve üretildikleri ölçeklere göre yapılmıştır. İsimlendirmede '-' işaretinin önündeki numaralar tablonun 2. ve 3. sütunundaki salamuranın içerdiği % tuz ve % sitrik aside göre verilmiş olup, L ise lahanaların üretildikleri kapların hacimlerini ifade etmektedir.

Çizelge 4.2 Salamura ve ölçeğe göre hazırlanan kod isimleri

ÖRNEKLER	% TUZ	% SİTRİK ASİT
251-18L	2,5	1
601-18L	6	1
801-18L	8	1
251-220L	2,5	1
601-220L	6	1
601-1000L	6	1

Çizelge 4.3'te gösterildiği gibi farklı formülasyonlar kullanılarak farklı ölçeklerde (18L, 220L ve 1000L) lahana turşusu üretimi yapılmıştır. Fermantasyon sırasında % tuz, % laktik asit ve pH sonuçlarını daha ayrıntılı görmek adına her bir formülasyon ve her ölçek için ayrı ayrı grafikler oluşturulmuştur.

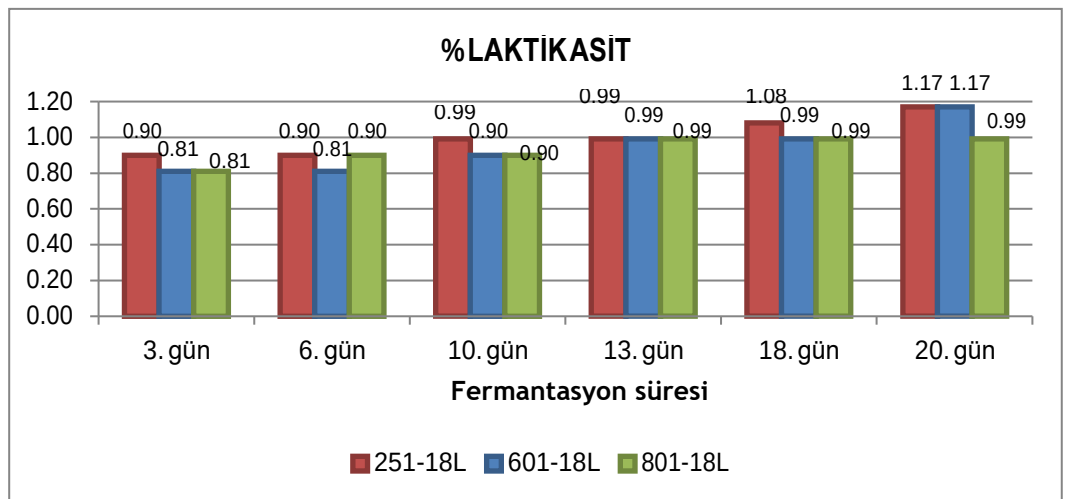
4.2.1 18L'lik kaplarda (kova) üretilen ürünler

Küçük ölçekte yapılan üretimin sonuçlarına göre 1L, 3L ve 4L'lik kaplarda farklı tuz ve sitrik asit oranları ile yapılan üretimlerden her ölçekte en iyi sonuçlar % 1 sitrik asit ile elde edilmiştir. Bu bilgiler kullanılarak orta ve büyük ölçekte lahana turşusu üretimine geçildiğinden salamuralar % 1 sitrik asit kullanılarak hazırlanmıştır. Fermantasyon süresi boyunca salamurada % 2,5; % 6 ve % 8 oranlarında tuz kullanılarak tuzun son ürüne ve laktik asit üretimine etkisi izlenmiştir.

Küçük ölçekte tamamlanan üretimlerin sonunda büyük ölçekli üretimlere geçilmiştir. Üretimlere, bir önceki üretimlerin sonuçlarındaki parametreler ele alınarak devam edilmiştir.

251-18L numunesi % 2,5 tuz ve % 1 sitrik asit içeren salamura ile hazırlanmıştır. 601-18L numunesi % 6 tuz ve % 1 sitrik asit içeren salamura ile hazırlanmıştır. 801-18L numunesi % 8 tuz ve % 1 sitrik asit içeren salamura ile hazırlanmıştır.

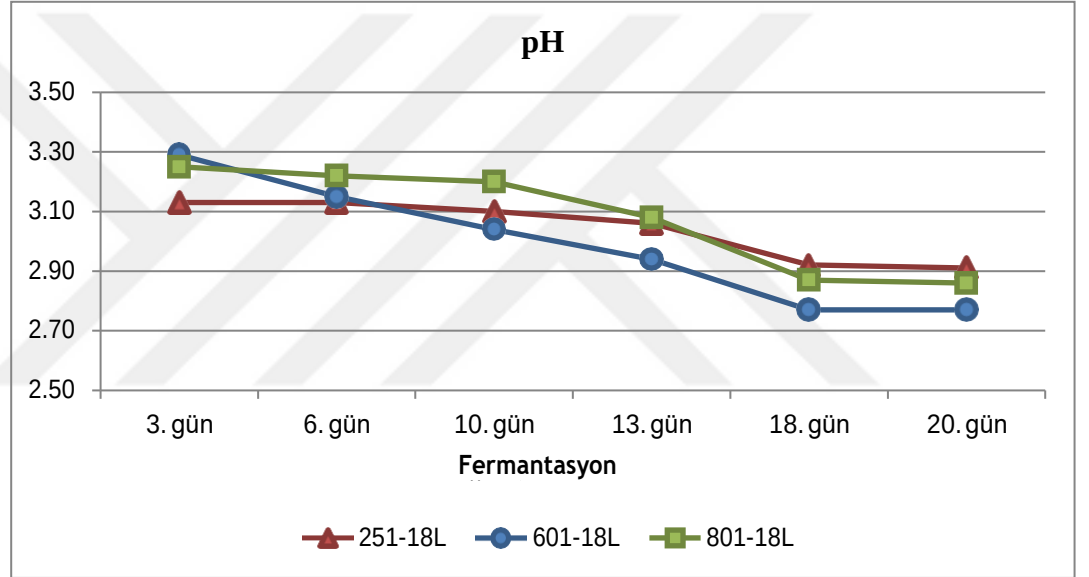
18L'lik kaplarda takip edilen laktik asit fermantasyonundaki laktik asit değişimi Şekil 4.38'de, pH değişimi Şekil 4.39'da verilmiştir.



Şekil 4.38. 18L hacimli kapta üretilen ürünlerin fermantasyon sırasında genel asitlik (% laktik asit) değerleri

Laktik asit fermantasyonu boyunca fermantasyon sürecini en erken 801-18L örneğinin tamamladığı görülmektedir. 601-18L örneğinin asitliğinde 18-20 gün arasında ani bir artış meydana gelmiştir. Fermantasyon sonunda en yüksek asitlik değerine 251-18L ve 601-18L örnekleri ulaşmıştır.

Tuz % 6 oranında kullanıldığında genel asitlikte doğru orantılı olarak bir artış görülmektedir. Xiaong et al. (2016) yayınlamış olduğu çalışmada, % 2 , % 5 ve % 8 tuz kullanımı ile hazırlanan lahana turşularının sonucunda, % 8 tuz ile hazırlanan numunelerin laktik asit bakterilerinin metabolizmasını yavaşlattığını belirtmişlerdir.



Şekil 4.39. 18L hacimli kapta üretilen ürünlerin fermantasyon boyunca genel asitlik (% laktik asit) değişimleri

18L'lik kaplarda laktik asit fermantasyonu ile üretilen lahana turşularının fermantasyon sırasındaki pH değişimleri Şekil 4.39'da verilmiştir.

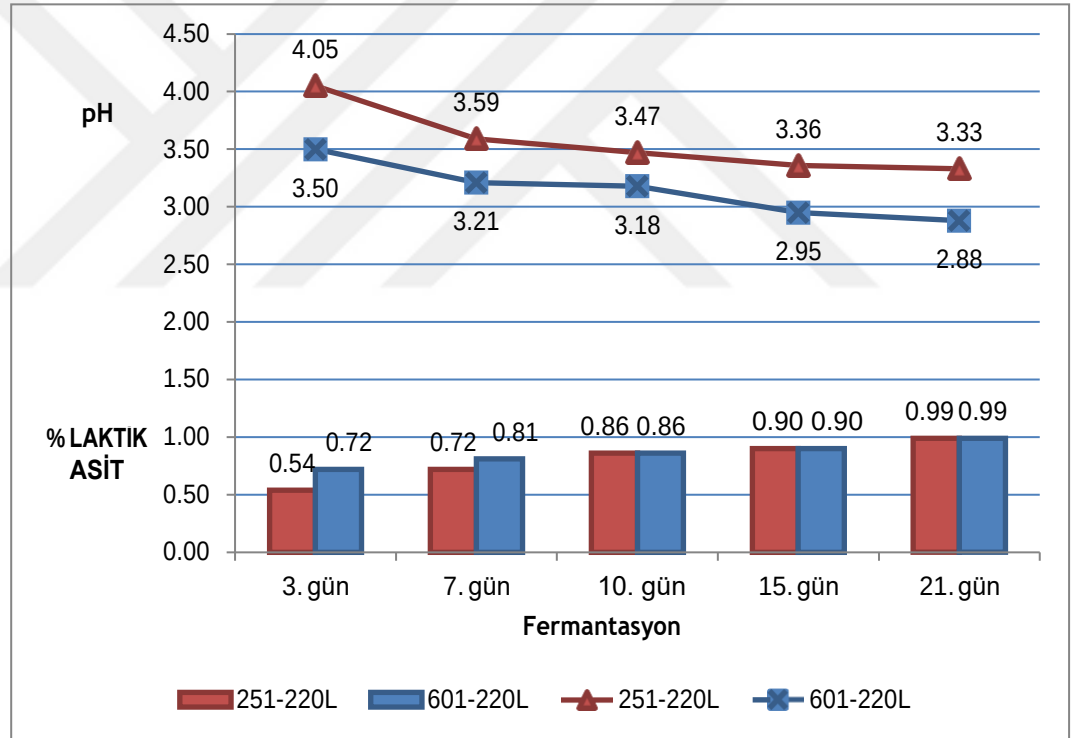
pH değişimleri fermantasyonda büyük önem taşımaktadır. pH değerleri, fermantasyonun başlangıcından itibaren azalış göstermiştir. Bu azalma, ortamdaki asitliğin artışı ile paralel olmuştur. Böylece pH, asitlik yönünde artış göstermiş ve fermantasyon ortamında beklenmeyen bir mikroorganizma ortamının oluşmadığının ve laktik asit fermantasyonunun kontrollü ilerlediği sonucuna götürmüştür.

4.2.2 220L'lik kaplarda üretilen ürününler

Küçük ölçekte yapılan üretim sonuçlarına göre % 2,5 ve % 6 konsantrasyonlarında tuz kullanılan turşularda kalite olarak % 8 tuz kullanımına göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

251-220L numunesi % 2,5 tuz ve % 1 sitrik asit içeren salamura ile hazırlanmıştır. 601-220L numunesi % 6 tuz ve % 1 sitrik asit içeren salamuura ile hazırlanmıştır.

220L'lik kaplarda laktik asit fermantasyonu ile üretilen lahana turşularının fermantasyon sırasındaki laktik asit ve pH değişimleri Şekil 4.40'ta verilmiştir.



Şekil 4.40. 220L hacimli kapta üretilen ürünlerin fermantasyon sırasında genel asitlik (% laktik asit) ve pH değerleri

% 6 tuz ve % 1 sitrik asit konsantrasyonunda olan, 18L'lik kapta laktik asit fermantasyonu ile üretilen lahana turşusunun 6. gününde 601-220L kabına 3 L salamura ilavesi yapılmıştı. Bu da dışarıdan müdahale ile fermantasyonun 4 ile 7. gün arasında pH'da ani bir düşüş ve son ürün kalitesinde artış meydana getirmiştir. Yapılan çalışmalar dışardan bir uyaran ile üretilen lahana turşularında

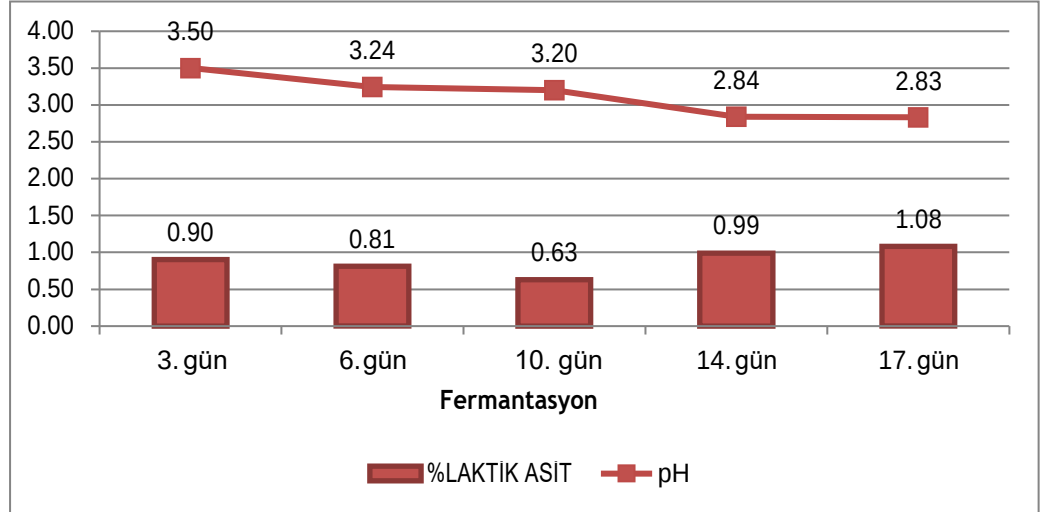
pH miktarında ani bir düşüş gözlemlendiğini, çünkü bozulmaya sebep olan bakterilerin etkisini en aza indirmede, bunun ise lahana turşusunun kalitesi açısından büyük bir önem ifade ettiğini (Viander et al., 2003) ve nihai ürün kalitesini artırdığını belirtmişlerdir (Valverde et al., 2010). Desai and Sheth (1997); Harris et al. (1992)'in rapor ettiği gibi bu sonuçlar, fermantasyonun başlangıç kültürlerinin eklenmesiyle hızlandırıldığını göstermiştir; çünkü, dışarıdan eklenen salamurada laktik asit bakterileri (LAB), doğal fermantasyon ile üretilen lahana turularından daha fazla sayıda mevcuttur ve çiğ lahanada fermantasyonu hızlandırabildikleri belirtilmiştir.

Bu duruma ek olarak 601-220L örneğinde herhangi bir istenmeyen lezzet meydana gelmemişken, 251-220L örneğinde asitlikte artış meydana gelse de doku ve lezzet açısından tercih edilmemiş ve istenmeyen tat meydana geldiği belirlenmiştir. % 2,5 tuz ile hazırlanan örnekte fermantasyon ortamının oluşması açısından yeterli seviyeye ulaşamamış ve 4,05-3,33 arasında değişkenlik göstermiştir. Bu durum 220 L gibi orta ölçekli bir biyoteknolojik proseste % 2,5 konsantrasyonda tuz kullanımının fermantasyon boyunca yetersiz kaldığı ortaya çıkmıştır.

4.2.3 1000L'lik kapta (tank) üretilen ürünler

601-1000L numunesi % 6 tuz ve % 1 sitrik asit içeren salamura ile hazırlanmıştır.

1000L'lik kapta (tankta) laktik asit fermantasyonu ile üretilen lahana turşularının fermantasyon sırasındaki laktik asit ve pH değişimleri Şekil 4.41'de verilmiştir.



Şekil 4.41. 601-1000L ürününün fermentasyon sırasında genel asitlik (% laktik asit) ve pH değerleri

Laktik asit fermentasyonunun sonuna doğru pH değerlerinde neredeyse değişim meydana gelmemiştir. Fermentasyonun 17 gün sonunda tamamlandığı ortaya çıkmıştır. Diğer ölçekler ile kıyaslanacak olursa 1L, 3L, 4L'lik ölçeklerde fermentasyon 20-24 gün arasında, 18L'lik ölçekte 18-20 gün arasında, 220L'lik ölçekte 15-21 gün arasında, 1000L'lik ölçekte ise 14-17 gün arasında tamamlandığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar ile uygulanan transfer yönteminin etkisi olduğu düşünülmüştür.

Yapılan üretimlerin sonucunda elde edilen ürünlerin kalite değerlerinin belirlenmesi amacıyla spesifik testler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.3 Orta ve büyük ölçekte laktik asit fermentasyonu ile üretilen beyaz lahana turşularının son ürün analiz sonuçları

Örnekler	Ölçek (L)	İlk tuz (%)	İlk sitrik asit (%)	Toplam fenolik madde (mg/100g)	Toplam antioksidan aktivite (%inhibisyon)	Kuru madde (%)	Kül (%)	Tekstür (kg)	Renk (L a* b*)		
									L	a*	b*
251-18L	18	2,5	1,0	223,25	20,36	5,60	2,35	5,500	67,423	-0,950	20,880
601-18L		6,0		353,25	38,92	9,05	6,00	5,822	68,733	-0,680	18,327
801-18L		8,0		400,75	54,58	10,96	7,66	7,697	68,600	-0,947	15,877
251-220L	220	2,5	1,0	156,25	9,51	5,63	2,76	8,060	64,253	-0,077	19,960
601-220L		6,0		375,75	72,48	9,10	5,84	8,333	63,983	0,260	21,183
601-1000L	1000	6,0	1,0	375,75	58,17	10,94	7,09	7,805	67,113	0,127	20,527

Çolak vd. (2006), tarafından brokolinin konserve tipi turşuya uygunluğunun araştırılmasında, brokolinin farklı salamuralardaki fermentasyonunda kül değerleri % 4,02 – 2,49 aralığında, kuru madde değerleri % 7,89 – 5,30 aralığında bulunmuştur. Kül değerlerinin, sitrik asit ve kalsiyum klorürce zengin salamurada en fazla olduğunu belirtilmiştir, ayrıca numunelerdeki kül miktarındaki artışın, salamura ile ortama önemli miktarda tuz ilave edilmesine dayandırılmıştır.

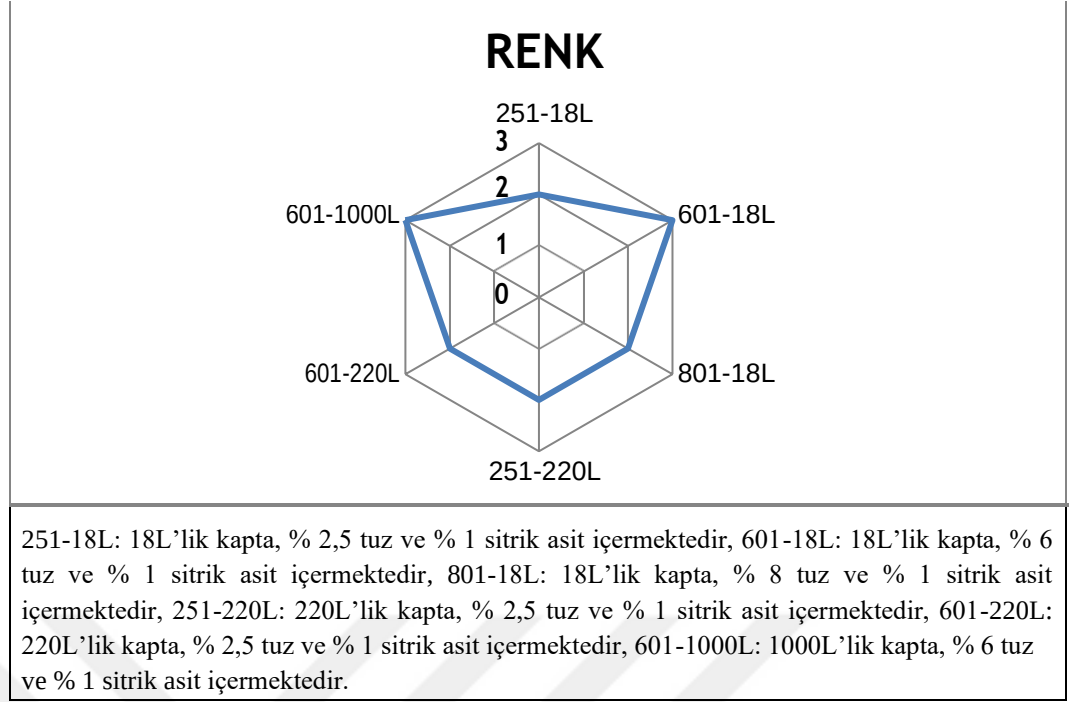
Orta ve büyük ölçekte yapılan üretimlerin sonucunda elde edilen ürünlerin duyuusal değerlendirmesi yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.5'te özetlenmiştir.

Çizelge 4.4 Orta ve büyük ölçekte laktik asit fermentasyonu ile üretilen beyaz lahana turşularının duyuusal analizi puanlama sonuçları

ÖRNEKLER	RENK	DOKU	LEZZET	TÜM İZLENİM
251-18L	2	4	4	3
601-18L	3	5	4	4
801-18L	2	4	3	3
251-220L	2	4	1	2
601-220L	2	4	4	4
601-1000L	3	5	4	4

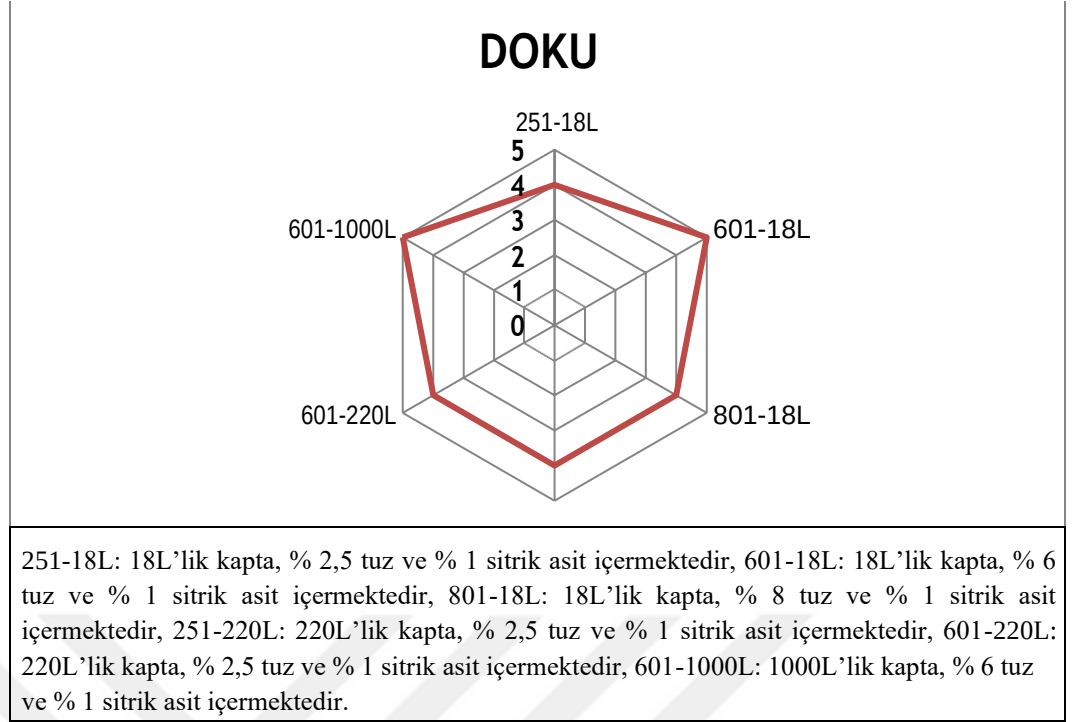
1000L hacimde % 6 tuz ve % 1 sitrik asit ile üretilen lahana turşusunda doku oldukça diri, L* değerine göre renk şeffaftan uzak ve beyaza yakındır. Duyusal testler sonucunda lezzetin istenen ve genel izlenimin ise ortalamadan yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Orta ve büyük ölçekte üretilen lahana turşularında duyuusal testler sonucunda renk, doku, lezzet ve genel izlenim kriterlerine göre değerlendirmeleri örümcek grafiği ile sırasıyla Şekil 4.42, Şekil 4.43, Şekil 4.44 ve Şekil 4.45'te verilmiştir.



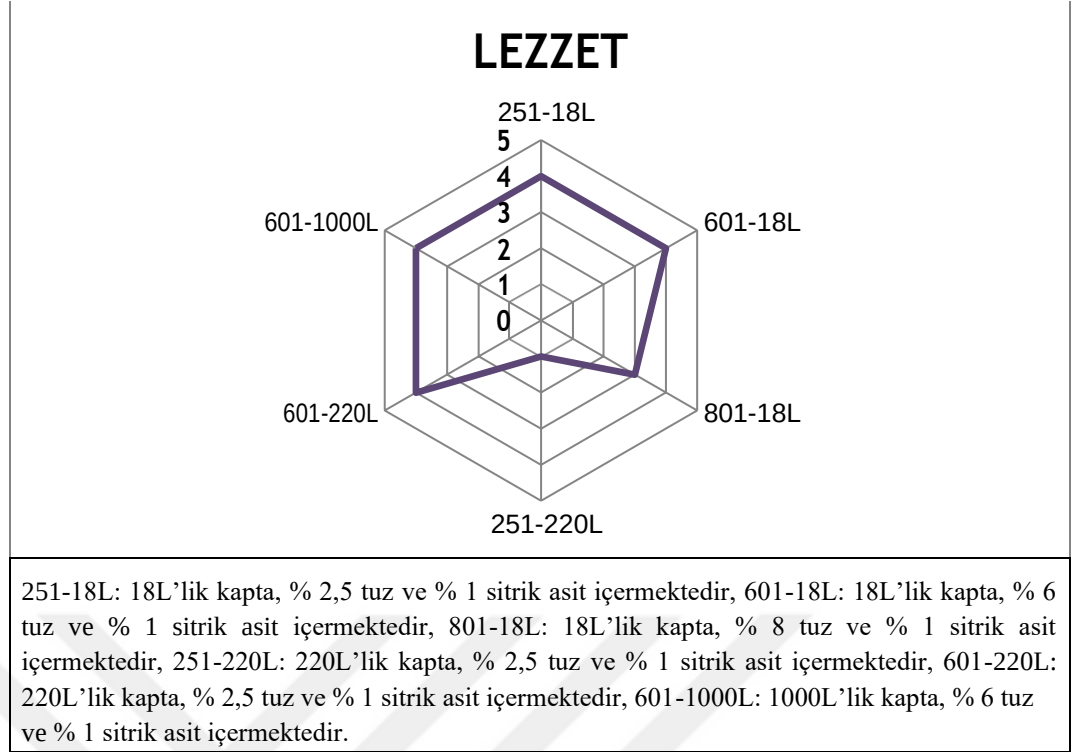
Şekil 4.42. Orta ve büyük ölçekte laktik asit fermentasyonu ile üretilen lahana turşularının duyusal analizi renk sonuçları

Duyusal değerlendirmeler sonucunda renk kriterine göre en fazla puan 601-18L ve 601-1000L örneklerinde elde edilmiştir. Beyaz lahanalarda L^* (beyazlık – 100 / saydamlık – 0) değerlerine bakıldığında, orta ve büyük ölçekte beyaz lahana turşularında L^* değeri 63,983 – 68,733 aralığında tespit edilmiştir. Elde edilen L^* değeri sonuçları 601-18L ve 601-1000L örneklerinde sırasıyla 68,733 ve 67,113 olarak saptanmıştır. 601-18L ve 601-1000L örnekleri rengi kendine has beyazımsı renkte, homojen, ideal turşu rengi olarak değerlendirilmiştir.



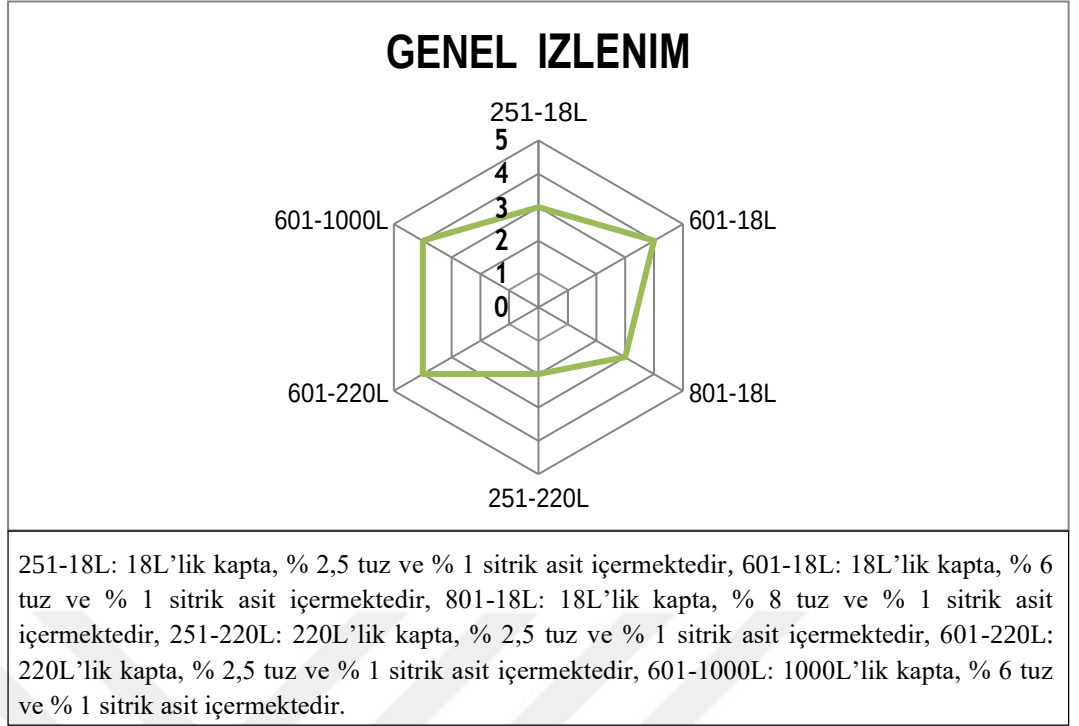
Şekil 4.43. Orta ve büyük ölçekte laktik asit fermentasyonu ile üretilen lahana turşularının duyusal analizi doku sonuçları

Laktik asit fermentasyonu ile üretilen lahana turşularında yapılan duyusal değerlendirmelerde 601-18L ve 601-1000L örnekleri ideal sertlikte olarak değerlendirilmiştir. Turşu örneklerinde yapılan tekstür analizinde değerler 5,500 kg – 8,333 kg arasında değişmektedir. % 6 tuz ve % 1 sitrik asit içeren ve 1000L kapta üretilen 601-1000L örneğinin tekstür değeri ise 7,805 kg olarak saptanmıştır.



Şekil 4.44. Orta ve büyük ölçekte laktik asit fermentasyonu ile üretilen lahana turşularının duyu analizi lezzet sonuçları

Lezzet kriterine göre değerlendirilen duyu analizlerde 251-220L örneği kötü turşu lezzeti, aşırı yabancı tat, kabul edilemez olarak değerlendirilmiştir. Bu sonuç, % 2,5 tuz kullanımının fermentasyon için yetersiz kaldığını düşündürmektedir. Diğer örnekler ise sonuçlar birbiri ile benzerlik göstermekte olup lezzeti ideal turşu lezzetine yakınlık olarak bulunmuştur.



Şekil 4.45. Orta ve büyük ölçekte laktik asit fermentasyonu ile üretilen lahana turşularının duyu analizi genel izlenim sonuçları

Genel izlenim kriterine göre duyu analiz sonuçlarında örnekler birbirine benzer sonuçlar göstermekte olup iyi olarak değerlendirilmişlerdir.

4.3 Laktik Asit Fermantasyonu ile Karışık Turşu Ürünleri

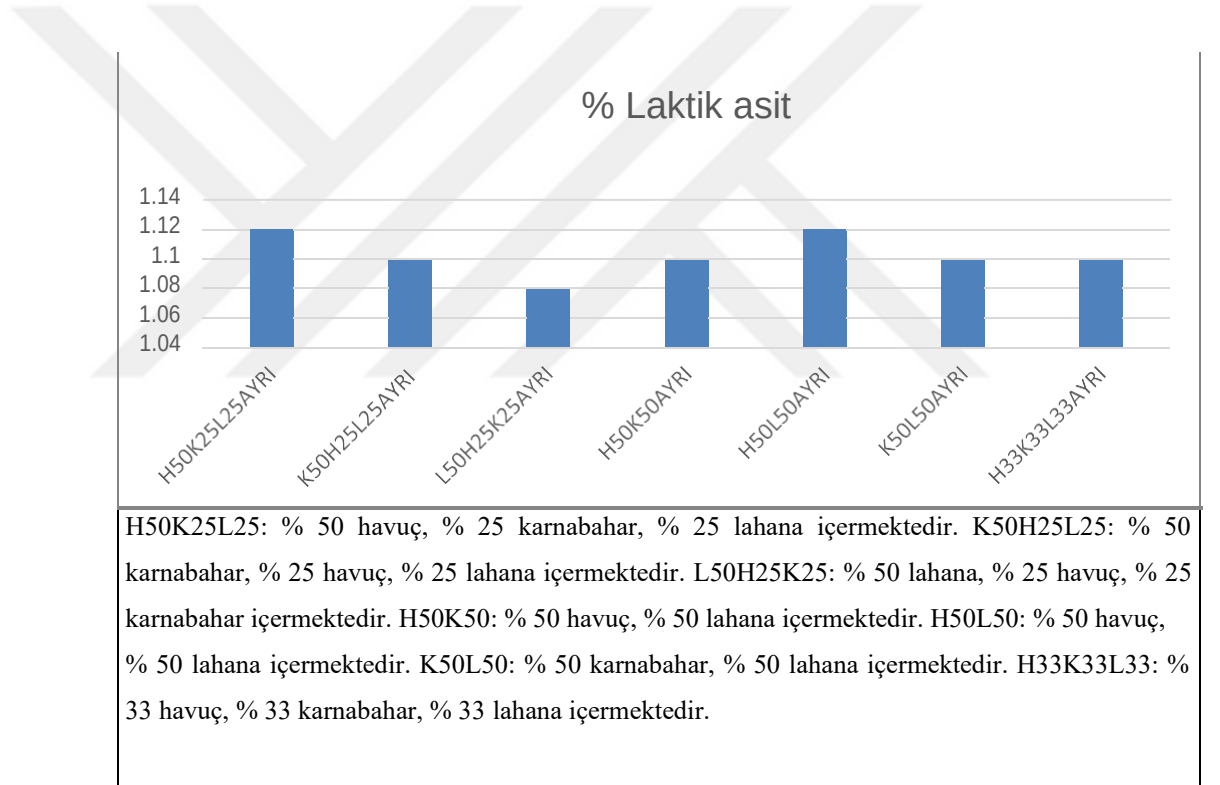
Farklı oranlarda kullanılan sebzeler arasından elde edilen sonuçların belirlenmesidir.

Karışık turşuda lahana, karnabahar ve havuç olmak üzere 3 çeşit sebze kullanılmıştır. Sebzeler 18'lik kovalarda her biri ayrı olmak üzere fermente edildikten sonra Çizelge 4.6'da belirtilen oranlarda 4L'lik kaplara dolmu yapılmıştır ve stok çözelti salamuraları % 6 tuz ve % 1 sitrik asit içerecek şekilde hazırlanmıştır.

Çizelge 4.5 Karışık turşuların içerisinde giren sebzelerin karışım oranları ve ürün isimlendirmeleri

örnekler	Lahana	Havuç	Karnabahar
H50L50	% 50	% 50	-
K50L50	% 50	-	% 50
H50K50	-	% 50	% 50
H33K33L33	% 33	% 33	% 33
L50H25K25	% 50	% 25	% 25
H50K25L25	% 25	% 50	% 25
K50H25L25	% 25	% 25	% 50

Üretim sonunda elde edilen ürünlerdeki laktik asit değerleri Şekil 4.42’de verilmiştir.



Şekil 4.46. Karışık turşularda fermentasyon sonunda elde edilen genel asitlik (% laktik asit) sonuçları

Fermentasyon sonunda en yüksek laktik asit değerlerine, en fazla oranda havuç bulunan H50K25L25 ve H50L50 ürünlerinde ulaşılmıştır. Havucun ise diğer sebzelere oranlara içerisinde daha fazla şeker barındırdığı bilinmektedir.

Ürünlerin duyuşal değerlendirme sonuçları ve laktik asit değerleri bir arada Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.6 Renk, doku, tat ve genel izelnim kriterlerine göre yapılan duyusal analizin puanlama sonuçları ve fermentasyon sonunda ulaşılan genel asitlik (% laktik asit) değerleri

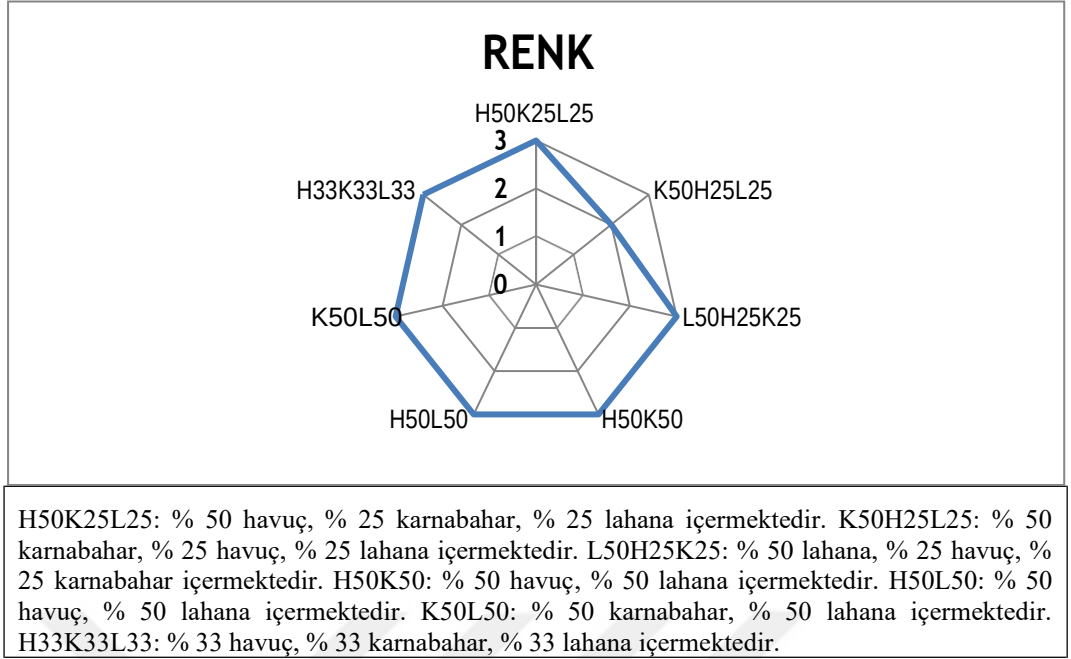
ÖRNEKLER	RENK	DOKU	LEZZET	GENEL İZLENİM	% LAKTİK ASİT
H50K25L25	3	4	4	4	1,13
K50H25L25	2	4	4	4	1,10
L50H25K25	3	5	4	4	1,08
H50K50	3	4	4	4	1,10
H50L50	3	4	4	4	1,13
K50L50	3	4	4	4	1,10
H33K33L33	3	4	4	4	1,10

H50K25L25: % 50 havuç, % 25 karnabahar, % 25 lahana içermektedir. K50H25L25: % 50 karnabahar, % 25 havuç, % 25 lahana içermektedir. L50H25K25: % 50 lahana, % 25 havuç, % 25 karnabahar içermektedir. H50K50: % 50 havuç, % 50 lahana içermektedir. H50L50: % 50 havuç, % 50 lahana içermektedir. K50L50: % 50 karnabahar, % 50 lahana içermektedir. H33K33L33: % 33 havuç, % 33 karnabahar, % 33 lahana içermektedir.

Farklı karışım yüzdeleri ile elde edilen karışık turşulara bakıldığında genel asitliği en yüksek ürün % 50 Havuç, % 25 Karnabahar, % 25 Lahana ile %50 Havuç % 50 Lahana içeren örnek olduğu saptanmıştır.

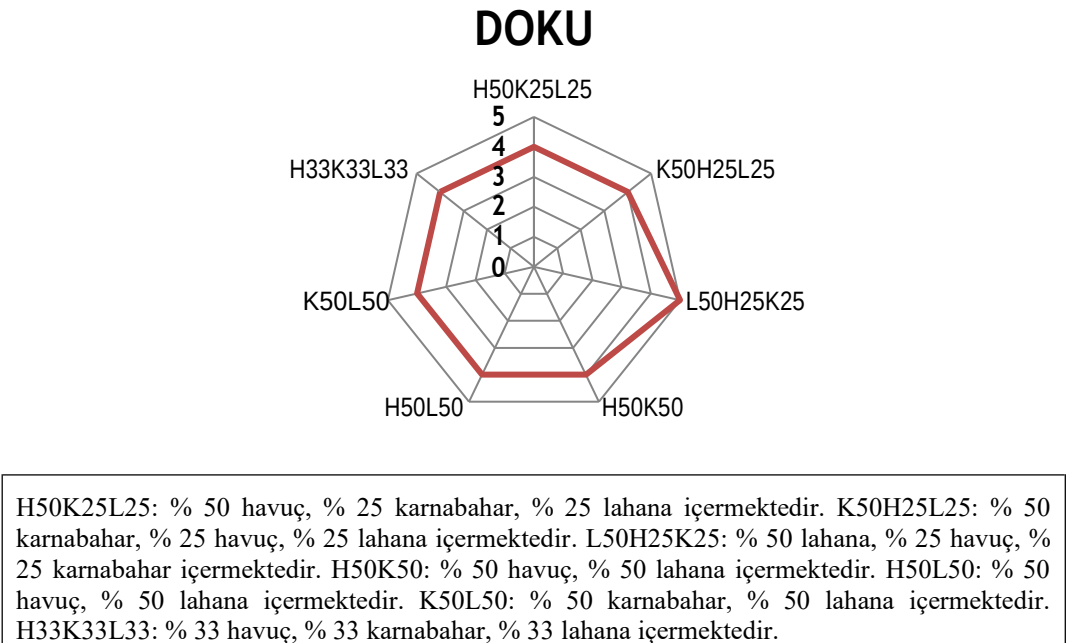
Renklerindeki matlık-canlılık, homojenlik gibi özelliklere göre değerlendirildiğinde L50H25K25 beğenilmiştir. Doku ve lezzet bakımından L50H25K25 örneği diğerlerine göre daha ideale yakın sertlikte ve lezzette bulunmuştur. Yine L50H25K25 örneğinin genel izlenimi ideale en yakın örnek olarak tercih edilmiştir. Örneklerin genel asitliği ile duyusal özellikleri kıyaslandığında, L50H25K25 örneği fermentasyon sonunda diğer örneklerle göre en az laktik asit değerine sahip olmasına rağmen duyusal olarak oldukça beğenilmiştir. Karışık turşu fermentasyonlarında her bir sebzenin farklı aroma ve dokuda olduğu düşünüldüğünde, bu etkenlerin fermentasyon sırasında duyusal özellikleri belirlemede baskın olduğu düşünülmektedir.

Ürünlerin duyusal analiz sonuçları örümcek diyagramları ile renk, doku, lezzet ve genel izlenim kriterlerine göre sırasıyla Şekil 4.48, Şekil 4.49, Şekil 4.50 ve Şekil 4.51’de verilmiştir.



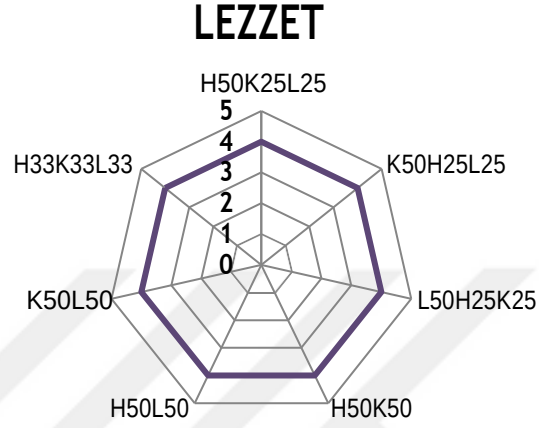
Şekil 4.47. Laktik asit fermentasyonu ile üretilen karışık turşurun duyu analizi renk sonuçları

Duyu analizi sonuçlarına göre renk değerlendirmesinde K50H25L25 örneği sebzelerin kendine has renginde bozulma ve homojenlikte azalma olarak değerlendirilmiştir. Diğer örneklerin sonuçları ise birbirine yakınlık göstermektedir. Bu örneklerde sebzeler kendine has renkte, homojen, ideal turşu rengi olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4.48. Laktik asit fermentasyonu ile üretilen karışık turşurun duyu analizi renk sonuçları

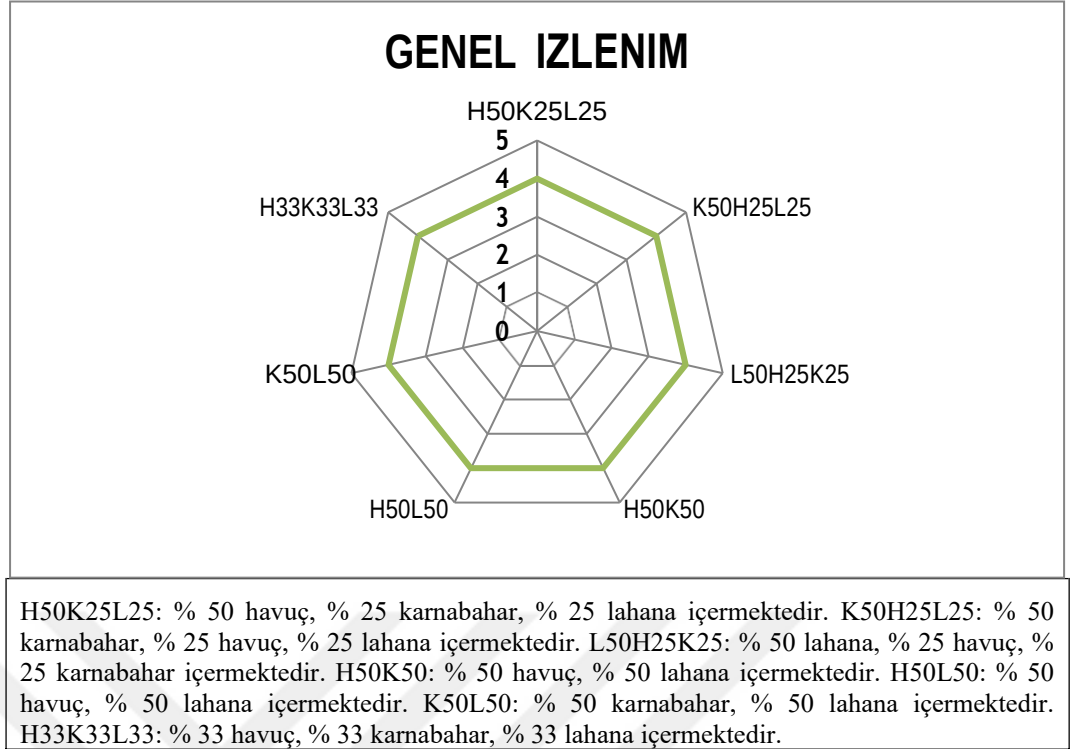
Turşusunda önemli kalite özellikleri arasında sertlik / yumuşaklık gibi kriterler bulunmaktadır. Duyusal değerlendirmelerde katılımcılar arasında ideal sertliğe sahip olarak L50H25K25 örneğinde elde edilmiştir. Diğer örnekler ise benzer özellik göstermekte olup, ideal sertliğe yakın olarak değerlendirilmiştir.



H50K25L25: % 50 havuç, % 25 karnabahar, % 25 lahana içermektedir. K50H25L25: % 50 karnabahar, % 25 havuç, % 25 lahana içermektedir. L50H25K25: % 50 lahana, % 25 havuç, % 25 karnabahar içermektedir. H50K50: % 50 havuç, % 50 lahana içermektedir. H50L50: % 50 havuç, % 50 lahana içermektedir. K50L50: % 50 karnabahar, % 50 lahana içermektedir. H33K33L33: % 33 havuç, % 33 karnabahar, % 33 lahana içermektedir.

Şekil 4.49. Laktik asit fermentasyonu ile üretilen karışık turşurun duyusal analiz renk sonuçları

Farklı oranlarda sebze kombinasyonlarıyla laktik asit fermentasyonu ile üretilen karışık turşularda lezzetler birbirlerine yakınlık göstermektedir. Örnekler ideal turşu lezzetine yakın olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4.50. Laktik asit fermantasyonu ile üretilen karışık turşurun duyusal analiz renk sonuçları

Duyusal analizler sonucu örnekler genel izlenimlerine göre ele alındıklarında tüm örnekler benzer özellik göstermektedir ve iyi olarak değerlendirilmişlerdir.

5 GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı, farklı fermantasyon stratejileri ile endüstriyel çapta turşu üretimi gerçekleştirmektir. Laboratuvar ortamından endüstriyel ortama adaptasyon sırasında lahana turşusunda meydana gelebilecek değişiklik ve/veya sorunların değerlendirilmesi ve karışık turşu içinde kullanılan sebzelerin aynı kalması ancak farklı miktardaki kombinasyonları ile meydana gelebilecek değişikliklerin turşu lezzeti ve kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Yapılan çalışmalar sonucunda küçük ölçekte % 1 ve % 1,5 sitrik asit içeren lahana turşuları % 2 sitrik aside göre daha fazla tercih edilmiştir. Üretilen lahana turşularından doku, laktik asitlik, lezzet açısından en iyi sonuçları % 2,5 – % 6 tuz ve % 1 sitrik asit olan turşular ile elde edilmiştir. % 8 tuz kullanımının dokuya zarar verdiği, lahana dokusunun sertliğinde azalma meydana getirdiği ortaya çıkmıştır.

Orta ve büyük ölçekte en iyi sonuçlara % 6 tuz oranı ve % 1 sitrik asit değeri ile ulaşılmıştır. % 2,5 tuz değerleri fermantasyona olumsuz yansımıştır. Orta ve büyük ölçekte en iyi laktik asit (%) değeri sırasıyla 18L > 1000L > 220L kaplarında elde edilmiştir. Bu sonuç, endüstriyel anlamda şirketlere yol gösterici niteliğinde olup, her ölçeğin farklı avantajları olmasının yanında, büyük ölçeklerde yapılan üretimlerde fermantasyon açısından iyi sonuçlar elde edileceğini göstermiştir.

18L’lik kaptan 220L’lik kaba kültür içeren sıvı transferi, 220L’lik kapta gerçekleşen fermantasyon süresinin kısalmasına yardımcı olmuştur.

Orta ve büyük ölçekte lahana turşusu üretiminde en iyi tekstür (kg) sırasıyla ölçeklere göre 220L > 1000L > 18L kaplarında elde edilmiştir. Bunun nedeni olarak uygulanan kültür transferi olduğu düşünülmüştür. 18L ve 1000L’lik ölçeklerde üretime nazaran 220L gibi orta ölçekte yapılan üretimden dokusal hasara daha az sebebiyet vermesi açısından daha iyi sonuçlar elde edileceğini göstermiştir.

Karışık turşularda en iyi sonuçlar L50H25K25 örneğinde elde edilmiştir.

Bu çalışmada, laboratuvar ortamı ile endüstriyel ölçek arasındaki farklar gösterilmiş olup, endüstriyel ölçekte yapılan üretimler hakkında yol gösterici olması temennisi içermektedir.



KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abdel-Rahman, M.A. and Sonomoto, K.,** 2016, Opportunities to overcome the current limitations and challenges for efficient microbial production of optically pure lactic acid, *J. Biotechnol.*, 236: 176-192 pp., <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiotec.2016.08.008>
- Acar Tek, N. Ve Karaçıl, M.Ş.,** 2013, Dünyada üretilen fermente ürünler: tarihsel süreç ve sağlık ile ilişkileri, *U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27 (2), 163-173 s.
- Akbaş, L.G.,** 2006, Değişik Turşularda Biyojen Amin Miktarları Üzerine Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, 96s.
- Akbulut, N. ve Çalış, S.,** 1992, Tatlı ve ekşi-tatlı turşuların özellikleri üzerinde bir araştırma. *Gıda*, 17 (6), 399-403 s.
- Aktan, N. ve Kalkan, H.,** 2000, Şarap Teknolojisi, Kavaklıdere, Eğitim Yayınları, 4, Ankara, 614 s.
- Aktan, N., Yücel, U. ve Kalkan, H.,** 1998, Turşu Teknolojisi, *Ege Üni. Ege Meslek Yüksek Okulu Yayınları*, 23: 138s.
- Alberto, M.R., Arena, M.E. and Manca de Nadra, M.C.,** 2007, Putrescine production from agmatine by *Lactobacillus hilgardii*: effect of phenolic compounds, *Food Control*, 18: 898-903 pp.
- Anonymous,** 2015, Hıyar Turşusu Standardı, TS 11112, TSE, Ankara, 13 s.
- Anonymous,** 1990c, Lahana Turşusu Standardı. TS 4200, TSE, Ankara, 5 s.
- Anonymous,** 1984, Official Methods of Analysis (AOAC), *Assoc. Chem., Arlington*, 14, VA.
- Augier, F., Hardy, N., Nienow, A. W., Béal, C. and Chaabane, F.B.,** 2017, Scale-up agitation criteria for *Trichoderma reesei* fermentation. *Chemical Engineering Science*, 172: 158-168 pp.
- Block, G., Patterson, B. and Subar, A.,** 1992, Fruit, vegetables and cancer prevention: a review of the epidemiological evidence, *Nutr Cancer*, 12: 1-29 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Cemeroğlu, B.**, 1992, Meyve ve Sebze İşleme Endüstrisinde Temel Analiz Metotları, Biltav Yayınları, Ankara, 381s.
- Curiel, J.A., Rodríguez, H., Landete, J.M., De las Rivas, B. and Muñoz, R.**, 2010, Ability of *Lactobacillus brevis* strains to degrade food phenolic acids, *Food Chemistry*, 120: 225-229 pp.
- Çalış, S. ve Akbulut, N.**, 1993, Hıyar, lahana, biber, havuç ve domates turşularının özellikleri üzerinde bir araştırma. *Gıda*, 18 (3), 207-213 s.
- Çolak, H., Dağhoğlu, F. ve Şimşek, O.**, 2006, Brokolinin konserve tipi turşuya uygunluğunun araştırılması, *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, Bolu, 507-510 s.
- Desai, P. and Sheth, T.**, 1997, Controlled fermentation of vegetables using mixed inoculum of lactic cultures, *J. Food Sci. Technol*, 34: 155 – 158 pp.
- de Oliveira, R.A., Komesu, A., Vaz Rossell, C.E. and Filho, R.M.**, 2018, Challenges and opportunities in lactic acid bioprocess design - from economic to production aspects, *Biochemical Engineering Journal*, 133: 219-239 pp.
- Enfors, S.O., Jahic, M., Rozkov, A., Xu, B., Hecker, M. and Jürgen, B.**, 2001, Physiological responses to mixing in large scale bioreactors, *J. Biotechnol.* 85: 175–185 pp., [http://dx.doi:10.1016/S0168-1656\(00\)00365-5](http://dx.doi:10.1016/S0168-1656(00)00365-5).
- Franco, W. and Pérez-Díaz, I.M.**, 2012, Role of selected oxidative yeasts and bacteria in cucumber secondary fermentation associated with spoilage of the fermented fruit, *Food Microbiology*, 32: 338-344 pp.
- Gong, Z., Zhang, M. and Sun, J.**, 2007, Physico-chemical properties of cabbage powder as affected by drying methods, *Drying Technology*, 25: 913-916 pp.
- González-Sáiz, J.M., Garrido-Vidal, D. and Pizarro, C.**, 2009, Scale-up and design of processes in aerated-stirred fermenters for the industrial production of vinegar, *Journal of Food Engineering*, 93: 89-100 pp.
- Güven, S., Başaran, M. ve Erüstün, G.**, 1983, Endüstri tipi lahana turşusu (sauerkraut) üretimi üzerinde araştırma, *Gıda*, 5: 217-224 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Hao, J., Xu, L., He, H., Du, X. and Jia, L.,** 2013, High-level expression of Staphylococcal protein A in *Pichia pastoris* and purification and characterization of the recombinant protein. *Protein Expr Purif*; 90:178–185. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pep.2013.06.005>.
- Harris, L.J., Fleming H.P. and Klaenhammer, T.R.,** 1992, Novel paired starter culture system for sauerkraut, consisting of a nisin-resistant *Leuconostoc mesenteroides* strain and a nisin-producing *Lactococcus lactis* strain., *Appl. Environ. Microbiol*, 58: 1484 – 1489 pp.
- Inatsu, Y., Maeda, Y., Bari, M.L., Kawasaki, S. and Kawamoto, S.,** 2005, Prewashing with acidified sodium chlorite reduces pathogenic bacteria in lightly fermented Chinese cabbage, *Journal of Food Protection*, 68 (5), 999–1004 pp.
- Jagannath, A., Raju, P.S. and Bawa, A.S.,** 2011, A two-step controlled lactic fermentation of cabbage for improved chemical and microbiological qualities, *Journal of Food Quality*, <http://dx.doi:10.1111/j.1745-4557.2011.00427.x>, ISSN 1745-4557.
- Ji, X.J., Huang, H., Guo, D.S., Ren, L.J., Li, G.L. and Sun, X.M.,** 2018, Development of a scale-up strategy for fermentative production of docosahexaenoic acid by *Schizochytrium* spp., *Chemical Engineering Science*, 176: 600-608 pp.
- Ji, F.-D., Ji, B.-P., Li, B. and Lu, F.,** 2008, Effect of fermentation on nitrate, nitrite and organic acid contents in traditional pickled Chinese cabbage., *Journal of Food Processing and Preservation*, 33: 175–186 pp. <http://dx.doi:10.1111/j.1745-4549.2008.00291.x>.
- Jing, P., Song, L.H., Shen, S.Q., Zhao, S.J., Pang, J. and Qian, B.J.,** 2014, Characterization of phytochemicals and antioxidant activities of red radish brines during lactic acid fermentation, *Molecules*, 19 (7), 9675-9688 pp.
- Johanningsmeier, S., McFeeters, R.F., Fleming, H.P. and Thompson, R.L.,** 2007, Effect of *Leuconostoc mesenteroides* starter culture on fermentation of colour with reduced salt concentrations, *J. Food Sci.*, 72: 166 – 172 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Kang, Q., Wang, T., Liu, X., Ji, Z., Song, Q. and Lu, J.,** 2015, Fermentation optimization of maltose-binding protein fused to neutrophil-activating protein from *Escherichia coli* TB1, *Electronic Journal of Biotechnology*, 18: 281–285 pp.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0717345815000652>.
- Karaçıl, M.Ş. ve Acar-Tek, N.,** 2013, Dünyada üretilen fermente ürünler: tarihsel süreç ve sağlık ile ilişkileri, *U.Ü. Zir. Fak. Derg.*, 27 (2), 163-173 s.
- Karovicová, J. and Kohajdová, Z.,** 2005, Lactic acid fermentation of various vegetable juices, *Acta Alimentaria*, 34 (3), 237-246 pp.
- Karovicová, J. and Kohajdová, Z.,** 2003, Sensory and chemical evaluation of lactic acid-fermented cabbage-onion juices, *Chem. Pap.*, 59 (1), 55-61 pp.
- Kasım, M.U., Kasım, R.,** 2016. Taze kesilmiş baklada yüksek dozda sitrik asit uygulamalarının polifenol enzim aktivitesi ve kalite üzerine etkisi. *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 19 (3) : 339-347 s.
- Kazancı, Y.T.,** 2008, Hıyar Turşusu Üretiminde Farklı Asit ve pH'nın Renk Stabilitesi Üzerine Etkisi., Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, 54s.
- Kılıç, O., Çopur, Ö.U. ve Görtay, Ş.,** 1991, Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi Uygulama Kılavuzu, *U. Ü. Ziraat Fakültesi Ders Notları*, (7), Bursa, 147s.
- Larsson, G., George, S., Olsson, K. and Enfors, S. –O.,** 1998, Comparison of the Baker's yeast process performance in laboratory and production scale, *Bioprocess Engineering*, 18: 135-142 pp.
- Lee, N.Y., Kim, N.H., Jang, I.S., Jang, S.H., Lee, S.H., Hwang, I.G. and Rhee, M.S.,** 2014, Decontamination efficacy of neutral electrolyzed water to eliminate indigenous flora on a large-scale of cabbage and carrot both in the laboratory and on a real processing line, *Food Research International*, 64: 234–240 pp.
- Lee, C.H.,** 2001, Fermentation Technology in Korea, Korea University Press.
- Lee, C.H.,** 1997, Lactic acid fermented foods and their benefits in Asia, *Food Control* 8: 259–269 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Lee, C.H.**, 1994, Importance of lactic acid bacteria in non-dairy food fermentation, in *Lactic Acid Fermentation of Non-dairy Food and Beverages*, Harn L.W., Lee, C.H., Adler-Nissen, J. and Barwald, G.
- Liu, C., Tan, T., Wang, F., Xu, T., Wei, Y. and Zhang, P.**, 2016, Fermentation scale up for a-arbutin production by *Xanthomonas* BT-112, *Journal of Biotechnology*, 233: 1-5 pp.
- Liu, W.C., Gong, T., Wang, Q.H., Liang, X., Chen, J.J. and Zhu, P.**, 2016, Scaling-up fermentation of *Pichia pastoris* to demonstration-scale using new methanol-feeding strategy and increased air pressure instead of pure oxygen supplement, *Scientific Reports*, 6: 18439, <http://dx.doi:10.1038/srep18439>.
- MacLeod, A.J. and MacLeod, G.**, 1970, The flavor volatiles of dehydrated cabbage, *Journal of Food Science*, 35: 739-743 pp.
- Nagai, R., Nagai, M., Shimasaki, S., Baynes, J.W. and Fujiwara, Y.**, 2010, Citric acid inhibits development of cataracts, proteinuria and ketosisin streptozotocin (type 1) diabetic rats, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 393: 118–122 pp.
- Narayanan, N., Roychoudhury, P. K. and Srivastava, A.**, 2004, L(+) lactic acid fermentation and its produc polymerization, *Electron. J. Biotechnol.*, 7: 167-179 pp., <http://dx.doi.org/10.2225/vol7-issue2-fulltext-7>.
- Neish, A.C.**, 1952, Analytical methods for bacterial fermentations, *Nat Res Counc Can Bull*, 46 (8): 3pp.
- Nilsson, J., Stegmark, R. and Akesson, B.**, 2004, Total antioxidant capacity in different pea varieties after blanching and freezing, *Food Chemistry*, 86: 501-507 pp.
- Nizamlioğlu, N.M. ve Nas, S.**, 2010, Meyve ve sebzelerde bulunan fenolik bileşikler; yapıları ve önemleri, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* 5 (1): 20-35 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Nout, R.**, 2001, Fermented Foods and Their Production. In: Fermentation and Food Safety, Eds, M.R., Adams and M.J.R. Nout. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland. p.1-19.
- Okcu, G., Güneş Altuntaş, E. ve Ayhan, K.**, 2011, Laktik asit fermantasyonunda fenolik bileşikler ve önemi, *Ordu Üniv. Bil. Tek. Derg.*, 1 (1), 50-63 s.
- Özcan, M.**, 1999, Pickling and storage of caperberries (*Capparis spp.*), *Z. Lebensm. Unters. For. A.* 208: 379–382 pp.
- Özçelik, F., Tokatlı, M., Dursun, D., Arslankoz, N. ve Şanlıbaba, P.**, 2012, Turşu üretiminde laktik asit bakterilerinin önemi, *Akademik Gıda* 10 (1): 70-76 s.
- Özçelik, F. ve Ulu, T.**, 2002, Depolanmış hıyar tursularının sertliği ve duyuşal özellikleri üzerine pH'nın etkisi, *Gıda*, 27 (6): 521-527 s.
- Özçelik, F. ve İç, E.**, 2000, Hıyar turşularının düşük tuz konsantrasyonlarında depolanması üzerine bazı koşulların etkileri, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6 (4): 115-119 s.
- Özçelik, F., İç, E. ve Yıldız, Ş.**, 1998, Hıyar turşusu üretiminde pH stabilitesinin fermantasyon üzerine etkisi, *Gıda*, 23 (2): 87-95 s.
- Panagou, E.Z.**, 2004, Effect of different packing treatments on the microbiological and physicochemical characteristics of untreated green olives of the *Conservolea cultivar*, *Journal Of The Science Of Food And Agriculture*, 84: 757–764 pp.
- Pederson, C.S. and Albury, M.N.**, 1969, The sauerkraut fermentation, *Tech. Bull. Bulletin* 824. Geneva, N.Y.: N.Y. State Agr. Expt. Sta..
- Pederson, C.S. and Albury, M.N.**, 1961, The effect of pure culture inoculation on fermentation of cucumbers, *Food Technol*, 15: 351–354 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Pérez, E. R., Trujillo, L.E., Rodríguez, I., Sobrino, A., Hernández, L., Menéndez, C. and Martínez, D.,** 2017, Scaling-up batch conditions for efficient sucrose hydrolysis catalyzed by an immobilized recombinant *Pichia pastoris* cells in a stirrer tank reactor, *Electronic Journal of Biotechnology*, 25: 39–42 pp.
- Rajkumar, G., Shanmugam, S., de Sousa Galvão, M., Sandes, R.D.D., Neta, M.T.S.L., Narain, N. and Mujumdar, A.S.,** 2017, Comparative evaluation of physical properties and volatiles profile of cabbages subjected to hot air and freeze drying, *LWT - Food Science and Technology*, 80: 501-509 pp.
- Reisman, H.B.,** 1993, Problems in scale-up of biotechnology production processes, *Critical Reviews in Biotechnology*, 13 (3): 195-253 pp.
- Rhee, S.J., Lee, J.-E. and Lee, C.-H.,** 2011, Importance of lactic acid bacteria in Asian fermented foods. Rhee et al. *Microbial Cell Factories*, 10 (Suppl 1):S5.
- Salmon, K., Hung, S.-P., Mekjian, K., Baldi, P., Hatfield, G. W., and Gunsalus, R. P.,** 2003, Global gene expression profiling in *Escherichia coli* K12: the effects of oxygen availability and FNR, *J. Biol. Chem.* 278: 29837–29855 pp. <http://dx.doi:10.1074/jbc.M213060200>
- Schmidt, F.R.,** 2005, Optimization and scale up of industrial fermentation processes, *Appl Microbiol Biotechnol*, 68: 425–435 pp.
- Singh, J., Upadhyay, A.K., Bahadur, A., Singh, B., Singh, K.P. and Rai, M.,** 2006, Antioxidant phytochemicals in cabbage (*Brassica oleracea* L. var. capitata), *Scientia Horticulturae*, 108: 233 – 237 pp.
- Singh, K. K., Das, M. M., Samanta, A. K., Kundu, S. S., Sharma, S. D.,** 2002. Evaluation of certain feed resources for carbohydrate and protein fractions and in situ digestion characteristics. *Indian J. Anim. Sci.*, 72 (9): 794-797 pp.
- Steinkraus, K.H.,** 1988, Handbook Of Indigenous Fermented Foods. Marcel Dekker, New York.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Steinkraus, K.H.**, 1983, Lactic acid fermentation in the production of foods from vegetables, cereals and legumes, *Antonie Van Leeuwenhoek*, 49: 337-348 pp.
- Sultana, S., Iqbal, A and Islam, M.N.**, 2014, Preservation of carrot, green chilli and brinjal by fermentation and pickling. *International Food Research Journal* 21(6) : 2405-2412 pp.
- Şahin, İ. ve Akbaş, H.**, 2001, Hıyar tursularında yumuşamanın önlenmesi ve kullanılabilirlik CaCl_2 miktarının belirlenmesi, *Gıda*, 26 (3): 333-338 s.
- Şahin, İ.**, 1997, Turşu, Tarımsal Araştırmaları Destekleme ve Geliştirme Vakfı, Yayın No: 29, Yalova, 64s.
- Tamang, J.P.**, 2010a, Diversity of Fermented Foods. In: Fermented Foods and Beverages of the World, Tamang JP, Kailasapathy K (ed), CRC Press Newyork, United States of America, 41-84 pp.
- Tang, Y.J., He, L. and Hollinshead, W.**, 2014, Biofuel production: an odyssey from metabolic engineering to fermentation scale-up, *Frontiers in Microbiology*, 5 (344), <http://dx.doi:10.3389/fmicb.2014.00344>
- Thiry, M. and Cingolani, D.**, 2002, Optimizing scale-up fermentation processes. *Trends Biotechnol*, 20: 103-105 pp.
- TÜİK**, Türkiye İstatistik Kurumu, 2019, <http://tuik.gov.tr> (Erişim tarihi: 4 Temmuz 2019).
- Ulu, T.**, 2001, Hıyar turşularının depolanma stabilitesi üzerine pH'nın etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 47s.
- Uylaşer, V. ve Başoğlu, F.**, 2001, Gıda Analizlerine Giriş Uygulama Kılavuzu, No: 9, Bursa, 115 s.
- Valverde, C. V., Sidro, B., Frias, J. and Peñas, E.**, 2010, Chemical evaluation and sensory quality of sauerkrauts obtained by natural and induced fermentations at different NaCl levels from *Brassica oleracea* Var. *capitata* Cv. Bronco Grown in Eastern Spain effect of storage., *J. Agric. Food Chem.*, 58 (6): 3549–3557 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Viander, B., Maki, M. and Palva, A.,** 2003, Impact of low salt concentration, salt quality on natural large-scale sauerkraut fermentation, *Food Microbiol*, 20: 391 – 395 pp.
- Wiander, B. and Ryhänen, E.-L.,** 2005, Laboratory and large-scale fermentation of white cabbage into sauerkraut and sauerkraut juice by using starters in combination with mineral salt with low NaCl content, *Eur Food Res Technol*, 220: 191–195 pp. <http://dx.doi10.1007/s00217-004-1080-5>
- Xiong, T., Li, J., Liang, F., Wang, Y., Guan, Q. and Xie, M.,** 2016, Effects of salt concentration on Chinese sauerkraut fermentation, *LWT - Food Science and Technology*, 69: 169 – 174 pp.
- Yan, P.M., Xue, W.T., Tan, S.S., Zhang, H. and Chang, X.H.,** 2008, Effect of inoculating lactic acid bacteria starter cultures on the nitrite concentration of fermenting Chinese paocai, *Food Control*, 19: 50–55 pp.
- Yıldırım, H.K., Akçay, Y.D., Güvenç, U., Altındışli, A. ve Sözmen, E.Y.,** 2005., Antioxidant activities of organic grape, pomace, juice, must, wine and their correlation with phenolic content, *International Journal of Food Science and Technology*, 40, 133–142 pp.
- Zhou, S., Causey, T.B., Hasona, A., Shanmugam, K.T. and Ingram, L.O.,** 2003, Production of optically pure D-lactic acid in mineral salts medium by metabolically engineered *Escherichia coli* W3110, *Appl. Environ. Microbiol*, 69: 399-407, <http://dx.doi.org/10.1128/AEM.69.1.399-407.2003>

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım sırasında hiç bir zaman emeğini esirgemeyen ve her daim yanımda olan kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Hatice KALKAN YILDIRIM’a,

Çalışmamın gerçekleşmesinde bütün olanakları sağlayan K.F.C. Gıda Tekstil Sanayi İthalat İhracat Yatırım Anonim Şirketi firmasının başta Genel Müdürü Cevat KOÇ’a, Üretim Müdürü Ahmet Murat MUMCU’ya, desteklerinden dolayı tüm mühendis arkadaşlarıma, kalite ve üretim elemanlarına teşekkürlerimi borç bilirim.

Değerli arkadaşım Tahir ERDEMİR’e ve bu süreç boyunca maddi manevi her daim arkamda duran, desteklerini esirgemeyen, varlıklarına şükrettiğim ablalarım Dilek ve Bahar İCİL’e, annem ve babam Cemile - Yusuf İCİL’e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Selvi İCİL

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Selvi İCİL

Doğum yeri / tarihi: Antakya / 1990

Yabancı Dil : İngilizce / Almanca

e-posta : selviicilgm@gmail.com

Eğitim bilgileri:

- Yüksek Lisans, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Biyoteknoloji Bölümü, 2016-2019, İzmir.
- Lisans, Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü'nde (% 100 İngilizce), 2009-2015, Gaziantep.
- Lise, Selim Nevzat Şahin Anadolu Lisesi, Fen Bilimleri, 2004-2008, Hatay.