ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SUCUKTA ÜRETİM SIRASINDA MEYDANA GELEN MİKROBİYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL DEĞİŞMELEREÜRETİM SICAKLIĞININ VE STARTER KÜLTÜRÜN ETKİSİ

Gülşah BİLGE

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2010

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SUCUKTA ÜRETİM SIRASINDA MEYDANA GELEN MİKROBİYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL DEĞİŞMELERE ÜRETİM SICAKLIĞININ VE STARTER KÜLTÜRÜN ETKİSİ

Gülşah Bilge

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ayla SOYER

Çalışmada, sucukta üretim sırasında meydana gelen mikrobiyolojik ve biyokimyasal değişmelere starter kültürlerin ve üretim sıcaklığının etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, starter kültür içermeyen (kontrol) ve *Pediococcus pentosaceus ve Staphylococcus xylosus* (S1), *Lactobacillus sakei* ve *Staphylococcus carnosus* (S2), *Staphylococcus xylosus* (S3) starter kültürleri içeren dört farklı grup sucuk üretilmiştir. Sucuklar 20-22^{o}C ve 24-26^{o}C üretim sıcaklıklarında üretilmiş ve üretim sırasında meydana gelen mikrobiyolojik ve biyokimyasal değişmeler araştırılmıştır.

Sucuklarda üretim süresince kurumaya bağlı olarak nem miktarlarında azalma, protein, yağ ve kül miktarlarında artış görülmüştür. Starter kültür, üretim sıcaklığı ve üretim süresi sucuklarda önemli düzeyde a_w ve pH düşüşüne, titrasyon asitliğinde artışa, laktik asit ve asetik asit miktarlarında artışlara neden olmuştur ($P<0,01$). S1 ve S2 starter kültürlerini içeren sucuklarda laktik asit ve asetik asit miktarında meydana gelen artışlar K ve S3 sucularından daha fazla olmuştur. Yüksek üretim sıcaklığı ve fermantasyon periyodu (2-5 günler) daha hızlı pH düşüşüne ve asitlik artışına neden olmuştur.

TMAB ve LAB yüklerine starter kültürün ve üretim sıcaklığının ve üretim süresinin birlikte etkisi önemli olmuştur ($P<0,01$). Yüksek üretim sıcaklığında ve fermantatif suş içeren S1 ve S2 grupları en fazla TMAB ve LAB yüküne sahip olmuşlardır. Mikrokok-stafilokok (M-S) bakteri yükü her iki üretim sıcaklığında da ilk iki gün artmış, fakat ortama LAB'nin hakim olmasıyla birlikte M-S yükünde düşüş gözlenmiştir. Düşük sıcaklıkta üretilen K ve S3 sucuklarında M-S yükünde daha fazla düşüş meydana gelmiştir ($P<0,01$).

Çiğ sucukların duyusal değerlendirme sonuçları düşük sıcaklıkta S3 sucuklarının tüm özellikler yönünden en az beğenildiğini, K, S1 ve S2 sucuklarının ise beğenildiğini göstermiştir.

Mart 2010, 118 sayfa

Anahtar Kelimeler: Sucuk, üretim süresi, sıcaklık, starter kültür, mikrobiyel yük, pH, toplam asitlik, laktik asit, asetik asit.

ABSTRACT

Master Thesis

EFFECT OF STARTER CULTURE AND PROCESSING TEMPERATURE ON MICROBIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHANGES OF TURKISH FERMENTED SAUSAGES (SUCUK)

Gülşah Bilge

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

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ayla SOYER

The effects of starter cultures and processing temperatures on the microbial and biochemical changes in Turkish fermented sausages (sucuk) during processing were investigated. Three commercial starter cultures of *Pediococcus pentosaceus* and *Staphylococcus xylosus* (S1*), Lactobacillus sakei* and *Staphylococcus carnosus* (S2) and *Staphylococcus xylosus* (S3), and one control without starter (K) formulations were developed, and the sausages were fermented and dried at 20-22^{o}C and 24-26^{o}C temperatures.

The decrease in moisture and increases in protein, fat and ash contents were observed during processing. Starter culture addition, processing temperature and processing time resulted in significant decreases in a_w and pH and increases in titratable acidity, lactic acid and acetic acid ($P<0,01$). The sausages contained fermentative strains such as S1 and S2 had higher lactic acid and acetic acid than the sausages contained non fermentative strain or control sausages. A faster decline in pH and increase in acid content was observed in high temperature and during fermentation (from day 2 to 5).

Total viable bacteria (TVB) and lactic acid bacteria (LAB) load were significantly affected by the addition of starter culture, temperature and processing time ($P<0,01$). S1 and S2 sausages had the highest TVB and LAB counts in high processing temperature. *Micrococcus-Staphylococcus* counts increased during the first 2 days, and then decreased with the domination of LAB. These decreases were significant in K and S3 sausages processed at 20-22^{o}C ($P<0,01$).

Sensory evaluation in raw sausages showed that S3 sausages were less acceptable with respect to odor, color, texture, taste and overall acceptability compared to S1, S2 and K sausages.

March 2010, 118 pages

Key Words: Sucuk, processing time, temperature, starter culture, microbial load, pH, total acidity, lactic acid, acetic acid.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince her konuda danışmanım olan ve bana büyük hoşgörü gösteren değerli danışmanım Doç. Dr. Ayla SOYER'e; projede birlikte çalıştığım arkadaşım Eda KURT'a; laboratuar olanaklarından yararlandığım hocam Doç. Dr. Mehmet ÖZKAN'a tez çalışmamın istatistik analizlerini yapan Prof Dr. Zahide KOCABAŞ'a ve Berna ÖZALP ÖZEN'e; tüm okul yaşantım boyunca maddi ve manevi desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen ve her şeyimi onlara borçlu olduğum sevgili aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma **"Sucukta olgunlaşma sırasında meydana gelen karbonhidrat fermantasyonuna sıcaklık ve starter kültürün etkisi"** başlıklı ve **2006-0745051** no.lu proje numarası ile Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Müdürlüğü'nce desteklenen proje kapsamında yürütülmüştür.

Gülşah BİLGE, Yüksek Lisans çalışmasını TÜBİTAK BİYEP bursiyeri olarak tamamlamıştır.

Gülşah BİLGE
Ankara, Mart 2010

İÇİNDEKİLER

ÖZET……..……i
ABSTRACT…….....ii
TEŞEKKÜR……..……..iii
ŞEKİLLER DİZİNİ……..……..……...vi
ÇİZELGELER DİZİNİ…….…….....vii
1.GİRİŞ……..…1
2. KAYNAK ÖZETLERİ……..……4
3. MATERYAL VE YÖNTEM…….…..…24
3.1 Materyal……..……24
3.1.1 Et materyali…….……..24
3.1.2 Baharat, diğer katkı maddeleri ve starter kültür……...…...24
3.1.3 Kılıf materyali…….……25
3.2 Yöntem……..……....25
3.2.1 Sucuk üretimi……....25
3.3 Analiz Yöntemleri……....26
3.3.1 Nem miktarı tayini……..…..27
3.3.2 Protein miktarı tayini……...27
3.3.3 Yağ miktarı tayini……....27
3.3.4 Kül miktarı tayini…….…28
3.3.5 Enzimatik yöntemle karbonhidrat (sakkaroz, D-glukoz ve D-fruktoz) miktarı tayini…….……....28
3.3.6 Su aktivitesi (a_w) tayini……..……..…..31
3.3.7 pH tayini…….…….…..31
3.3.8 Titrasyon asitliği tayini……....…31
3.3.9 Enzimatik yöntemle laktik asit ve asetik asit miktarı tayini……....…32
3.3.10 Mikrobiyolojik analizler……....36
3.3.10.1 Toplam mezofil aerobik bakteri (TMAB) sayımı……..……...…36
3.3.10.2 Laktik asit bakteri (LAB) sayımı……...……....36
3.3.10.3 Mikrokok-stafilokok (M-S) sayımı…….36
3.3.11 Duyusal değerlendirme……..37
3.3.12 İstatistiksel analiz……..….37
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA……38
4.1 Nem Miktarı…….……....…38
4.2 Protein Miktarı……...….41
4.3 Yağ Miktarı ……...….43
4.4 Kül Miktarı…….…….44
4.5 Karbonhidrat (Sakaroz, D-Glukoz, D-Fruktoz) Miktarı…….…45
4.6 Su Aktivitesi (a_w) Değeri…….…….....48
4.7 pH Değeri…….…….....55
4.8 Titrasyon Asitliği…….…….....58
4.9 D-, L- ve Toplam Laktik Asit Miktarları……..…...…61
4.10 Asetik Asit Miktarı…….…...…69
4.11 Mikrobiyolojik Sonuçlar……...…73
4.11.1 Toplam mezofil aerob bakteri yükü…….…….....73
4.11.2 Laktik asit bakteri yükü…….…..…..75

4.11.3 Mikrokok-Stafilokok bakteri yükü……...77
4.12 Duyusal Değerlendirme…….....82
5. SONUÇ……..….87
KAYNAKLAR…….……..…89
EKLER…….……..…94
ÖZGEÇMİŞ…….….118

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Fermente sosislerde meydana gelen metabolik reaksiyonların şematik gösterimi……..…..…7
Şekil 2.2 Starter kültürlerin metabolik aktiviteleri…….…….....15
Şekil 4.1 Sucuk üretimi sırasında nem miktarında meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi……...40
Şekil 4.2 Sucuk üretimi sırasında protein miktarında meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi……...…42
Şekil 4.3 Sucuk üretimi sırasında yağ miktarında meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi……..……...…..…44
Şekil 4.4 Sucuk üretimi sırasında kül miktarında meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi……..……..…46
Şekil 4.5 Üretim sırasında kontrol (K) sucukların karbonhidrat miktarında meydana gelen değişmelere üretim sıcaklığının etkisi……...……51
Şekil 4.6 Üretim sırasında S1 starterli sucukların karbonhidrat miktarında meydana gelen değişmelere üretim sıcaklığının etkisi……...…51
Şekil 4.7 Üretim sırasında S2 starterli sucukların karbonhidrat miktarında meydana gelen değişmelere üretim sıcaklığının etkisi……....52
Şekil 4.8 Üretim sırasında S3 starterli sucukların karbonhidrat miktarında meydana gelen değişmelere üretim sıcaklığının etkisi……....52
Şekil 4.9 Sucuk üretimi sırasında su aktivitesi değerinde meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi…….....54
Şekil 4.10 Sucuk üretimi sırasında pH değerinde meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi……..…...…56
Şekil 4.11 Sucuk üretimi sırasında titrasyon asitliği miktarında meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi ….……60
Şekil 4.12 Sucuk üretimi sırasında D-laktik asit miktarında meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi…….....64
Şekil 4.13 Sucuk üretimi sırasında L-laktik asit miktarında meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkis……..…66
Şekil 4.14 Sucuk üretimi sırasında toplam laktik asit miktarında meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi……...68
Şekil 4.15 Sucuk üretimi sırasında asetik asit miktarında meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi……..…...…71
Şekil 4.16 Sucuk üretimi sırasında TMAB yükünde meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi…….…75
Şekil 4.17 Sucuk üretimi sırasında LAB yükünde meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi……..……..…...78
Şekil 4.18 Sucuk üretimi sırasında M-S yükünde meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi……...……...……81

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Fermente sosis üretiminde kullanılan starter kültürler……..…10
Çizelge 2.2 Fermente et ürünlerinde kullanılan starter kültürlerin özellikleri……..…11
Çizelge 2.3 Fermente et ürünlerinin üretiminde kullanılan mikroorganizmaların biyokimyasal aktiviteleri……14
Çizelge 3.1 Sucuk formülasyonu…….……26
Çizelge 3.2 Sakkaroz, D-glukoz ve D-fruktoz işlem tablosu……..28
Çizelge 3.3 D- ve L-laktik asit analizi işlem tablosu……...……34
Çizelge 3.4 Asetik asit analizi işlem tablosu……...34
Çizelge 4.1 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında nem miktarlarında meydana gelen değişmeler……..…39
Çizelge 4.2 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında protein miktarlarında meydana gelen değişmeler……41
Çizelge 4.3 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında yağ miktarlarında meydana gelen değişmeler……...…43
Çizelge 4.4 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında kül miktarlarında meydana gelen değişmeler……..…..45
Çizelge 4.5 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında sakaroz, glukoz ve fruktoz miktarlarında meydana gelen değişmeler……...50
Çizelge 4.6 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında a_w değerlerinde meydana gelen değişmeler……..…53
Çizelge 4.7 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında pH değerlerinde meydana gelen değişmeler…….....55
Çizelge 4.8 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında asitlik değerlerinde meydana değişmeler…….....…59
Çizelge 4.9 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında D-laktik asit miktarlarında meydana gelen değişmeler….....63
Çizelge 4.10 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında L-laktik asit miktarlarında meydana gelen değişmeler……....65
Çizelge 4.11 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında toplam laktik asit miktarlarında meydana gelen değişmeler…….…...67
Çizelge 4.12 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında asetik asit miktarlarında meydana gelen değişmeler…….……..…70

Çizelge 4.13 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında TMAB sayılarında meydana gelen değişmeler……...……74
Çizelge 4.14 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında LAB sayılarında meydana gelen değişmeler……..…..……77
Çizelge 4.15 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklard üretim sırasında M-S sayılarında meydana gelen değişmeler……...…..…...80
Çizelge 4.16 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen çiğ sucuğa ait duyusal değerlendirme sonuçları……...…….…..83
Çizelge 4.17 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen pişmiş sucuğa ait duyusal değerlendirme sonuçları……...…85

1.GİRİŞ

Günümüzde hayvansal protein tüketimi gelişmişlik ölçüsü olarak kabul edilmektedir. Bilim ve teknoloji alanında son yıllarda meydana gelen ilerlemeler karşısında et endüstrisinde de büyük aşamalar kaydedilmiştir. Buna paralel olarak et üretimi artmış ve toplam et üretiminin büyük bir kısmı et ürünleri yapımında kullanılmaya başlanmıştır. Önemli bir besin kaynağı olan et, hem taze olarak hem de dayanıklılığı arttırılarak, değişik lezzet ve aroma özellikleri kazandırmak amacıyla çeşitli teknolojik işlemlere tabi tutularak elde edilen mamuller olarak tüketilir. Ülkemizde başta fermente sucuk olmak üzere salam, sosis ve pastırma en çok üretilen ve tüketilen et mamulleridir (Erdoğrul ve Ergün 2005).

Ülkemizde et ürünleri üretiminin önemli bölümünü fermente sucuklar oluşturmakta ve et ürünleri içindeki payı %42'ye kadar çıkmaktadır (Erdoğrul vd. 2000). Ülkemizde sucuk üreten özellikle orta ve küçük işletmelerin pek çoğu, üretim teknolojisinin tam uygulanmaması, standart yöntem eksikliği ve ekonomik nedenlerle çok ilkel koşullar altında ve bilimsel gerçeklerden uzak bir şekilde üretim yapmaktadır. Teknolojik yetersizlik sucuğun olgunlaşmasını olumsuz yönde etkileyerek üründe istenilen yapı ve görünüşün, arzu edilen renk, tat ve aromanın oluşumunu engellemekte ve ekonomik açıdan da sorun yaratmaktadır. Türkiye'de sucuk yapım teknolojisi işletmeden işletmeye büyük farklılık göstermektedir.

Türk tipi fermente sucuk üretimi, geleneksel yöntemlere göre doğal koşullarda genellikle hava sıcaklığı, hava akımı ve rutubetin en uygun olduğu sonbahar aylarında yapılır ve üretilen sucuklar 15 - 20 gün olgunlaştırılarak tüketime hazır hale getirilir. Ancak, doğal koşullarda aynı kalite ve standartta sucuk üretimi mümkün olmamaktadır. Ayrıca günümüzde artan dünya nüfusu, teknolojik gelişmeler ve talep artışı gibi nedenlerden dolayı yılın her mevsiminde standart ve aynı kalitede et ürünü üretimi zorunlu hale gelmiştir (Gönülalan vd. 2001).

Geleneksel sucuk üretimi süresince en önemli işlem basamağı olan fermantasyon; zaman, bilgi ve işgücü gerektirmektedir. Bu durum sucuk üreticilerini daha kısa sürede üretilen, hijyenik ve en önemlisi ekonomik sucuk üretim yöntemi geliştirmeye yönlendirmiş ve sonuç olarak sucuk üretiminde ısıl işlem uygulaması yaygınlaşmıştır. Isıl işlem uygulanan sucuklarda fermantasyon süresince oluşan arzu edilen duyusal özellikler gelişememektedir. Ayrıca ısıl işlemde uygulanan sıcaklık ve süre işletmeden işletmeye büyük farklılıklar göstermekte ve buna bağlı olarak farklı lezzet ve kalitede sucuk üretilmektedir (Ertaş 2006).

Proteince zengin ve besleyici bir gıda olan et, uygun muhafaza yöntemleri uygulanmadığı takdirde kolaylıkla bozulabilir ve dolayısıyla kısa raf ömrüne sahiptir. Etkin bir ürün koruma yöntemi olan fermantasyon, su aktivitesini düşürmeye yönelik yöntemler ve tuz ilavesi gibi işlemlerle beraber uygulandığında etkili bir korunma sağlanmaktadır (Campbell-Platt ve Cook 1995).

Fermente et ürünleri; kıyılmış et ve yağın, tuz, nitrat ve/veya nitrit, şeker, çeşitli baharat ve/veya starter kültürler katılarak, karıştırılması ile elde edilen hamurun, doğal veya sentetik kılıflara doldurulması, daha sonra fermantasyona ve kurumaya maruz bırakılması ile üretilmektedir (Hugas ve Monfort 1997, Soyer 2002).

Fermente et ürünlerinde son ürünün karakteristik özelliği, belirli bağıl nem ve sıcaklıklarda, olgunlaşma sırasında et formülasyonunda meydana gelen kompleks biyokimyasal, mikrobiyel, fiziksel ve duyusal değişiklikler sonucunda oluşmaktadır. (Soyer ve Dalmış 2008). Bu değişiklikler fermantasyon, pH düşüşü, ürün mikroflorasının değişmesi, nitratın nitrite yıkımı ve nitrozomiyoglobin oluşması, miyofibriler ve sarkoplazmik proteinlerin çözünürlüğünün artması ve jelleşmesi, proteolitik, lipolitik ve oksidatif değişiklikler ve dehidrasyon sonucu asidifikasyon olarak tanımlanabilir. (Casaburi vd. 2007, Ordóñez vd.1999).

Fermente et ürünü üretiminde formülasyona ilave edilen starter kültürlerin amacı, olgunlaşma süresini kısaltmak, renk gelişimini düzenlemek, ürün flavoruna katkıda bulunmak ve ürün güvenilirliğini sağlamaktır. (Johansson vd. 1994). Bu amaçla sucukta kullanılan başlıca starter kültürler *Lactobacillus, Pediococcus, Micrococcus* ve *Debaryomyces* familyasına ait türlerdir. (TSE 2002). Üretim sırasında asit oluşumunu etkileyen başlıca faktörler üretim sıcaklığı, formülasyona giren starter kültürler ve şekerdir. Yüksek üretim sıcaklıklarında karbonhidratlar daha hızlı parçalanarak asit oluşumu kısa sürede gerçekleşmektedir. Bununla birlikte hızlı parçalanma asitliğin çabuk gelişmesine neden olmaktadır. Ürüne özgü asitlik düzeyleri ve mikrobiyel flora dikkate alınarak ideal sıcaklık ve asitlik düzeyinin belirlenmesi önemli olmaktadır (Incze 1991, Verplaetse 1994).

Bu çalışmada, farklı starter kültürlerin ve üretim sıcaklıklarının sucuk üretimi sırasındaki mikrobiyel değişim, pH değeri, toplam asitlik, laktik asit, asetik asit, sakkaroz, glukoz ve fruktoz miktarlarına etkisinin bir arada belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda 3 farklı starter kültür (*Pediococcus pentosaceus* ve *Staphylococcus xylosus*; *Lactobacillus sakei* ve *Staphylococcus carnosus*; *Staphylococcus xylosus*) ve 2 farklı üretim sıcaklığı (20-22^{o}C ve 24-26^{o}C) ile çalışılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Sucuk genellikle geleneksel yöntemlerle üretilen, formülasyonuna starter kültür ilave edilen veya doğal mikroflora ile, fermantasyon ve olgunlaştırma/kurutma işlemleri geçiren yarı-kuru bir fermente et ürünüdür. (Soyer vd. 2005).

Günümüzde çok çeşitli fermente et ürünleri üretilmektedir. Bu ürünler olgunlaştırma hızına (yavaş, orta, hızlı), kullanılan starter kültür ve karbonhidrat kaynağına ve kurutma sıcaklığına bağlı olarak çeşitlilik göstermektedirler. Aynı zamanda ürünün son pH'sı (pH 4,7-5,5), ürün flavor ve sertliği açısından da fermente et ürünleri arasında farklar bulunmaktadır (Kröckel 1995).

Fermente et ürünleri etin işleniş şekline göre 3 ana gruba ayrılabilir (Campbell-Platt and Cook 1995):
1) Büyük ve bütün haldeki et parçalarının fermantasyonu ile elde edilen ürünler (pastırma ve ham gibi),
2) Fermente et ürünleri arasında önemli bir grubu oluşturan ve etin kıyma çekilmesiyle veya kuterde inceltilmesiyle üretilen fermente sosisler,
3) Belirli bölgelerde (Sudan gibi) üretilen, kemik ve bağırsak gibi karkasın gıda olarak değerlendirilemeyen kısımlarından yapılan geleneksel fermente ürünler.

Büyük ve bütün haldeki et parçalarının fermantasyonu ile elde edilen ham, özellikle Avrupa ve Kuzey Amerika'da üretilmektedir. Fransa'da jambon, Fransa ve İspanya'da bayonne ve Virginia'da smithfield ham tipi ürünlere örnek olarak verilmiştir. Ham, domuz etinden üretilen fermente bir et ürünüdür. Genellikle bu ürünlere ısıl işlem uygulanmadığından, kürleme prosesi etin parazitlerden (özellikle *Trichinella spiralis*) temizlenmesi amacıyla önem taşımaktadır. Bu amaçla etin yüzeyi sodyum klorür ve potasyum ya da sodyum nitrat karışımıyla ovulmaktadır. Bu kür karışımına isteğe bağlı olarak değişik baharat ve şeker de ilave edilmektedir. Kürleme prosesi haftalarca sürebilmektedir. Kurutma/olgunlaştırma işleminde sıcaklık 30-35°C'ye ulaşmaktadır (Campbell-Platt ve Cook 1995).

Fermente sosisler dünyada özellikle Amerika ve Avrupa'da fazla miktarda üretilmekte ve tüketilmektedir (Lücke 1985). Fermente sosis çiğ ete sodyum klorür, nitrat/nitrit, şeker ve çeşitli baharat ve/veya starter kültür ilave edilerek elde edilen hamurun uygun kılıflara doldurulduktan sonra fermantasyon ve kurutma işlemlerine maruz bırakılmasıyla üretilmektedir. (Smith ve Palumbo, 1983). Fermente sosisler içerdikleri neme göre nemli (%50-60), yarı-kuru (%35-50) ve kuru (%20-35) fermente sosisler olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır (Campbell-Platt and Cook 1995). Sucuk üretimi itibariyle fermente sosisler grubuna girmektedir (Soyer 2002).

Türk sucuğu standardı'na göre (TS 1070) sucukta nem miktarı en çok %40, tuz miktarı en çok %5, pH 4,7-5,4 arasında, protein miktarı birinci sınıf sucukta en az %22, ikinci ve üçüncü sınıf sucukta en az %20, yağ miktarı birinci sınıf sucukta en çok %35, ikinci ve üçüncü sınıf sucukta %40 olmalıdır (Anonim 2002).

Fermente et ürünleri üretimi genel olarak üç aşamada gerçekleşmektedir. Bunlar formülasyon, fermantasyon ve olgunlaştırma/kurutmadır. Formülasyon aşamasında et, yağ kıyma makinasından çekilir veya kuterde parçalanır, diğer katkılarla karıştırılarak homojen bir karışım elde edilir ve kılıflara doldurulur. Fermantasyonda iki önemli mikrobiyolojik reaksiyon meydana gelmektedir. Bunlar; pH değerinin laktik asit bakterilerince düşürülmesi ve nitrat/nitrit indirgeyen bakterilerce nitrik oksitin oluşturulmasıdır. En son aşama olan olgunlaştırmada, fermente et ürününün son tekstürü ve aroması gelişmektedir (Hugas ve Monfort 1997, Caplice ve Fitzgeral 1999, Fernandez vd. 2000).

Genellikle fermente et ürünlerine şekerler (glukoz, sakkaroz ve bazen laktoz), endüstriyel üretimlerde ilave edilmektedir. Fermantasyon ve olgunlaştırma aşamalarında, laktik asit bakterileri öncelikli enerji kaynakları olan glukozu, pH azalmasını sağlayan ana bileşik olan laktik aside dönüştürmektedirler. Ortamdaki bu asitleşme, düşük pH'ya az da olsa dirençli olan patojenik ve istenmeyen bakterilerin inhibisyonunda önemlidir ve fermente et ürününün tipik organoleptik karakterinin gelişmesini sağlamaktadır. (Bover-Cid vd. 2001). Asit üretimi ve buna bağlı olarak pH değerinin düşmesi formülasyona katılan şekerin tip ve

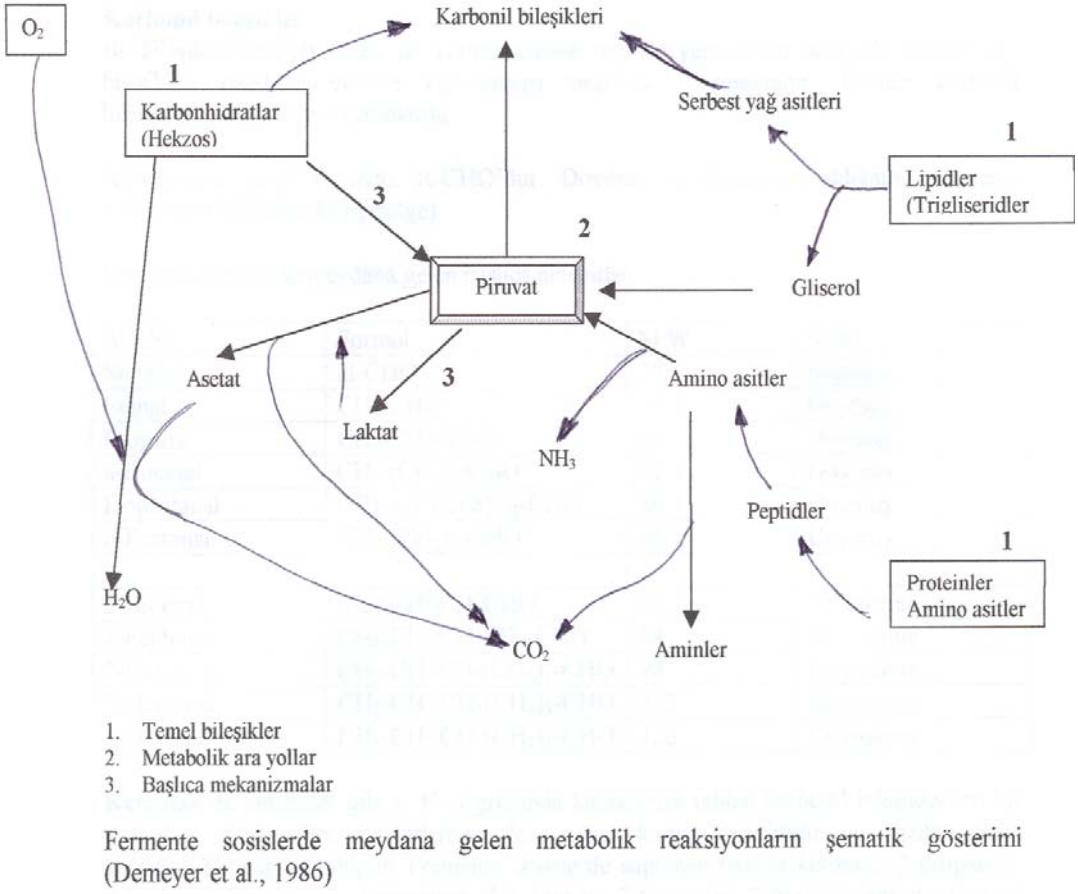
konsantrasyonuna, mikroorganizmaların varlığına, fermantasyon süresince uygulanan sıcaklık ve kılıf çapı gibi faktörlere bağlılık göstermektedir (Dalmış 2007).

Fermente kuru sosislerin üretimi fiziksel (kuruma…), kimyasal (renk gelişimi…), biyokimyasal ve mikrobiyolojik değişmelerin meydana geldiği kompleks bir sistemde gerçekleşmektedir (Hierro vd. 1999, Soyer 2002, Casaburi vd. 2007). Bu değişmeler sonucu meydana gelen yeni durum (örneğin pH düşüşü, a_w düşüşü, tekstür oluşumu gibi) son ürünün kalitesinin değerlendirilmesinde önemlidir (Demeyer 1982). Üretici, birbirini etkileyen bu kompleks sisteme müdahale edebilir ve ürününün özelliklerini değiştirebilir. Fermente et ürünleri üretiminde ortam sıcaklığı, üretim süresi, bağıl nem, sosis çapı, kılıf tipi, starter kültür kullanımı, farklı karbonhidrat kaynaklarının kullanımı (glukoz, laktoz ve dekstrinler gibi) gibi bir çok faktör son ürün kalitesini etkilemektedir (Demeyer vd.1986). Demeyer (1986), fermente et ürünlerinde karbonhidratların, proteinlerin ve lipidlerin yer aldığı parçalanma reaksiyonlarını Şekil 2.1'de göstermişlerdir.

Et proteini besinsel, fonksiyonel ve yapısal açıdan son ürünün karakteristiği üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğundan sucukta önemli bir bileşiktir (Ibanez vd. 1997). Proteinlerin çözünürlüğünü kaybetmesi, tüm fermente et ürünlerinde arzulanan tekstür ve flavor oluşumunda rol oynamaktadır (Candoğan vd. 2009). Olgunlaştırma sırasında et proteinlerindeki değişiklikler hakkında çalışmalar olmasına rağmen, protein degradasyonu ile et gevrekleşmesi arasındaki ilişkinin belirsizliği yüzünden sucuk prosesi sırasında gerçekleşen proteoliz olayı hala tam olarak bilinememektedir. (Sanz ve Toldra 1997).

Sucuk ve diğer fermente et ürünlerinde temel biyokimyasal reaksiyonlardan biri olan proteoliz; asit oluşumu, dehidrasyon ve sodyum klorürün etkisi sonucu proteinlerin denatüre olması olayıdır (Bover-Cid vd. 1999).

Bakteriler proteinleri direkt olarak kullanamazlar. Proteinlerin peptidlere ve aminoasitlere hidrolize edilerek hücre içine taşınmaları gerekmektedir. Hücre içinde peptidler intraselüler peptidazların aktivitesi sonucu serbest amino asitler oluşturmaktadır (Ordóñez vd. 1999).



Şekil 2.1 Fermente sosislerde meydana gelen metabolik reaksiyonlar

Fermantasyon sırasında meydana gelen proteoliz, et dokularında bulunan endojen enzimlerce ya da ilave edilen starter kültür orijinli mikrobiyel enzimlerce katalize edilmektedir (Casaburi vd. 2007, 2008, Hughes vd. 2002, Verplaetse 1994). Sarkoplazmik ve myofibriler proteinlerin yıkımı katepsinler (özellikle katepsin D) tarafından gerçekleşmektedir. Mikrobiyel enzimlerse olgunlaştırmanın sonraki aşamalarında önemlidir (Molly vd. 1997, Hugas ve Monfort 1997, Lizaso vd. 1999, Sanz vd. 1999a, Hughes vd. 2002). Et proteinleri ilk önce endojen kas enzimleri tarafından (katepsin ve kalpeinler) polipeptidlere, sonra peptidaz enzimi tarafından peptitlere hidroliz olmaktadır. Aminopeptidazlar tarafından peptitlerin serbest aminoasitlere yıkımı proteolizin son basamağıdır (Casaburi vd. 2007, 2008, Hughes vd. 2002, Verplaetse 1994).

Starter kültürle birlikte gerçekleşen proteolizin derecesi kullanılan prosesle ilişkilendirilmektedir. Kısa sürede asit oluşturmak için yüksek sıcaklıklarda (≥ 34°C) yapılan fermantasyonda starter kültür tarafından gerçekleştirilen proteoliz olayı için gerekli zaman olmayabilir. *P. acidilactici*, ABD'de yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilen fermantasyonda en sık kullanılan kültürdür. Avrupalı üreticiler 3-5 günü aşan geleneksel olgunlaştırma prosesini kullanabilmek için lactabacillus suşlarını ve düşük sıcaklık derecelerini (≥ 22°C) tercih etmektedirler. Bu proses lipolitik ve proteolitik aktiveyle birlikte asitliğin oluşması ile ürün aromasının gelişmesini sağlamaktadır (Candogan vd. 2009).

Olgunlaştırma prosesi sırasında lipit fraksiyonları lipolitik ve hidrolitik değişimlere uğramaktadır. Bunlar serbest yağ asitlerinin oluşumu ve doymamış yağ asitlerinin (özellikle çoklu doymamış yağ asitleri) oksidasyonu ve karbonil bileşiklerinin üretilmesidir (Molly vd. 1997).

Fermente et ürünlerinde yağlar genellikle ana fraksiyonu oluşturmaktadır ve flavor gelişiminden sorumludurlar. Yağların parçalanmasında ilk basamak, trigliseritlerin mikrobiyel ve endojen (kas ve adipoz doku) lipazlarınca hidrolizidir. Ortaya çıkan yağ asitleri enzimatik ve enzimatik olmayan oksidatif reaksiyonlara uğrayarak son ürünün temel flavor bileşikleri olan karboniller ve diğer küçük molekül ağırlıklı bileşikleri (alkoller, karboksilik asitler, vb.) oluşturmaktadır (Fernandez vd. 2000).

Yağların hidrolizi ya da lipoliz, gliserol ester hidrolazların hareketi sonucunda gerçekleşmektedir. Bu enzim tri-, di- ve monogliseritlerden digliserit, monogliserit ve serbest yağ asitlerinin üretilmesini sağlamaktadır. Bu lipazlar kas veya adipoz dokudan sağlanmakta ya da mikroorganizmalar tarafından üretilmektedir. Micrococcaeae familyasına ait bakterilerin lipolizden sorumlu temel bakteriler olduğu düşünülmektedir (Ordóñez vd. 1999).

Lipoliz özellikle lipaz ve fosfolipazlar gibi bir çok spesifik enzimler ile gerçekleşmekte ve bu reaksiyonlar sonucunda serbest yağ asitleri oluşmaktadır (Molly vd. 1997). Fermente kuru sosislerde, serbest yağ asitlerinin % 1-2'den 1 ay içerisinde % 4-5'e yükseldiği görülmüştür (Gandemer 2002). Bakteriyel ve endojen enzimler bu reaksiyonlarda rol almaktadır. Ortam koşulları bakteriyel lipazlar için optimum koşullar olmadığından bakteriyel lipazların lipoliz kabiliyeti zayıftır (Molly vd. 1997). Adipoz doku ve kasların yağ hücrelerinde triasilgliserol (TAG), iki önemli lipaz sistemi ile hidrolize edilmektedir: lipoprotein lipaz (LPL) ve hormon-hassas lipaz (HSL). Üçüncü bir lipaz sistemi ise lizozomlardaki asit lipazdır, fakat etkisi zayıftır (Gandemer 2002).

Fermente et ürünlerinde starter kültürler ve üretim koşulları ürün kalitesini etkileyen başlıca faktörlerdir.

Fermente sucuk üretiminin temelini mikroorganizmalar oluşturmaktadır. Et ürünlerinde tespit edilen mikroflora, ürünlerin mikrobiyolojik kalitesini ortaya koyar. Fermente sucuklarda aroma, renk, lezzet ve kıvamın meydana gelişi ile karakterize olgunlaşma çeşitli mikroorganizmaların fermentleriyle oluşturdukları biyokimyasal reaksiyonlar sonucu gelişmektedir. Biyokimyasal reaksiyonların sıra dahilinde ve uyum içerisinde gelişebilmesi için arzu edilen bir mikrofloranın varlığı gerekmektedir ve bu mikroorganizmalar yapmış oldukları metabolik ürünlerle sucuğun lezzet, aroma ve renk gibi istenen duyusal özelliklerin oluşmasına katkıda bulunmaktadırlar (Erdoğrul ve Ergün 2005).

Starter olarak kullanılan bu mikroorganizmaların büyük bir çoğunluğu laktik asit bakterileri, koagülaz negatif cocci (CNC, genellikle *Staphylococcus* ve *Kocuria* türleri) ve mayalar ve küflerdir (Hugas ve Monfort 1997). (Çizelge 2.1)

Laktik asit bakterileri arasında ise proteolitik etkileri ve enzimatik aktiviteleri sebebiyle *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus sake* ve *Lactobacillus curvatus* en çok kullanılan starter kültürler olarak belirtilmiştir (Montel vd. 1995, Sanz ve Toldra 1997).

Fermente et ürünlerinde laktik asit bakterileri içerisinde en çok kullanılan ticari starter kültürler ise *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus pentosus*, *Lactobacillus casei*, *Pediococcus pentosaceus* ve *Pediococcus acidilactici* suşlarıdır. (Hammes ve Hertel 1998, Hugas ve Monfort 1997).

Starter kültürlerin sucuklarda fermantasyon süresini kısalttıkları; standart ürün oluşumuna katıldıkları; sucuklarda renk gelişimine yardımcı oldukları; fermantasyon süresince ortamda bulunabilen patojen mikroorganizmaların inhibisyonunu sağladıkları; histamin, tiramin gibi bazı biyojenik aminlerin oluşumunu önledikleri; kürleme maddesi olarak katılan nitrit/nitrattan nitrozamin oluşumunu inhibe ettikleri; ürünlerin besleyici değerlerini artırdıkları ve sonuç olarak da daha kaliteli, standart ve raf ömrü daha uzun sucuk oluşumuna katkıda bulundukları belirtilmiştir (Coşansu ve Ayhan 1998).

Çizelge 2.1 Fermente sosis üretiminde kullanılan starter kültürler (Wood 1998)

Bakteriler	Bazı suşlar
Laktik asit bakterileri	*Lactobacillus plantarum, L. pentosus, L. sakei,*
	L.curvatus, Pediococcus pentasaceus, P. acidilactici
Katalaz-pozitif cocci	*Staphylococcus carnosus, S. xylosus,*
	Micrococcus varians
Mayalar	*Debaryomyces hansenii, Candida famata*
Küfler	*Penicillium nalgiovense, P. chrysogenoum*

Lactobacillus sp. ve *Pediococcus sp.* karbonhidratlardan laktik asit üreterek pH'nın düşmesini ve asit aromasının gelişmesini sağlamaktadırlar. *Micrococcus sp.* ve *Staphylococcus sp.* ise nitratı nitrite indirgeyerek renk gelişiminden sorumludurlar, bununla beraber *Micrococcus sp.* ve *Staphylococcus sp.*'nin lipolitik ve proteolitik aktiviteleri sonucu fermente et ürünlerinde flavor gelişmektedir (Johansson vd. 1994). Ürettikleri nitritle lipid oksidasyonunun engellenmesine katkıda bulunmak dışında heme

demiri bağlayarak katalizör olan demir iyonunun serbest kalmasını, heme olmayan demiri bağlayarak kataliz olayını ve olefinik yağları stabilize ederek oksidasyonu engellemektedir (Essid vd. 2007). Fermente et ürünlerinde kullanılan bazı bakterilerin özellikleri Çizelge 2.2.'de ve genel olarak fermente et ürünlerinde kullanılan mikroorganizmaların aktiviteleri ile üründe meydana getirdiği değişmeler Çizelge 2.3.'de görülmektedir.

Genellikle fermente sosislerden *Lactobacillus curvatus* ve *Lactobacillus plantarum* izole edildiği halde güney Avrupa sosislerinde *Lactobacillus sakei* ortama hakim bakteri olarak belirtilmiştir (Rantsiou ve Cocolin 2006). Fermente sosislerde hüküm süren koşullar altında *L. sakei* kısa lag fazı, yüksek büyüme oranı ve son üründe yüksek canlı hücre yoğunluğu göstermesinden dolayı diğer laktobasillilerden daha rekabetçi olduğu görülmüştür (Ammor ve Mayo 2007).

Çizelge 2.2 Fermente et ürünlerinde kullanılan starter kültürlerin özellikleri (Hutkins 2006)

Bakteri	Minumum sıcaklık	Optimum sıcaklık	Asit oluşturma	Nitrat redüktaz	Öncelikli fonksiyonu
Lactobacillus sakei	4°C	32-35°C	+	-	Asit
Pediococcus pentasaceus	15°C	28-32°C	+	-	Asit
Staphylococcus carnosus	10°C	30-40°C	-	+	Flavor, aroma
Staphylococcus xylosus	10°C	25-35°C	-	+	Flavor, aroma

Starter kültürlerin metabolik aktiviteleri ise Şekil 2.2'de gösterilmiştir.

Et ve et ürünlerinde meydana gelen fermantasyonda laktik asit bakterilerinin asıl görevi hızlı bir pH düşüşü sağlamaktır. Böylelikle patojenler inaktif hale gelerek ürün güvenliği sağlanır, istenmeyen mikroorganizmalar veya biyolojik olmayan reaksiyonlar yüzünden meydana gelen arzulanmayan değişiklikler engellenerek ürün stabilitesi ve uzun raf ömrü

kazandırılır ve biyokimyasal değişimlerle ürünün yeni duyusal özellikler kazanması sağlanmaktadır (Lücke 2000).

Et ürünleri fermantasyonunda karbonhidratlardan organik asit üretimi (özellikle laktik asit) laktik asit bakterilerinin en önemli görevidir. Bu bir çok kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik reaksiyonlara bağlıdır. Asitleşmenin artmasıyla birlikte laktik asit bakterileri kas proteinlerinin koagüle olmasını sağlar ve böylelikle dilimleme stabilitesi artmakta, son üründe sertlik ve kohezyonluk (yapışkanlık) gelişmektedir (Hugas ve Monfort 1997, Ordóñez vd. 1999). Laktik asit bakterileri ayrıca, nitritin nitrit okside yıkımını düzenler ve kürlenmiş sosisin tipik pembe renginden sorumlu bileşiği nitrosomyoglobin oluşumunu sağlamaktadır (Hugas ve Monfort 1997). Bununla birlikte son ürün flavorunun gelişmesini sağlamaktadırlar. Asidik koşulların ayrıca kas proteolizinden sorumlu enzim olan katepsin D aktivitesini artırdığı düşünülmektedir (Molly vd. 1997).

Asit oluşumu fermantasyon prosesiyle başlamakta ve yeterli organik asit üretimi sonucu pH 5,1'in altına düşmektedir. Aşırı asit oluşumu üründe renk kusurlarına (koagülaz negatif cocci inhibisyonu sonucunda), bazen de gaz oluşumuna sebebiyet vermektedir (Ammor ve Mayo 2007).

Starter kültürün çiğ materyaldeki doğal mikrobiyel ortamla rekabet edebilmesi ve istenen metabolik aktiviteleri yerine getirebilmesi starter kültürün büyüme hızına ve bazı koşullarda hayatta kalabilmesine bağlıdır (anaerobik atmosfer, yüksek tuz konsantrasyonu, düşük sıcaklıklar ve düşük pH gibi). Başlangıçta tuz konsantrasyonu %2 (a_w 0,94-0,98) civarlarında iken, son üründe %15'e (a_w 0,85-0,86) ulaşmaktadır. Formülasyon aşamasında üretim sıcaklığı 4-7 °C iken, fermantasyon prosesinde 18-24 °C ve kurutma ve olgunlaştırma aşamalarında ise 12-15 °C olduğu belirtilmiştir (Ammor ve Mayo 2007). Başlangıç pH'sı ise genellikle 6,0 civarlarındadır, fermantasyon aşamasında düşmeye başlar ve 4,6-5,1 değerlerine ulaşmaktadır. Bu yüzden, tüm bu fermantasyon ve olgunlaştırma prosesinde starter kültürün dayanıklılığını ve direncini kısıtlayan faktörler

farklı sıcaklık derecelerinde (2-24 °C) büyüme hızları, %2-10 (max. %15) tuz konsantrasyonlarına ve 4,2-6,0 pH aralığına toleranslarıdır. *L. sakei* 4 °C'de, % 6.5 NaCl varlığında ve pH 4,2'de yaşamını sürdürebilmektedir (Ammor vd.2005).

Fermente et ürünlerinde organik asitler içerisinde esas olarak laktik asit üretilmektedir, asetik asitin ise sadece düşük konsantrasyonlarda üretimi ürün güvenliği açısından uygundur. Fakat, asetik asidin antimikrobiyel özelliği göz ardı edilmemelidir, çünkü aynı konsantrasyonlarda ve pH değerinde antimikrobiyel özelliğinin laktik asitten daha etkili olduğu belirtilmiştir. Yüksek konsantrasyonlarda üretilen asetik asit üründe daha fazla acı tat oluşmasına neden olmaktadır. Ürüne glukon delta lakton (GDL) katıldığı takdirde bu bileşiğin bir çok laktobasil tarafından fermente edilmesiyle yüksek konsantrasyonlarda asetik asit oluşumu söz konusu olmaktadır (Lücke 2000).

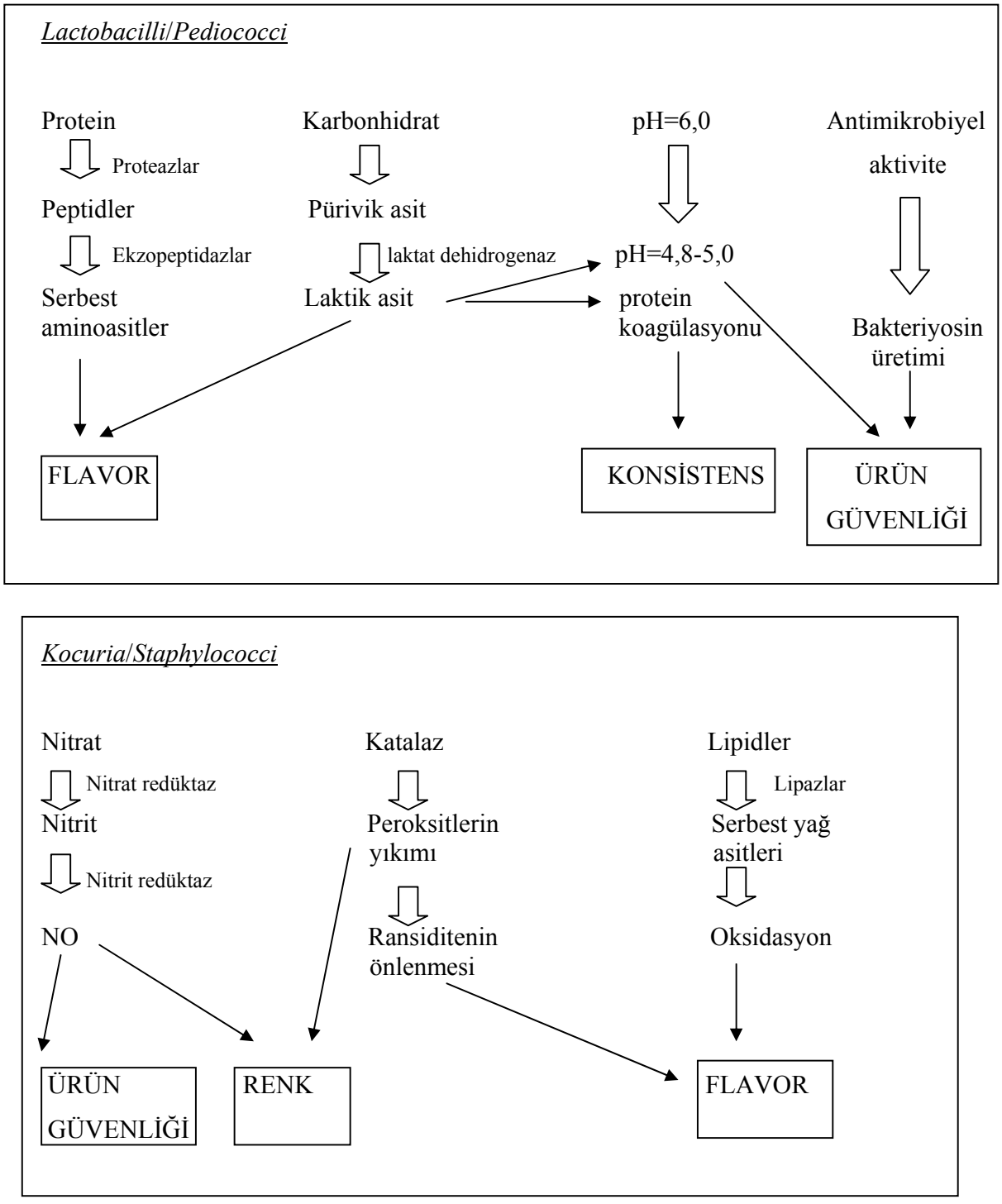
Heterofermantatif laktik asit bakterileri fermente sosis üretimi için uygun değillerdir, çünkü oluşturdukları karbondioksit üründe farklı boyutta gözenekler oluşturmaktadır. Ayrıca bu bakteriler fazla miktarda asetik asit oluşturmakta ve bu da keskin off-flavora neden olmaktadır (Ammor ve Mayo 2007, Mateo vd. 1996, Jessen 1995).

Laktobasillilerin çoğu laktatı okside ederek hidrojen peroksit oluşturmaktadır. Hidrojen peroksit, fermente et ürünlerinde ransiditeyi artırarak, son üründe renk bozukluğuna sebep olmaktadır. Katalaz hidrojen peroksiti hidrolize etmektedir. *L. sakei*, *L. plantarum*, *L. pentosus* ve *P. acidilactici*, bol miktarda heme içerdiklerinden, heme-bağımlı katalaz aktivitesine sahiptirler (Abriouel vd. 2004, Ammor vd. 2005).

Laktik asit bakterileri myofibriler proteinler üzerinde zayıf proteolitik aktivite göstermektedirler (Molly vd. 1997, Sanz vd. 1999a). Fakat bazı *L. casei*, *L. plantarum*, *L. curvatus* ve *L. sakei* suşları sarkoplazmik proteinlerin hidrolizini ve peptitlerin aminoasitlere yıkımını aktif olarak sağlamaktadır (Fadda vd. 1999a, Sanz vd. 1999b). Fermente sosislerden izole edilen *L. sakei*, *L. curvatus* ve *L. plantarum*'un proteolik aktiviteye sahip oldukları belirtilmiştir (Fadda vd. 1999a, 1999b). Ayrıca, bazı *L. sakei*, *L.*

Çizelge 2.3 Fermente et ürünlerinin üretiminde kullanılan mikroorganizmaların biyokimyasal aktiviteleri (Montel 1999)

Metabolik proses	Ürünler	İlgili doku ve mikrobiyel enzimler	Ürün kalitesine etkisi	Etki düzeyi
Karbonhidratların parçalanması	Laktat ve asetat	Laktik asit bakterilerinin enzimleri	İstenmeyen bakterilerin inhibisyonu	+++
			Tekstür ve renk gelişimi	++
	Diasetil, asetoin	*Staphylococcus* enzimleri	Flavor gelişimi	+ (veya aşırı durumda -)
Proteinlerin parçalanması	Peptitler	Doku proteinazları	Tekstür gelişimi	- (aşırı durumda)
Peptitlerin parçalanması	Aminoasitler	Doku peptidazları, mikrobiyel peptidazlar	Flavor gelişimi	++
Aminoasit katabolizması	Aminler	Kontamine floradan bakteriyel enzimler	Güvenliğin azalması	-
	Aromatik bileşikler	Strecker reaksiyonu *Stapylococcus* veya laktik asit bakterilerinin enzimleri	Flavor gelişimi	++
Lipidlerin parçalanması	Yağ asitleri	Doku lipazları, Staphylococcus lipazları	Flavor gelişimi	++ (veya aşırı durumlarda -)
Yağ asitlerinin oksidasyonu	Aldehitler	Kimyasal reaksiyonlar	Flavor gelişimi	-
		Stahylococcus ve laktik asit bakterilerinden antioksidant enzimler	Flavor ve renk gelişimi	++
	Ketonlar	Doku veya küf enzimleri	Flavor gelişimi	++
Nitratın indirgenmesi		*Stahylococcus*'dan nitrat redüktaz enzimi	Renk ve flavor gelişimi	+++
Nitritin indirgenmesi		LA bakterilerinden nitrit redüktaz enzimi	Güvenliğin artması	++



Şekil 2.2 Starter kültürlerin metabolik aktiviteleri (Toldrá ve Nip 2004)

curvatus ve *L. plantarum* suşları, protein ve peptitlerden serbest amino asit oluşturan ve son ürün aromasını düzenleyen lösin ve valin amino-peptidaz aktivitesine sahiptir (Ammor vd. 2005, Papamanoli vd. 2003). Bu yüzden proteinaz, peptidaz ve aminopeptidaz aktivitesine sahip olan starter kültürler tercih edilmektedir.

Daha önce de belirtildiği üzere, fermente et ürünlerinde kullanılan starter kültürlerin en önemli görevlerinden bir tanesi organik asit üretmektir. Böylelikle istenmeyen floranın gelişimi engellenmekte, ürün güvenirliği ve uzun raf ömrü sağlanmaktadır. Organik asitlerin antimikrobiyel özelliği pH'nın düşmesiyle ve çözünmeyen asit moleküllerinin hareketiyle açıklanmaktadır (Podolak vd.1996).

Fermantasyon prosesinde üretilen organik asitlerin çeşidi ve seviyesi kullanılan laktik asit bakteri türüne, kültürün kompozisyonuna ve büyüme koşullarına bağlıdır. L(+) laktik asit, D(-) laktik asitten daha inhibe edici etkiye sahiptir. Çünkü, D(-) izomeri insanlarda laktat dehidrogenaz enzimi tarafından hidrolize edilememekte ve sağlık problemlerine neden olabilmektedir. Bu nedenle L(+) laktik asit üreten suşlar tercih edilmektedir **(**Buckenhüskes 1993).

Fermantasyon koşullarına göre, fermente et ürünleri üç gruba ayrılmaktadır (Jessen 1995):

1- Yüksek sıcaklıklarda fermantasyon: Pepperoni ve Amerikan yaz sosisleri bu tip fermente kuru sosislere örnek olarak verilebilir. Pepperoni nem: protein oranı 1,6 : 1,0 olan fermente kuru sosistir, yaz sosisi ise nem: protein oranı 2,0- 3,7 : 1,0 olan yarı-kuru fermente sosis olarak tanımlanabilir. Fermantasyon sıcaklığı 40°C olup, fermantasyon süresi 15-20 saattir. Bu işlemi takiben sıcak durulama (hot rinse) ve merkezi sıcaklık 60°C olacak şekilde ısı işlemi uygulanmaktadır. Fermantasyon prosesinden sonra kurutma işlemi de uygulanabilir. Yüksek sıcaklıklarda uygulanan fermantasyonda yüksek sıcaklıklarda optimum faaliyet gösteren (40°C) *P. acidilactici* starter kültür olarak kullanılmaktadır.

2- Avrupa geleneksel sıcaklıklarında uygulanan fermantasyon: Avrupa kıtasında uygulanan fermantasyon sıcaklığı 20-24°C, olgunlaştırma sıcaklığı ise 15-18°C arasındadır. En iyi sonuçlar sıcaklık ve nemin tamamen kontrol altına alındığı koşullarda alınabilmektedir. Bu tip ürünlerde laktik asit bakterileri (*Lactobacillus* ya da *Pediococcus*) ve Micrococcaceae familyasına ait bakteriler (*Staphylococcus* ya da *Micrococcus*) karışık kültür olarak kullanılmaktadır.

3- Düşük sıcaklıklarda fermantasyon: Bir çok ülkede sıcaklık ve nem gibi ortam koşullarını kontrol altına almak hala yaygın değildir. Doğu ve Güney Avrupa'da, fermantasyon doğal koşullarla yapılmaktadır ve bu yüzden hata riski fazladır. Düşük sıcaklıklarda çoğalma yeteneğine sahip (10-15°C) psikrotrofik laktik asit bakterileri bu tip üretim için kullanılan starter kültürdür.

Vural (1998), *S. xylosus* ve *P. pentosaceus* içeren starter kültür karışımı ve karbonhidrat kaynağı olarak dekstroz kullanarak ürettiği sucukta pH değişimini ve laktik asit oluşumunu incelemiştir. Sucukta pH başlangıçta 5,99 iken 2. günde yaklaşık 5,1'e düşmüş ve 5. günde 5,25'e yükselmiştir. Titrasyon asitliği miktarı ise başlangıçta % 0,23 iken 2. gün % 0,71'e yükselmiş ve 5. güne kadar bu değer değişmeden kalmıştır.

Johansson vd. (1994), olgunlaştırma ve depolama sırasında fermente et ürünlerinde meydana gelen bakteriyel gelişim, lipoliz ve proteoliz olaylarını incelemek amacıyla *P.pentosaceus* ve *S.xylosus*'tan oluşan starter kültür kullanarak 25°C'de 7 günlük fermantasyon ve olgunlaştırma işlemi uygulamışlardır. Bu işlemden sonra fermente sosis 2 hafta kurutulmuş ve 4°C'de 2 ay boyunca depolanmıştır. *Pediococcus sp.* prosesin ilk gününde 1,5 log cfu/g değerine ulaşmış ve 3 hafta boyunca bu sayıyı korumuştur. *Staphylococcus sp.* ise 0,4 log cfu/g değerine ulaştıktan sonra sayısında düşüş gözlenmiştir. Üründe nem, yağ ve protein değerleri başlangıçta sırasıyla % 56,2, % 23,9 ve % 14,8 iken, kurutma işlemi sonunda bu değerler % 38,4, % 34,7 ve % 21,3'e ulaşmıştır. Kurutma işlemi nedeniyle ürünün su içeriğinin azaldığı ve proses nedeniyle yağ ve protein değerlerinin arttığı belirtilmiştir. Ürünün sukroz içeriği başlangıçta 47 mg/g iken, bu değer proses

nedeniyle 24 mg/g'a düşmüştür. Prosesin ilk 3 gününde glukoz değeri düşüş gösterirken, 3. günden itibaren net bir artış gözlenmiştir. Yine prosesin ilk 3 gününde pH 5,7'den 5,0'e düşmüş, 14 gün sonunda en düşük değerine (4,8) ulaşmıştır. Sosisin laktik asit içeriği özellikle D-laktik asit oluşumu sonucu prosesin ilk 3 günü artış göstermiş, 7. günden itibaren ise sabit bir değere ulaşmıştır. Asetik asit içeriği ise prosesin ilk 3 günü sonrası 1,3 mg/g değerine ulaşmış ve üretim sonuna kadar bu değerlerde sabit kalmıştır. Üründe flavor gelişimi ilk 3 günde hızla gerçekleşmiş, 3-21 gün arasında çok az değişim olmuştur.

Tjener vd.2004), *P.pentosaceus* (5 x 10^6 CFU/g) ve 3 farklı sayıda (10^5, 5 x 10^6, 5 x 10^7 CFU/g) *S.carnosus* inoküle ederek ürettikleri fermente sosisleri 24°C'de %95 bağıl nemde fermantasyona bırakmışlardır. 3 hafta boyunca olgunlaştırma prosesi uygulanmıştır. Düşük miktarda inoküle edilen *S.carnosus* (10^5), en hızlı çoğalmayı göstermiştir (ilk 2 günde). Ürünün son pH değeri 5,29 olarak kaydedilmiştir ve inoküle edilen *Staphylococci* sayısının laktik asit bakterilerinin asit oluşturma ve çoğalma yeteneği üzerine önemli bir etkiye sahip olmadığı belirtilmiştir.

Soyer ve Dalmış (2008), *S.xylosus* ve *P.pentasaceus* karışımı (10^7 cfu/g) kültür inoküle edilen sucuklara 25°C ve % 85-90 bağıl nemde 3 gün fermantasyon ve akabinde 22-24°C ve % 80-85 bağıl nemde 3 gün kuruma işlemi uygulamışlardır. Bu geleneksel metot toplam 9 gün sürmüştür. 9 günün sonunda sucuktaki nem içeriği % 60,12'den % 39,45'e düşmüştür. Su aktivitesi değeri ise başlangıçta 0,957 iken bu değer işlemler sonrasında 0,902'ye düşmüş ve pH ise 4,62 değerine ulaşmıştır. Toplam canlı bakteri sayısı 6,0 log cfu/g iken fermantasyonun 2. gününde maksimum sayıya ulaşmış ve bundan sonra az bir düşüş göstermiştir. *Lactobacillus* sayısı 4 gün sonunda 5,4 log cfu/g'dan 7,8 log cfu/g sayısına ulaşmıştır. Başlangıç *Micrococci-Staphylococci* sayısı 5,2 log cfu/g iken, proses sırasında bu değerde 1 log unit azalma görülmüştür. *Micrococci-Staphylococci* sayısının hızlı pH düşüşü ve laktik asit bakterilerinin çoğalmasından etkilendiği belirtilmiştir.

Mateo vd. (1996), piyasadan temin edilen fermente sosislerde ürünün flavorunu etkileyen bileşikleri araştırmışlardır. Endüstriyel olarak üretilen fermente sosislerdeki toplam laktik

asit, L-laktik, D-laktik ve asetik asit miktarlarını geleneksel yöntemle üretilen fermente sosislerdeki değerlerden daha yüksek bulmuşlardır. Endüstriyel olarak üretilen sosislerde bu değerler sırasıyla 25,6, 14,6, 10,9 ve 1,9 mg/g iken geleneksel yöntemle üretilenlerde sırasıyla 15,8, 9,6, 6,2 ve 1,4 mg/g olarak bulunmuştur. Bu durum, endüstriyel olarak üretilen fermente sosislere katılan şeker ve uygulanan yüksek sıcaklık ile açıklanmıştır. Hem endüstriyel hem de geleneksel yöntemle üretilen fermente sosislerde ortaya çıkan toplam laktik asidin yaklaşık olarak % 60'ı L-laktik asit ve % 40 kadarı D-laktik asit olarak belirlenmiştir. Fakat aşırı asit üretimi de fermente et ürünlerinde istenmeyen durumlara yol açmaktadır. Aşırı asit üretimi, özellikle D-laktik asitin sorumlu olduğu istenmeyen tat oluşumuna (Mateo vd. 1996) ve gram-pozitif, katalaz-pozitif coccilerin inhibisyonu sonucu oluşan renk hatalarına neden olmaktadır (Ordóñez vd. 1999, Ammor ve Mayo 2007).

Lizaso vd. (1999), fermente sosislerde fermantasyon aşamasında üründe meydana gelen mikrobiyolojik ve biyokimyasal değişimleri incelemişlerdir. 3 gün boyunca fermente edilen sosisler (25°C, % 75-80 bağıl nem) 4 hafta süresince kurutulmuştur (15-18 °C, % 75-80 bağıl nem). Üründe başlangıç nem, su aktivitesi (a_w), pH ve toplam glukoz değerleri sırasıyla % 56,26, 0,95, 5,85 ve % 17,53 iken bu değerler kurutma sonrası ürünün maruz kaldığı fermantasyon ve kurutma prosesleri ve mikrobiyel metabolik faaliyetler sonucunda sırasıyla % 39,49, 0,89, 4,88 ve % 6,92 değerlerine düşmüştür. Laktik asit bakterilerinin fermantasyon aşamasında aynı sayıda kaldığı (10^7 cfu/g) ve tüm proses boyunca en yüksek sayısının bu olduğu gözlenmiştir. Sıcaklık ve şeker konsantrasyonunun fermantasyon prosesinde ideal koşullarda olduğu belirtilmiştir.

Soyer vd. (2005), olgunlaşma sırasında farklı sıcaklık derecelerinde sucukta meydana gelen kalite değişimini araştırmışlardır. Bu amaçla 2 farklı sıcaklık kullanılmıştır (20-22°C ve 24-26°C). Olgunlaştırma sıcaklığının yüksek olması hızlı bir dehidrasyona sebep olmuştur. Son üründeki nem miktarı, düşük sıcaklık derecesinde olgunlaştırılan sucukta daha yüksektir. 24-26°C'de pH düşüşü daha hızlı olmuştur. pH değerinde üretimin son günlerine doğru görülen artışın sebebi ise olgunlaştırma sırasında enzimatik aktivite sonucu amonyak ve amin üretimi olarak belirtilmiştir. Toplam canlı ve *Micrococci-Staphylococci* bakteri

sayısı da olgunlaştırma sıcaklığından etkilenmiştir. 24-26°C'de olgunlaştırılan sucuklarda *Micrococci-Staphylococci* bakteri sayısında hızlı bir artış gözlenmiştir, fakat su aktivitesi değerinin hızlı bir şekilde düşmesi yüzünden laktik asit bakteri sayısına olgunlaştırma sıcaklığının 2. günden itibaren bir etkisi gözlenmemiştir.

Sıcaklık, fermente et ürünlerinde kaliteyi etkileyen önemli bir parametredir. Ülkemizde üretilen sucuklarda 12-30°C aralığında olgunlaştırma sıcaklıkları uygulanmaktadır. Sıcaklık direkt olarak ürünün pH, su aktivitesi, mikrobiyel çoğalma ve tekstürünü etkilemektedir. Sıcaklık ve olgunlaştırma arasında kuvvetli bir korelasyon mevcuttur (Soyer vd. 2005).

Waade ve Stahnke (1996), farklı sıcaklıklarda (15°C ve 25°C) fermente edilen sosislere *S.xylosus* starteri inoküle etmişler, ayrıca bu sosislere farklı konsantrasyonlarda ilave edilen glukoz ve *P.pentasaceus*'un fermantasyon üzerine etkisini incelemişlerdir. Yüksek sıcaklıkta mikrobiyel ve endojen proteolitik enzimlerin aktivitesinin ve mikrobiyel enzimlerin üretiminin artması üzerine serbest aminoasit miktarı da artmıştır. Yükselen sıcaklık ve yüksek glukoz miktarı pH'nın da düşmesine neden olmuştur. pH değerlerinin düşmesi de endojen proteinaz aktivitesini artırmaktadır. *S. xylosus* ise yüksek sıcaklıkta inhibe olmaktadır. İlave edilen *P. pentasaceus*'un proteolitik mikroorganizmaların çoğalmasını inhibe ettiği ve serbest aminoasit miktarını azalttığı görülmüştür. Daha önce yapılan çalışmalar, *P. pentasaceus*'un proteolitik aktiviteden sorumlu *S. xylosus* bakterisinin çoğalmasını inhibe ettiğini göstermiştir. Genellikle düşük sıcaklıktaki (15°C) glukoz ilavesi pH değerlerini artırmış ve üretilen aminoasit miktarını azaltmıştır. Yüksek sıcaklık (25°C) ve glukoz faktörlerinin birlikte kullanımıyla aminoasit miktarının arttığı görülmüştür.

Xu vd. (2009), *P.pentasaceus* ile farklı sıcaklık derecelerinde (15-37°C) fermente edilen sosislerin kalite üzerine etkisini araştırmışlardır. 15 °C'den 37°C'ye doğru artan fermantasyon sıcaklıklarında pH 'nın azaldığı görülmüştür. Ürünün nem içeriği de artan sıcaklıkla beraber azalmıştır. Yüksek sıcaklıkta laktik asit bakterilerinin çoğalma hızı artmış, pH değerleri hızlı bir düşüşle sosis proteinlerinin izoelektrik noktasına yaklaşmış ve

sosis proteinlerinin su tutma kapasitesi en düşük seviyeye ulaşmıştır. Üründe başlangıçta 6,5-7,0 log CFU/g laktik asit bakterisi sayılmıştır. 15°C fermantasyon sıcaklığı için bu sayının 36 saat sonra 8,0 log CFU/g'a ulaştığı görülmüştür. Aynı şekilde 23°C'de 24 saat, 30 ve 37°C'lerde bu sayı 12 saat içerisinde 8,0 log CFU/g'a ulaşmıştır. Yüksek sıcaklık derecelerinde (özellikle 37°C) pH'nın daha hızlı düşmesi sebebiyle proteoliz olayı daha hızlı gerçekleşmiştir. Endojen ve mikrobiyel proteolitik enzimlerin yüksek sıcaklık ve özellikle düşük pH'da aktif olduğu belirtilmiştir (özellikle katepsinler).

Aro Aro vd. (2010), beş farklı starter kültür kullanarak (*L. sakei, S. carnosus, S. xylosus, L. sakei* + *S. carnosus, P. pentosaceus* + *S. xylosus*) 27 °C'de fermente edilen sosislerde meydana gelen proteolitik değişmeleri incelemişlerdir. Örneklerde 0. günde pH 6,0 civarlarındayken bu değer 21. günün sonunda 4,59-5,94'e düşmüştür. pH'da en önemli düşüş, *L. sakei*-*S. carnosus* ve *P. pentosaceus*-*S. xylosus* starter kültürleri ile fermente edilen sosislerde görülmüştür. Bu örneklerde ilk üç günde pH'da önemli bir azalma kaydedilmiş olup (sırasıyla 4,54 ve 4,56), 21. güne kadar bu değer sabit kalmıştır (4,60). Örneklerde başlangıçta 3,92-7,04 log CFU/g toplam canlı bakteri sayılmış olup, bu değerler 3. günde maksimum sayıya ulaşmıştır. Laktik asit bakteri sayısı ise örneklerde başlangıçta 3,07-7,11 log CFU/g sayılmış olup, bu değer 21 gün sonra 6,41-9,18 log CFU/g'a ulaşmıştır.

Soyer (2005), üç farklı konsantrasyonda yağ ilave ederek (%10, %20 ve %30), 2 farklı sıcaklıkta (20-22^{o}C ve 24-26^{o}C) ürettiği fermente sosislerde meydana gelen kimyasal ve duyusal değişmeleri incelemiştir. Fermente edilen sosislerde toplam asitlik (% laktik asit cinsinden) başlangıçta %0,46-0,66 iken, bu miktar üretim sonunda %0,82-1,72 olarak bulunmuştur. 24-26^{o}C'de fermente edilen sosislerin toplam asitlik miktarları 20-22^{o}C'de fermente edilen sosislerden daha fazla çıkmıştır. İlk 3 gün için, örneklere ilave edilen farklı yağ oranlarının üründeki toplam asitlik üzerine bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir.

Dalmış (2007), iki farklı yöntemle üretilen sucukların (geleneksel ve ısıl işlem) mikrobiyolojik, proteolitik ve duyusal özelliklerinde meydana gelen değişmeleri

incelemiştir. Starter kültür olarak *P.pentosaceus* ve *S.xylosus* bakterileri kullanılmıştır. Geleneksel üretimde sucuklar 25 ^{o}C'de 3 gün fermentasyon işlemine tabi tutulmuştur. Geleneksel olarak üretilen sucuklarda başlangıç protein, yağ, nem, su aktivitesi (a_w) ve pH değerleri starterli grupları için sırasıyla %15,48, %21,36, % 60,12, 0,957, 5,73 ve % 17,53 iken bu değerler kurutma sonrası ürünün maruz kaldığı fermantasyon ve kurutma prosesleri ve mikrobiyel metabolik faaliyetler sonucunda sırasıyla %23,71, %33,44, %39,45, 0,902, 4,62 ve % 6,92 değerlerine ulaşmıştır. Örneklerde başlangıçta 6,00 log kob/g toplam mezofil aerob bakteri sayılmış olup, bu değer 4. günde maksimum sayıya ulaşmıştır (7,91 log kob/g). Laktik asit bakteri sayısı başlangıçta 5,00 log kob/g olup 4. güne kadar artış göstermiştir (7,71 log kob/g). Üretim sonunda LAB yükü 7,20 log kob/g olarak belirlenmiştir. Mikrokok-stafilokok yükü ise başlangıçta 5,20 log kob/g iken, üretim sonunda bu değer 5,72 log kob/g'a yükselmiştir.

Gönülalan vd. (2001), farklı starter kültür kombinasyonlarının (*S. xylosus* + *P. pentosaceus* ve *S. carnosus*+*P. pentosaceus*) fermente sucuklardaki etkilerini incelemişlerdir. *S.xylosus* ve *P. pentosaceus* starter bakterileri kullanılan üretimin başında pH ve nem değerleri sırasıyla 5,81 ve %59,95 iken, 6 günlük üretimin sonunda bu değerler 4,97 ve %36,15'e düşmüştür. *S. carnosus* ve *P. pentosaceus* starter bakterileri ilave edilen üretimin başında pH ve nem değerleri sırasıyla 5,90 ve %60,01 iken, 6 günlük üretimin sonunda bu değerler 4,94 ve %37,61'e düşmüştür. *S. xylosus* ve *P. pentosaceus* starter bakterileri kullanılan üretimin 0. gününde toplam mezofil bakteri sayısı 8,69 log kob/g iken bu değer ilk 4 gün artma göstermiş olup, 6. günde 9,86 log kob/g'a ulaşmıştır. *S. carnosus* ve *P. pentosaceus* starter bakterileri ilave edilen üretimin 0. gününde toplam mezofil bakteri sayısı 7,44 log kob/g iken bu değer 6. günde 8,55 log kob/g'a ulaşmıştır. *S. xylosus* ve *P. pentosaceus* starter bakterileri kullanılan üretimin 0. gününde stafilokok-mikrokok grubu mikroorganizma sayısı 5,66 log kob/g iken bu değer ilk 2 gün artma göstermiş olup, 6. günde 5,54 log kob/g'a düşmüştür. *S. carnosus* ve *P. pentosaceus* starter bakterileri ilave edilen üretimin 0. gününde stafilokok-mikrokok grubu mikroorganizma sayısı 6,70 log kob/g iken bu değer 3. gün maksimum sayısına ulaşmış olup (7,00 log kob/g), 6. günde 6,88 log kob/g'a ulaşmıştır. Sucuklarda saptanan laktik asit bakteri sayısı ise *S. xylosus* ve

P. pentosaceus starter bakterileri kullanılan üretimin 0. gününde 7,97 log kob/g iken bu değer 2. gün maksimum sayıya ulaşmış olup, 6. günde 8,87 log kob/g'a artmıştır. *S. carnosus* ve *P. pentosaceus* starter bakterileri ilave edilen üretimin 0. gününde laktik asit bakteri sayısı 6,95 log kob/g iken bu değer 2. gün maksimum sayısına ulaşmış olup, 6. günde 7,51 log kob/g'a ulaşmıştır. Sucuklarda saptanan duyusal analiz sonuçlarında *S. carnosus* ve *P. pentosaceus* starter bakterileri ilave edilerek elde edilen sucukların *S.xylosus* ve *P.pentosaceus* starter bakterileri kullanılan sucuklara kıyasla daha iyi puanlar aldığı görülmüştür.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Et Materyali

Sucuk üretiminde kullanılan et, Holştayn cinsine ait aynı koşullarda yetiştirilmiş bir sürüden seçilen her biri 2 yaşında olan iki sığırdan elde edilmiştir. Kazan Belediye Mezbahasında kesime alınan her bir hayvandan elde edilen karkasın döş kısmı, kesimden yaklaşık 6 saat sonra sucuk üretiminde kullanılmak üzere alınmıştır. Aynı mezbahadan taze kuyruk yağı ve salkım yağı temin edilmiştir. Et ve yağ, soğuk koşullarda Bölüm'e getirilmiş ve -18ºC'de dondurulmuştur. Çalışma iki tekerrür yürütülmüştür. Her bir hayvandan elde edilen et, bir tekerrürü temsil etmiştir. İki farklı sıcaklıkta yapılacak sucuk üretiminde aynı hammaddeyi kullanmak amacıyla etler dondurulmuştur.

3.1.2 Baharat, diğer katkı maddeleri ve starter kültür

Sucuk üretiminde kullanılacak baharat, (acı kırmızı biber, tatlı kırmızı biber, karabiber ve kimyon) Ankara piyasasından temin edilmiştir. Tuz ve sarımsak piyasadan temin edilmiştir. Sodyum nitrat ($NaNO_3$, Sigma, Steinheim, Almanya), sodyum nitrit ($NaNO_2$, Sigma, Steinheim, Almanya) ve sakkaroz (Merck, Darmstadt, Almanya) analitik saflıkta kullanılmıştır.

Sucuk üretiminde üç farklı starter kültür (karışım veya tek başına) kullanılmıştır. Bunlar, liyofilize *Pediococcuc pentosaceus* ve *Staphylococcus xylosus* (T-SPX 200 Bactoferm^{TM},Chr. Hansen Inc., Denmark) karışımı, *Lactobacillus sakei* ve *Staphylococcus carnosus* (F-SC-111 Bactoferm^{TM},Chr. Hansen Inc., Denmark) karışımı ve *Staphylococcus xylosus* (S-SX Bactoferm^{TM},Chr. Hansen Inc., Denmark)'dur. Starter kültürler, üretici firmanın öngördüğü şekilde kullanılmıştır.

3.1.3 Kılıf materyali

Sucuk hamuru 36 mm çapında kollagen yapay kılıfa doldurulmuştur.

3.2 Yöntem

3.2.1 Sucuk üretimi

Sucuk üretiminde kullanılacak donmuş et ve yağ, 4±2°C'de 24 saat bekletilerek çözündürülmüştür. Et görünür yağ, tendon, kıkırdak, sinir ve bağ dokularından, kan, kir vs. unsurlardan temizlenmiştir.

Sucukta üretim (olgunlaşma) sırasında meydana gelen karbonhidrat fermantasyonuna üretim sıcaklığının ve starter kültürün etkisini belirlemek amacıyla iki farklı üretim sıcaklığında (düşük sıcaklık; 20-22^{o}C ve yüksek sıcaklık; 24-26^{o}C) 3 farklı starterli grup ile bir kontrol (startersiz) grubu oluşturularak sucuk üretimi yapılmıştır. Sucuk üretiminde kullanılan formülasyon Çizelge 3.1'de verilmiştir. Sucuk üretimi için et ve yağ ayrı ayrı kıyma makinasında (Arı Torna Ltd. Şti., İstanbul) 12 mm delik çapında ayna kullanılarak kuşbaşı çekilmiştir. Verilen sucuk formülasyonuna göre dört grup oluşturulmuştur. Önce starter içermeyen kontrol grubu oluşturulmuş, bu amaçla et, yağ, tuz, sarımsak, sakkaroz, baharat, $NaNO_3$ ve $NaNO_2$ karıştırılmıştır. Daha sonra sıra ile *Pediococcus pentosaceus* ve *Staphylococcus xylosus* (S1, %0,025 w/w), *Lactobacillus sakei* ve *Staphylococcus carnosu*s (S2, %0,0125 w/w) ve *Staphylococcus xylosus* (S3, %0,0125 w/w) starterli grupları oluşturulmuştur. Her bir grup 4±2^{o}C'de 12 saat ön fermantasyona maruz bırakılmıştır. Daha sonra gruplar, 5 mm çapında ayna kullanılarak kıyma makinasında (OMT Makine Sanayi Ltd. Şti., Konya) çekilmiş ve sucuk hamurları elde edilmiştir. Elde edilen sucuk hamurları kıyma makinasına (Moulinex, HV-6, Fransa) dolum aparatı takılarak 36 mm çaplı kollagen kılıflara yaklaşık 15 cm uzunluğunda doldurulmuş ve uç kısımlarından bağlanmıştır. Bağlanan sucuklar askılara asılmış ve iğneyle delinerek hava boşlukları alınmıştır. Daha sonra sucuklar ıslatılarak dış kısmının kuruması önlenmiş ve 20 ^{o}C'de ve

%65-70 bağıl nemde (BN) 6-8 saat dinlendirilmiştir. Son olarak askılar, sıcaklığı, nemi ve hava hızı kontrol edilebilen inkübasyon kabinine (Biogen Ltd. Şti, Ankara) alınmıştır. Sucuklar inkübasyon kabininde 20-22^{o}C üretim sıcaklığında; 22 ºC'de ve %90 BN'de 2 gün ve %85 BN'de 2 gün, 21 ºC'de ve %80 BN'de 2 gün, 20 ºC'de ve %80 BN'de 2 gün ve 5 ºC'de ve %65-70 BN'de 1 gün, 24-26 ^{o}C üretim sıcaklığında; 26 ^{o}C'de ve %90 BN'de 2 gün ve %85 BN'de 2 gün, 25 ^{o}C'de ve %80 BN'de 2 gün, 24 ^{o}C'de ve %80 BN'de 2 gün ve 5 ^{o}C'de ve %65-70 BN'de 1 gün olmak üzere 9 günde üretilmişlerdir.

Çizelge 3.1 Sucuk formülasyonu (%)

	Kontrol (K)	Starter kültür		
		S1*	S2*	S3*
Et	79.0	79.0	79.0	79.0
Hayvansal yağ**	15.0	15.0	15.0	15.0
Tuz	1.8	1.8	1.8	1.8
Sarımsak	1.2	1.2	1.2	1.2
Şeker	0.6	0.6	0.6	0.6
Acı kırmızı biber	0.5	0.5	0.5	0.5
Tatlı kırmızı biber	0.5	0.5	0.5	0.5
Karabiber	0.6	0.6	0.6	0.6
Kimyon	0.6	0.6	0.6	0.6
Sodyum nitrat	0.03	0.03	0.03	0.03
Sodyum nitrit	0.01	0.01	0.01	0.01
Starter Kültür***	-	+	+	+

*S1: *Pediococcus pentosaceus* ve *Staphylococcus xylosus*; S2: *Lactobacillus sakei* ve *Staphylococcus carnosus*;
S3: *Staphylococcus xylosus*.
**Kuyruk yağı ve salkım yağı 1:1 oranında katılmıştır.
***Liyofilize starter kültürler formülasyona, S1 25 g/100kg, S2 ve S3 12,5 g/200 kg konsantrasyonlarda katılmışlardır.

3.3 Analiz Yöntemleri

Sucuk üretimi her bir sıcaklık derecesinde iki kez yapılmıştır. Her bir tekerrürde örnekler üretimin 0., 0,5., 1., 2., 3., 5., 7. ve 9. günlerinde alınmıştır. Önce her bir kangaldan mikrobiyolojik analiz için steril koşullarda örnek alınmıştır. Kalan sucuk kangalı kılıfları

soyularak dilimlenmiş ve mutfak robotunda (Sinbo, SHB3024, Çin Halk Cumhuriyeti) parçalanmıştır. Homojen hale getirilen örnekler nem, protein, yağ, kül, su aktivitesi (a_w), karbonhidrat analizleri (sakkaroz, glukoz ve fruktoz), pH, titrasyon asitliği ve enzimatik analizlerde (laktik ve asetik asit) kullanılmıştır. Protein, yağ ve kül analizleri üretimin başında ve sonunda; nem, pH, titrasyon asitliği, D- ve L-laktik asit, asetik asit analizleri 0.,0,5., 1., 2., 3., 5., 7. ve 9. günlerde; a_w ve mikrobiyolojik analizler 0,5. gün hariç diğer günlerde yapılmıştır. Karbonhidrat tayini üretimin 0., 0,5., 1., 2., 3. ve 5. günlerinde alınan örneklerde yapılmıştır. Duyusal analiz, son üründe çiğ ve pişmiş sucuklarda yapılmıştır. Analizler her bir tekerrürde iki paralel yürütülmüştür. Elde edilen sonuçlar iki tekerrür ve iki paralel ortalamaları olarak verilmiştir.

3.3.1 Nem miktarı

Yaklaşık 5 g örnek 0.001 hassasiyette, daha önce 105±1ºC'de sabit ağırlığa getirilen ve darası alınan cam kuru madde kaplarına tartılmış, aynı sıcaklıktaki kurutma dolabında yaklaşık 18 saat kurutulmuş, desikatörde soğutulmuş ve hassas olarak tartılmıştır. Nem miktarı, meydana gelen ağırlık kaybından % olarak hesaplanmıştır (Anonymous 2000).

3.3.2 Protein miktarı

Örneklerin % azot miktarları Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiş ve 6.25 faktörü ile çarpılarak % protein miktarı hesaplanmıştır (Anonymous 2000).

3.3.3 Yağ miktarı

Sucuk örneklerinin yağ miktarları, kurutularak suyu uçurulan örneklerde Soxhelet yöntemi kullanılarak belirlenmiş ve % olarak hesaplanmıştır. Yağ çözücü olarak dietil eter kullanılmıştır (Anonymous 2000).

3.3.4 Kül miktarı

Daha önce 550ºC'de sabit ağırlığa getirilen, desikatörde soğutulan ve 0.001 hassasiyette darası alınan kül krozesine yaklaşık 3 g örnek tartılmış, 105±1^{o}C'deki kurutma dolabında suyunu uçurmak üzere yaklaşık 8-10 saat kurutulmuştur. Kül fırınına alınan krozelerin sıcaklığı kademeli olarak yükseltilerek örnek yakılmış ve en son 550 ºC'de içerik gri-beyaz renk alana kadar bekletilmiştir. Daha sonra krozeler desikatörde soğutularak hassas terazide tartılmıştır. Kül miktarı meydana gelen ağırlık kaybından % olarak hesaplanmıştır (Anonymous 2000).

3.3.5 Enzimatik yöntemle karbonhidrat (sakkaroz, D-glukoz ve D-fruktoz) miktarı

Sucukta sakkaroz, glukoz ve fruktoz miktarları R-Biopharm enzim kitleri kullanılarak ve et ürünleri için önerilen yöntem uygulanarak yapılmıştır (Boehringer-Mannheim 1989, Cemeroğlu 2006). Yöntem et ürünleri için önerilen ekstraksiyon, spektrofotometrik okuma ve hesaplama olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır.

Örnek Ekstraksiyonu

İyice homojenize edilmiş örnekten 5 g tartılmış ve 100 mL'lik ölçülü balona aktarılmış, üzerine yaklaşık 60 mL destile su ilave edilmiş ve ara sıra karıştırılarak 70 °C'de 15 dakika ısıtılmıştır. Üzerine sırasıyla 5 mL Carrez I (85 mM potasyum hekzosiyanoferrat çözeltisi) ve Carrez II (250 mM çinko sülfat çözeltisi) katılmış ve her bir ilaveden sonra içerik karıştırılmıştır. Üzerine 10 mL 0,1 N NaOH çözeltisi ilave edildikten sonra çözelti oda sıcaklığına soğutulmuş ve balon çizgisine tamamlanmıştır. İçerik karıştırıldıktan sonra cam yününden filtre edilmiştir. Elde edilen berrak kısım, enzimatik yöntemle spektrofotometrik analiz için kullanılmıştır.

Uygulanan işlemler ve hesaplama

Filtrasyon aşamasıyla elde edilen berrak kısım R-Biopharm enzimatik kitlerle seyreltildikten sonra spektrofotometrede absorbans ölçümleri yapılmıştır. Enzimatik kitler yöntemde öngörüldüğü şekilde hazırlanmış ve işlemler sırasıyla uygulanarak sakkaroz, D-glukoz ve D-fruktoz miktarları aşağıda gösterilen formüllerle hesaplanmıştır.

Çalışma koşulları

Dalga boyu: 340 nm

Disposable küvet: 1 cm ışık yollu

Sıcaklık: 20-25 °C

Son hacim: 3.020 mL

Örnek çözeltisi: 0,1-1,8, 2 mL (içinde 8-150 mg sakkaroz + D-glukoz + D-fruktoz içerecek kadar).

Çizelge 3.2 Sakkaroz, D-glukoz ve D-fruktoz analizi işlem tablosu

Küvete konan çözeltiler	Sakkaroz şahit	Sakkaroz örnek	D-glukoz/D-fruktoz şahit	D-glukoz/D-fruktoz örnek
Çözelti-1*	0.2 mL	0.2 mL	-	-
Örnek çözeltisi**	-	0.1 mL	-	0.1 mL
Küvet içerikleri karıştırılır,* 20-25^{o}C'de 15 dakika,bunu izleyerek 37^{o}C'de 5 dakika inkübe edilir (kullanmadan önce Çözelti-1 37^{o}C'ye getirilir.), aşağıdaki eklemeler yapılarak işleme devam edilir.				
Çözelti-2	1.0 mL	1.0 mL	1.0 mL	1.0 mL
Çift destile su	1.8 mL	1.7 mL	2.0 mL	1.9 mL
Küvet içerikleri karıştırılır,*** 3 dakika sonra küvetlerdeki çözeltilerin absorbansları (A_1) okunur. Aşağıdaki ekleme yapılarak reaksiyon başlatılır.				
Süspansiyon-3	0.02 mL	0.020 mL	0.020 mL	0.020 mL
Küvetlerin içerikleri karıştırılır,***. Reaksiyonun sona ermesinden (yaklaşık 10-15 dakika) sonra çözeltilerin absorbansları okunur (A_2) Eğer reaksiyon, 15 dakika sonra durmamışsa, absorbans artışları sabit bir değere ulaşana kadar 2 dakika aralıklarla okumaya devam edilir. Bunun sonunda aşağıdaki ekleme yapılır.				
Süspansiyon-4	-	-	0.020 mL	0.020 mL
Küvetlerin içerikleri karıştırılır ve 10-15 dakika sonra çözeltilerin absorbansları (A_3) okunur.				

* Çözelti-1 ve örnek çözeltisi, küvetin taban yüzeyine pipetlenmiş ve hafifçe sallanarak karıştırılmıştır.
** Örnek çözeltisi almadan önce, kullanılan enzim pipetinin ucu, örnek çözeltisi çekilerek yıkanmıştır.
*** Küvetin parafilm ile kapatılmasından sonra seri hareketlerle 5-6 kez başaşağı edilerek karıştırılmıştır.

Konsantrasyon hesaplamada kullanılan eşitlikten yararlanılarak, sakkaroz, D-glukoz ve D-fruktoz miktarları g/l olarak ayrı ayrı hesaplanmıştır.

$$C(\text{g/l}) = \frac{(V)(MW)}{(\varepsilon)(d)(v)(1000)}\Delta A$$

Burada;

C: Analitin, örnek çözeltisindeki miktarı, g/l

V: Küvetteki çözeltinin toplam hacmi, mL

v: Örnek çözeltisi hacmi, mL

MW: Analitin molekül ağırlığı, g/mol

D: Işık yolu uzunluğu, 1 cm

ε: NADH'ın ekstinksiyon katsayısı (6.30 L/mmol cm)

ΔA: Okunan absorbans değerlerinden sakkaroz, D-glukoz ve D-fruktoz için ayrı ayrı bulunan değerler

Sucuk materyali için alınan örnek ağırlığı dikkate alınarak sakkaroz, D-glukoz ve D-fruktoz miktarları g/100 g olarak ayrı ayrı hesaplanmıştır.

$$\text{Sakkaroz, g/100 g} = \frac{C_{\text{sakkaroz}}\text{, g/L örnek çözeltisi}}{\text{Örnek ağırlığı, g/L örnek çözeltisi}} \text{ x100}$$

$$\text{D-glukoz, g/100 g} = \frac{C_{\text{D-glukoz}}\text{, g/L örnek çözeltisi}}{\text{Örnek ağırlığı, g/L örnek çözeltisi}} \text{ x100}$$

$$\text{D-fruktoz, g/100 g} = \frac{C_{\text{D-fruktoz}}\text{, g/L örnek çözeltisi}}{\text{Örnek ağırlığı, g/L örnek çözeltisi}} \text{ x100}$$

3.3.6 Su aktivitesi (a_w)

Örneklerin a_w değerleri, su aktivitesi cihazında (Novasina Thermoconstanter TH200, İsviçre) 20 ºC'de okunmuştur (Soyer vd. 2005). Cihazın kalibrasyonu, firmanın önerdiği standart tuz çözeltileri ile yapılmıştır**.**

3.3.7 pH değeri

Homojen örnekten 10 g tartılmış, üzerine 100 mL destile su ilave edilerek manyetik karıştırıcıda yaklaşık 10 dakika karıştırılmıştır. Elde edilen çözeltinin pH'sı uygun tampon çözeltilerle (pH 4 ve pH 7) kalibre edilmiş pH metrede (Hanna Ins. HI221, İtalya) ölçülmüştür (Johansson vd. 1994).

3.3.8 Titrasyon asitliği

Titrasyon asitliği için 10 g örnek alınmış, 200 mL destile su ile Waring Blender'de (Waring Products, New Hartford, CT, USA) homojenize edilmiştir. Daha sonra 250 mL'lik ölçülü balona yıkanarak aktarılmış ve çizgisine tamamlanmıştır. İçerik, filtre kağıdından (Whatman No. 54) süzülmüş ve süzüntüden 25 mL alınıp üzerine 50-75 mL destile su ilave edilmiştir. Karışıma birkaç damla fenol fitaleyn indikatörü ilave edilerek, kesin normalitesi 0.01'e ayarlanan NaOH çözeltisi ile renk dönüm noktasına kadar titre edilmiştir. Örneklerin titrasyon asitliği miktarı laktik asit cinsinden aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Gökalp vd. 1993).

$$\text{Titrasyon asitliği (\%)} = \frac{(V)\,(N)\,(90)}{(M)}$$

Burada:

V: Titrasyonda harcanan NaOH miktarı, mL
N: NaOH çözeltisinin kesin normalitesi
M: Örnek miktarı, g

3.3.9 Enzimatik yöntemle D- ve L- laktik asit ve asetik asit miktarı

Sucukta D- ve L-laktik asit ve asetik asit tayinleri R-Biopharm enzimatik analiz yöntemleri esas alınarak (Boehringer-Mannheim 1989, Cemeroğlu 2006) örnek ekstraksiyonu yapılmıştır. Analizler, hazırlanmış örneğe uygulanan işlemler ve hesaplama olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Bu aşamalar aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Ekstraksiyon

İyice parçalanarak homojenize edilmiş sucuk örneğinden 5 g uzun cam tüpe tartılmış, üzerine 20 mL 1 N perklorik asit katılarak Ultra Turrax (T25, IKA, Almanya)'da yüksek devirde 3 kez 30 saniye sürelerde karıştırılmıştır. İçerik yaklaşık 40 mL çift destile su kullanılarak bir behere aktarılmıştır. Üzerine 5 mL Carrez I ve 5 mL Carrez II çözeltileri sıra ile katılmış ve her bir ilaveden sonra karıştırılmıştır. Çözeltinin pH'sı, potasyum hidroksit (2 M) çözeltisi kullanılarak 10'a ayarlanmış ve harcanan potasyum hidroksitin miktarı ölçülmüştür. İçerik 100 mL'lik ölçülü balona destile su ile yıkanarak aktarılmış ve balon çizgisine tamamlanmıştır. Çözelti karıştırılmış, yağın ve potasyum perkloratın çökmesi için 20 dakika buzdolabında bekletilmiş ve bu süre sonunda içerik cam yününden filtre edilmiştir. Berrak ya da hafif bulanık örnek çözeltisi analizde kullanılmıştır.

Uygulanan işlemler ve hesaplama

Filtrasyon aşamasıyla elde edilen berrak kısım R-Biopharm enzimatik kitlerle seyreltildikten sonra spektrofotometrede absorbans ölçümleri yapılmıştır. Enzimatik kitler yöntemde öngörüldüğü şekilde hazırlanmış ve işlemler sırasıyla uygulanarak D-laktik asit, L-laktik asit ve asetik asit miktarları aşağıda gösterilen formüllerle hesaplanmıştır.

Çalışma koşulları

Dalga boyu: 340 nm

Cam küvet: 1 cm ışık yollu

Sıcaklık: 20-25 °C

Son hacim: Laktik asit için; 2.240 mL, asetik asit için; 3.230 mL

Örnek çözeltisi: D-, L-laktik asit için: 0,1-1,0 mL (içinde 0,3-35 µg D- ve L-laktik asit içerecek kadar), asetik asit için: 0,1-2,0 mL (içinde 0,3-30 µg asetik asit içerecek kadar)

D- ve L-laktik asit miktarlarının hesaplanması

Örneklerin g/L olarak D- ve L-laktik asit miktarları aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$C(g/l) = \frac{(V)(MW)}{(\varepsilon)(d)(v)(1000)}\Delta A$$

Burada:

C: Analitin, örnek çözeltisindeki miktarı, g/L

V: Küvetteki çözeltinin toplam hacmi (son hacim), mL

v: Örnek çözeltisi hacmi, mL

MW: Analitin molekül ağırlığı, g/mol

d: Işık yolu uzunluğu, cm

ε: NADH'ın absorbsiyon katsayısı (340 nm için 6,3 (1 x $mmol^{-1}$ x cm^{-1})

Sucuk materyali için alınan örnek ağırlığı dikkate alınarak D- ve L-laktik asit miktarları g/100 g olarak ayrı ayrı aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmıştır.

Çizelge 3.3 D- ve L-laktik asit analizi işlem tablosu

Küvete konan çözeltiler	Şahit	Örnek
Çözelti-1	1.000 mL	1.000 mL
Çözelti-2	0.200 mL	0.200 mL
Çözelti-3	0.020 mL	0.020 mL
Örnek çözeltisi*	-	0.100 mL
Çift destile su	1.000 mL	0.900 mL
Küvet içerikleri karıştırılır,** yaklaşık 5 dakika sonra çözeltilerin absorbansları (A_1) okunur. Sonra aşağıdaki ekleme yapılarak reaksiyon başlatılır.		
Çözelti-4	0.020 mL	0.020 mL
Küvet içerikleri karıştırılır,** yaklaşık 30 dakika reaksiyonun tamamlanmasından sonra şahit ve örnek (A_2) absorbansları süratle peş peşe okunur.		
Çözelti-5	0.020 mL	0.020 mL

Küvet içerikleri karıştırılmış,**Yaklaşık 30 dakika reaksiyonun tamamlanmasından sonra şahit ve örnek (A_3) absorbansları peş peşe okunmuştur.
* Örnek çözeltisi pipetle çekilmeden önce, kullanılacak enzim pipeti veya otomatik pipetin pipet ucu örnek çözeltisi çekilerek yıkanmıştır.
**Karıştırma, plastik bir spatula ile karıştırılarak yapılmıştır.

Çizelge 3.4 Asetik asit analizi işlem tablosu

Küvete konan çözeltiler	Şahit	Örnek
Çözelti-1	1.000 mL	1.000 mL
Çözelti-2	0.200 mL	0.200 mL
Örnek çözeltisi*	-	0.100 mL
Çift destile su	2.000 mL	1.900 mL
Küvet içerikleri karıştırılır,** ve çözeltilerin absorbansları (A_0) okunur. Sonra aşağıdaki ekleme yapılır.		
Süspansiyon-3	0.010 mL	0.010 mL
Küvet içerikleri karıştırılır,** ve yaklaşık 3 dakika sonra çözeltilerin absorbansları (A_1) okunur. Sonra aşağıdaki ekleme yapılarak reaksiyon başlatılır.		
Çözelti-4	0.020 mL	0.020 mL
Küvet içerikleri karıştırılır,** yaklaşık 10 – 15 dakika reaksiyonun tamamlanmasından sonra çözeltilerin absorbansları (A_2) okunur. Eğer reaksiyon15 dakika sonra durmamışsa, absorbans artışları sabit bir değere ulaşana kadar 2 dakika aralıklarla okumaya devam edilir.		

* Örnek çözeltisi almadan önce, kullanılan enzim pipetinin veya pistonlu pipetin pipet ucu, örnek çözeltisi çekilerek yıkanmıştır.
** Karıştırma, bir plastik spatula ile yapılmıştır.

$$\text{D-laktik asit} = \frac{C_{\text{D-laktik asit}}\ (\text{g/l örnek çözeltisi})}{C_{\text{örnek}}\ (\text{g/l örnek çözeltisi})} \times 100\ (\text{g/100 g})$$

$$\text{L-laktik asit} = \frac{C_{\text{L-laktik asit}}\ (\text{g/l örnek çözeltisi})}{C_{\text{örnek}}\ (\text{g/l örnek çözeltisi})} \times 100\ (\text{g/100 g})$$

$\Delta A_{\text{asetik asit}}$'i hesaplamada aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$\Delta A_{\text{asetik asit}} = [(A_2\text{-}A_0)_{\text{örnek}} - \frac{(A_1 - A_0)^2_{\text{örnek}}}{(A_2 - A_0)_{\text{örnek}}}] - [(A_2 - A_0)_{\text{şahit}} - \frac{(A_1 - A_0)^2_{\text{şahit}}}{(A_2 - A_0)_{\text{şahit}}}]$$

Asetik asit miktarının hesaplanması

Örneklerin g/l olarak asetik asit miktarları aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$C(\text{g/l}) = \frac{(V)(MW)}{(\varepsilon)(d)(v)(1000)}\Delta A$$

Burada:

C: Analitin, örnek çözeltisindeki miktarı, g/L

V: Küvetteki çözeltinin toplam hacmi (son hacim), mL

v: Örnek çözeltisi hacmi, mL

MW: Analitin molekül ağırlığı, g/mol

d: Işık yolu uzunluğu, cm

ε: NADH'ın absorbsiyon katsayısı (340 nm için 6,3 (1 x $mmol^{-1}$ x cm^{-1})

Sucuk materyali için alınan örnek ağırlığı dikkate alınarak asetik asit miktarları g/100 g olarak aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\text{Asetik asit} = \frac{C_{\text{D-laktik asit}}\ (\text{g/l örnek çözeltisi})}{C_{\text{örnek}}\ (\text{g/l örnek çözeltisi})} \times 100\ (\text{g/100 g})$$

Elde edilen D-, L-laktik asit ve asetik asit miktarları daha sonra mg/g KM olarak hesaplanmıştır.

3.3.10 Mikrobiyolojik analizler

Mikrobiyolojik analizler AOAC'da (Anonymous 1998) belirtilen yöntemlere göre yapılmıştır. Analizler için, sucuk örneğinden aseptik koşullarda 10 g alınmış, steril poşetlere konularak üzerine 90 mL %0.1'lik peptonlu su ilave edilmiş ve Stomacher'de 2 dakika süreyle homojenize edilmiştir. Elde edilen homojenattan 10^{-8}'e kadar dilüsyonlar hazırlanarak, mikrobiyolojik ekimlerde kullanılmıştır. Mikrobiyolojik analiz sonuçları log kob/g olarak verilmiştir.

3.3.10.1 Toplam mezofil aerobik bakteri (TMAB)

Uygun dilüsyonlarda ekim yapılan steril plaklara TMAB yükünü belirlemek üzere Plate Count Agar (PCA, Merck, Almanya) besiyeri dökülmüş ve plaklar 30 °C'de 72 saat inkübe edilmiştir. Süre sonunda plaklarda üreyen tüm koloniler sayılmıştır.

3.3.10.2 Laktik asit bakteri (LAB)

Steril plaklara uygun dilüsyonlardan ekim yapılmış ve Man Rogosa Sharpe (MRS, Merck, Almanya) Agar besiyeri kullanılarak dökme plak yöntemi ile çift kat ekim yapılmıştır. Plaklar, 30 °C'de 72 saat inkübe edilmiştir. Süre sonunda tipik koloniler laktik asit bakterisi olarak sayılmıştır.

3.3.10.3 Mikrokok-stafilokok (M-S)

Bu amaçla Egg Yolk Tellurit ile zenginleştirilmiş Baird Parker Agar (BPA, Merck, Almanya) besiyeri kullanılmıştır. Plaklar 30 °C'de 72 saat inkübe edilmiş ve tipik koloniler (siyah renkli) süre sonunda sayıma tabi tutulmuştur.

3.3.11 Duyusal değerlendirme

Üretimin sonunda çiğ ve pişmiş sucuklarda duyusal değerlendirme, 9 kişilik panelist grubu tarafından yapılmıştır. Panelistler deneyimli kişilerden oluşmuştur. EK 1 ve EK 2'de çiğ ve pişmiş sucuk örnekleri koku, renk, tat, tekstür ve genel beğeni yönlerinden değerlendirilmiştir. Değerlendirmede 10 puanlı hedonik skala kullanılmış, en iyi algılanan özellik 10 puan, en kötü algılanan özellik 0 puan olarak değerlendirilmiştir (Soyer 2005).

3.3.12 İstatistik analiz

Sucuk örneklerinde iki farklı üretim sıcaklığının (20-22^{o}C ve 24-26^{o}C), dört farklı grupta (kontrol, S1, S2 ve S3 starterli gruplar) ve üretimin belirli günlerinde (0., 1., 2., 3., 5., 7. ve 9.) nem, yağ, a_w, pH, titrasyon asitliği, organik asit, TMAB, LAB ve M-S değişkenleri bakımından elde edilen tekerrür ortalamaları ikili faktöriyel düzende varyans analiz tekniği kullanılarak değerlendirilmiştir (Winer vd. 1991). İstatistik analizler için "Minitab for Windows (ver.15.1)" ve "MSTAT" paket programları kullanılmıştır (MINITAB 2000).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Üç farklı starter (*Pediococcus pentosaceus* ve *Staphylococcus xylosus* (S1); *Lactobacillus sakei* ve *Staphylococcus carnosus* (S2); *Staphylococcus xylosus* (S3)) ilave edilerek ve startersiz (K) oluşturulan gruplar, iki farklı üretim sıcaklığında (20-22°C ve 24-26°C) üretilmiştir. Üretim sıcaklığının ve kullanılan starter kültürün sucuğun nem, protein, yağ, kül ve karbonhidrat (sakkaroz, glukoz, fruktoz) miktarlarına, su aktivitesi değerine (a_w), pH değerine, titrasyon asitliğine, organik asit miktarına (D- ve L-laktik asit ile asetik asit) ve mikrobiyolojik değişmelere etkisi üretim süresince araştırılmıştır. Nem miktarı, a_w değeri, pH değeri, titrasyon asitliği miktarı, laktik asit ve asetik asit miktarları, TMAB, LAB ve M-S bakteri yükleri ile çiğ ve pişmiş sucuk sonuçlarına uygulanan varyans analizi ve Duncan sonuçları Ek 3'de verilmiştir.

4.1 Nem Miktarı

Sucuk gruplarında üretim süresince her iki sıcaklıkta (20-22°C ve 22-24°C'de) nem miktarlarında meydana gelen değişmeler Çizelge 4.1'de ve Şekil 4.1'de verilmiştir. Düşük sıcaklıkta (20-22^{o}C) üretilen sucuklarda 0. gün kontrol grubunda nem miktarı %57,87, starterli gruplarda (S1, S2, S3) sırasıyla %59,33, %58,51 ve %59,21 olarak belirlenmiştir. 9. gün sonunda ise kontrol grubunda nem miktarı %40,53 starterli gruplarda (S1, S2, S3) sırasıyla %40,61, %40,03 ve %40,87 olarak azalma göstermiştir. 24-26^{o}C'de yapılan üretimde ise 0. gün kontrol grubunda nem miktarı %58,68 iken, starterli gruplarda (S1, S2, S3) sırasıyla bu değerler %58,30, %57,75 ve %57,12 olarak belirlenmiştir. 9. gün sonunda ise kontrol grubunda nem miktarı %37,00 iken, bu miktarlar starterli gruplarda (S1, S2, S3) sırasıyla %37,42, %36,75 ve %37,73 olarak belirlenmiştir.

Her iki üretim sıcaklığında da beklendiği gibi fermantasyon ve kurumaya bağlı olarak nem miktarları azalmıştır. Yüksek sıcaklıkta üretilen sucuklarda kuruma daha hızlı olmuştur. Yapılan varyans analizi sonucunda, nem miktarına üretim süresinin ve üretim sıcaklığının etkisi önemli ($P<0,01$) bulunmuş, starter kültürün etkisi ise önemli bulunmamıştır ($P>0,01$).

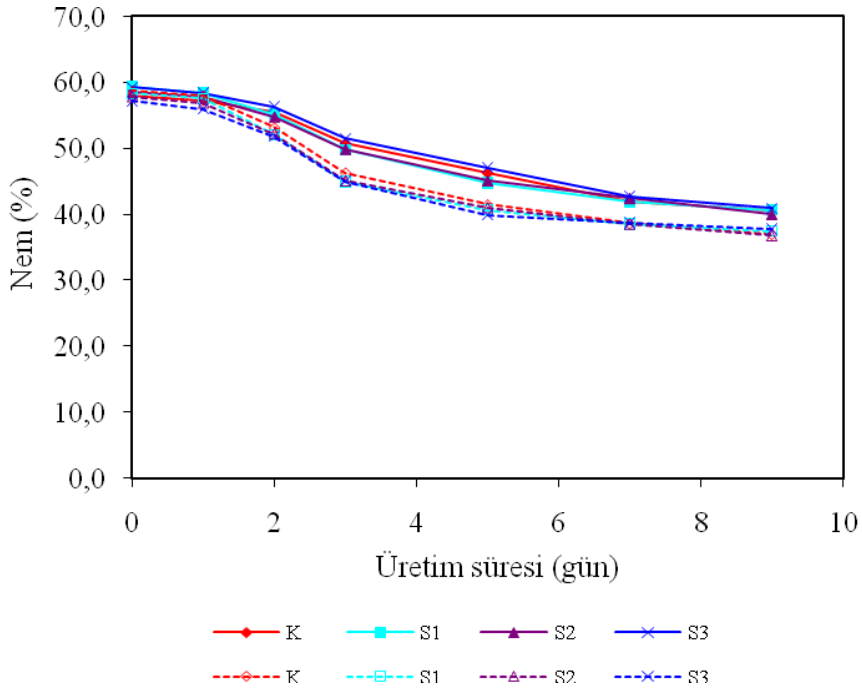
Çizelge 4.1 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında nem miktarlarında meydana gelen değişmeler (%)

Üretim sıcaklığı	Üretim Süresi (gün)	Sucuk grubu K	S1	S2	S3
20-22°C	0	57,87±1,02	59,33±0,64	58,51±1,50	59,21±1,34
	1	57,26±0,56	58,40±0,53	57,82±1,51	58,36±1,49
	2	55,44±0,91	55,17±0,88	54,70±2,06	56,35±1,48
	3	50,77±1,39	49,75±1,10	49,84±3,17	51,44±1,50
	5	46,21±2,02	44,71±1,28	45,09±2,74	47,07±2,62
	7	41,86±0,68	41,88±0,11	42,45±0,42	42,73±0,25
	9	40,53±0,18	40,61±0,76	40,03±1,42	40,87±0,81
24-26°C	0	58,68±3,01	58,30±0,51	57,75±0,99	57,12±0,95
	1	57,95±3,04	57,50±1,02	56,83±0,99	55,96±0,71
	2	53,15±3,25	52,04±2,63	52,18±2,10	51,79±1,73
	3	46,33±2,22	44,94±1,65	45,05±2,28	44,99±0,76
	5	41,50±1,57	40,61±1,50	40,99±0,34	39,86±0,40
	7	38,64±1,63	38,52±0,37	38,52±1,03	38,66±0,35
	9	37,00±1,70	37,42±0,11	36,75±0,42	37,73±0,25

Üretim sıcaklığı ve üretim süresi interaksiyonunun etkisi incelendiğinde; nem miktarındaki azalma her iki sıcaklık derecesinde de 2. günden itibaren önemli olmuştur ($P<0,01$). Üretimin son iki gününde nem miktarları arasındaki fark önemli bulunmamıştır ($P>0,01$). Her bir üretim süresinde sıcaklıkların etkisi incelendiğinde, sıcaklığın nem miktarı üzerine etkisi, 2. günden 9. güne kadar önemli olmuştur ($P<0,01$). Buna göre, düşük sıcaklıkta üretilen sucuklarda nem miktarındaki azalma, yüksek sıcaklıkta üretilen sucuklardan daha yavaş olmuştur.

Gönülalan vd. (2001), farklı starter kültür kombinasyonlarını (*P. pentosaceus* + *S. xylosus* ve *P. pentosaceus* + *S. carnosus*) kullandıkları çalışmalarında üretimin başında nem miktarlarını sırasıyla %59,95 ve %60,01 bulmuşlar, 6 günlük üretim sonunda ise bu miktarların sırasıyla %36,15 ve %37,61'e düştüğünü belirlemişlerdir. Diğer yandan Gökalp (1986), yüksek sıcaklıkta üretilen sucuklarda nem miktarlarındaki azalmanın daha hızlı olduğunu, bunun nedeninin ise yüksek sıcaklıkta pH'daki hızlı düşüşle açıklanabileceğini

belirtmiştir. Soyer vd. (2005), farklı sıcaklık derecelerinde (20-22 °C ve 24-26 °C) ürettiği sucuklarda son üründeki nem miktarının,



Şekil 4.1 Sucuk üretimi sırasında nem miktarında meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi
Sürekli çizgiler 20-22°C'deki üretim, kesikli çizgiler 24-26°C'deki üretim.

düşük sıcaklık derecesinde üretilen sucuklardan daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Lizaso vd. (1999), 25°C'de 3 gün fermente ettikleri sosislerde başlangıç nem miktarını %56,26, fermantasyon ve kurutma prosesleri sonrasında %39,49 bulmuşlardır. Dalmış ve Soyer (2008), *S. xylosus* ve *P. pentosaceus* karışımını içeren starter kültür kullanarak 25°C ve 9 günde ürettikleri sucuklarda nem içeriğinin % 60,12'den % 39,45'e düştüğünü bulmuşlardır. Yapılan çalışmalarda elde edilen bulgularla bu çalışmada elde edilen bulgular uyumludur.

4.2 Protein Miktarı

İki farklı sıcaklıkta üretilen sucuklarda üretimin başında ve sonunda belirlenen protein miktarları ve istatistik analiz sonucu Çizelge 4.2'de verilmiştir. Düşük sıcaklıkta (20-22^{o}C) üretilen sucuklarda üretimin başında belirlenen protein miktarları ortalama %15,18; üretimin sonunda K, S1, S2 ve S3 gruplarında sırasıyla %20,59, %20,15, %21,08 ve

Çizelge 4.2 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında protein miktarlarında meydana gelen değişmeler (%)

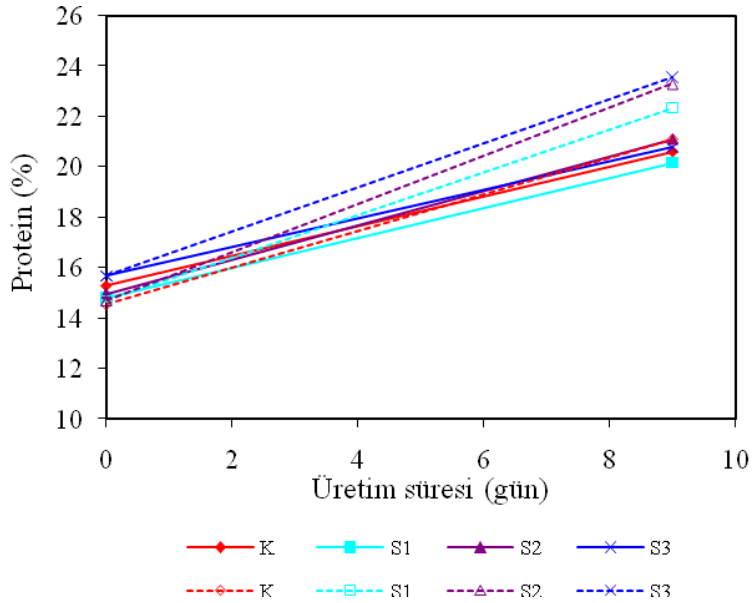
Üretim Sıcaklığı	Üretim Süresi (gün)	Sucuk grubu				
		K	S1	S2	S3	Ortalama
20-22^{o}C	0	15,27±0,71	14,82±1,57	14,96±0,81	15,68±1,33	15,18±1,11b
	9	20,59±0,69	20,15±1,61	21,08±1,13	20,77±1,28	20,65±1,18a
	Ortalama	17,93±0,70	17,49±1,59	18,02±0,97	18,22±1,30	
24-26^{o}C	0	14,55±0,10	14,69±0,05	14,68±0,24	15,68±0,11	14,90±0,04b
	9	21,08±0,24	22,33±0,17	23,29±0,26	23,55±0,16	22,56±0,12a
	Ortalama	17,82±0,07	18,51±0,06	18,98±0,01	19,62±0,13	

a,b: Aynı sütunda değişik harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir (P<0,01).

%20,77 bulunmuştur. Yüksek sıcaklıkta üretilen sucuklarda ise protein miktarları üretimin başında ortalama %14,90, üretimin sonunda K1, S1, S2 ve S3 gruplarında sırasıyla %21,08, %22,33, %23,29 ve %23,55 olarak saptanmıştır. Görüldüğü üzere, üretim süresince meydana gelen kurumaya bağlı olarak protein miktarları her iki üretim sıcaklığında, tüm gruplarda artmıştır (Şekil 4.2).

Yapılan varyans analizi sonucu, starterli gruplarla kontrol grubu arasında bir farklılık olmadığını (P>0,01), buna karşın üretim süresinin ve üretim sıcaklığı etkileşiminin önemli olduğunu (P<0,01) göstermiştir (Çizelge 4.2). Buna göre her iki üretim sıcaklığında 0. gün ile 9. gün protein miktarları arasındaki fark önemli olmuştur. Üretim sıcaklığının etkisi 0. günde önemli olmazken (P>0,01), 9. günde önemli bulunmuştur (P<0,01). Bu sonuçlar, yüksek sıcaklıkta kurumanın daha hızlı olduğunu ve daha fazla nem kaybına bağlı olarak

protein miktarında daha fazla artış olduğunu göstermiştir. Düşük sıcaklıkta üretilen sucuklarda üretim sonunda protein miktarında ortalama %36,0 artış, yüksek sıcaklıkta üretilen sucuklarda ortalama %51,4 artış meydana gelmiştir. Benzer sonuçlar Soyer vd. (2005), tarafından da bildirilmiştir. Bu araştırıcılar 24-26°C'de ürettikleri sucuklarda protein miktarında meydana gelen artışın, 20-22°C'de ürettikleri sucukların protein miktarlarındaki artıştan daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 4.2 Sucuk üretimi sırasında protein miktarında meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi
Sürekli çizgiler 20-22°C'deki üretim, kesikli çizgiler 24-26°C'deki üretim.

Dalmış (2007), *P. pentosaceus* ve *S. xylosus* karışımını içeren starter kültür kullanarak geleneksel yöntemle ürettiği sucuklarda protein miktarlarını 0. gün %15,48 ve 9. gün %23,71 olarak belirlemiştir. Johansson vd. (1994), aynı starter karışımı kullanarak 25°C'de ürettiği fermente sosislerde başlangıç protein miktarını %14,8, üretimin 14. gününde üründe su içeriğinin azalması nedeniyle protein miktarını % 21,3 bulmuşlardır.

4.3 Yağ Miktarı

Farklı üretim sıcaklıklarında üretilen starterli ve startersiz sucuk örneklerinde üretimin başında ve sonunda belirlenen yağ miktarları Çizelge 4.3'de verilmiştir. Gerek 20-22^{o}C'de gerekse 24-26^{o}C'de üretilen tüm sucuk gruplarında üretim süresince meydana gelen kurumaya bağlı olarak yağ miktarlarında artış gözlenmiştir. Düşük sıcaklıkta (20-22^{o}C) üretilen sucuklarda üretimin başında yağ miktarı ortalama %22,26, 9. günde ise K grubunda %34,38, starterli gruplarda (S1, S2, S3) sırasıyla %33,22, %33,33 ve %33,33 olmuştur. Yüksek sıcaklıkta (24-26^{o}C) üretilen sucuklarda 0. günde ortalama %22,63, 9. günde K

Çizelge 4.3 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında yağ miktarlarında meydana gelen değişmeler (%)

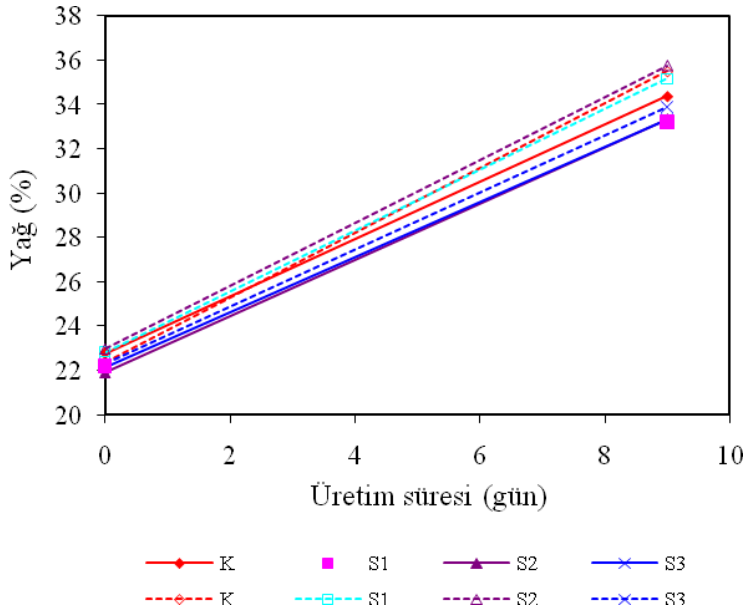
Üretim Sıcaklığı	Üretim Süresi (gün)	Sucuk grubu				
		K	S1	S2	S3	Ortalama
20-22^{o}C	0	22,78±2,31	22,20±1,86	21,90±1,48	22,15±2,14	22,26±1,95b
	9	34,38±1,31	33,22±1,73	33,33±0,49	33,33±1,63	33,56±1,29a
	Ortalama	28,58±1,81	27,71±1,79	27,61±0,99	27,74±1,88	
24-26^{o}C	0	22,39±2,24	22,28±0,38	22,97±0,69	22,33±0,74	22,63±1,01b
	9	35,50±4,30	35,16±0,93	35,75±1,29	33,88±1,30	35,07±1,95a
	Ortalama	28,94±3,27	28,99±0,65	29,36±0,99	28,10±1,02	

a,b: Aynı sütunda değişik harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir (P<0,01).

grubunda %35,50, starterli gruplarda (S1, S2, S3) sırasıyla %35,16, %35,75 ve %33,88 olarak belirlenmiştir.

Başlangıç ve son üründeki yağ miktarları, kurumaya bağlı olarak artış göstermiş (Şekil 4.3) ve üretim süresinin etkisi önemli bulunmuştur (P<0,01). Yağ miktarında meydana gelen artışa üretim sıcaklığının ve starter kullanımının etkisi önemli bulunmamıştır (P>0,01).

Dalmış (2007), %20 yağ ilave ettiği, starterli ürettiği sucuklarda (*P. pentosaceus* ve *S. xylosus*) 9 günlük üretim sonunda yağ miktarını %33,44 bulmuştur. Johansson vd. (1994), aynı starter kültür kullanarak 25°C'de ürettiği sucuklarda başlangıç yağ miktarını % 23,9, üretimin 14. gününde üründe su içeriğinin azalmasına bağlı olarak yağ miktarının % 34,7'ye arttığını bulmuşlardır. Samelis vd. (1993), doğal fermente Yunan sosisinde başlangıç yağ miktarının %32,3'ten 14 gün sonunda %51,7'ye arttığını belirtmişlerdir. Fermente sucuğun yağ miktarında üretim sırasında meydana gelen değişimle ilgili olarak diğer çalışmalarda elde edilen bulgularla, bu çalışmada elde edilen bulgular uyumludur.



Şekil 4.3 Sucuk üretimi sırasında yağ miktarında meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi
Sürekli çizgiler 20-22°C'deki üretim, kesikli çizgiler 24-26°C'deki üretim.

4.4 Kül Miktarı

Sucuk gruplarında üretim süresince her iki sıcaklıkta (20-22°C ve 22-24°C'de) kül miktarlarında meydana gelen değişmeler Çizelge 4.4'de ve Şekil 4.4'de verilmiştir.

Sucuklarda nem kaybı sonucu kuru maddedeki artış ile kül miktarlarlarında da artış meydana gelmiştir. 20-22^{o}C'de üretilen sucuklarda 0. gün kontrol grubunda kül miktarı %2,58, starterli gruplarda (S1, S2, S3) sırasıyla %2,73, %2,37 ve %2,31 olarak belirlenmiştir. Üretimin sonunda (9. Gün) ise kontrol grubunda kül miktarı %3,41, starterli gruplarda (S1, S2, S3) sırasıyla %3,41, %3,53 ve %3,43 olarak artış göstermiştir. 24-26^{o}C'de yapılan üretimde ise 0. gün kontrol grubunda kül miktarı %2,63 iken, starterli gruplarda (S1, S2, S3) sırasıyla %2,34, %2,50 ve %2,62 olarak belirlenmiştir. Üretimin 9. gününde ise kontrol grubunda kül miktarı %3,85 iken, bu miktarlar S1, S2 ve S3 gruplarında sırasıyla %3,59, %3,35 ve %3,56 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.4 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında kül miktarlarında meydana gelen değişmeler (%)

Üretim Sıcaklığı	Üretim Süresi (gün)	Sucuk grubu				
		K	S1	S2	S3	Ortalama
20-22^{o}C	0	2,58±0,20	2,73±0,52	2,37±0,18	2,31±0,04	2,50±0,24b
	9	3,41±0,60	3,41±0,51	3,53±0,46	3,43±0,44	3,44±0,50a
	Ortalama	2,99±0,40	3,07±0,52	2,95±0,32	2,87±0,24	
24-26^{o}C	0	2,63±0,01	2,34±0,50	2,50±0,34	2,62±0,03	2,52±0,21b
	9	3,85±0,35	3,59±0,54	3,35±0,54	3,56±0,45	3,58±0,30a
	Ortalama	3,24±0,18	2,96±0,52	2,92±0,44	3,09±0,24	

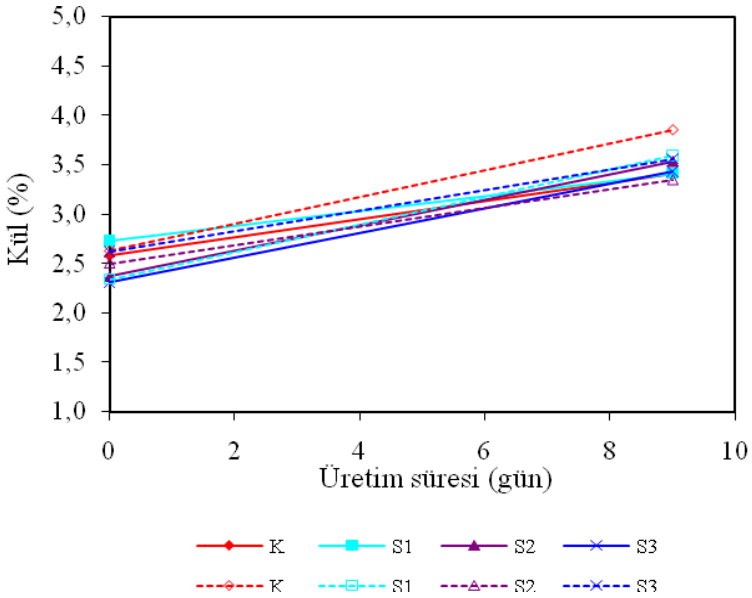
a,b: Aynı sütunda değişik harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir (P<0,01).

Yapılan varyans analizi, sucuklarda kül miktarında meydana gelen değişime üretim sıcaklığının ve starter kültür kullanımının etkisinin olmadığını (P>0,01), buna karşın üretim süresinin etkili olduğunu (P<0,01) göstermiştir.

4.5 Karbonhidrat (sakkaroz, D-glukoz ve D-fruktoz) Miktarı

Farklı starter kültür kullanılarak ve farklı sıcaklıklarda (20-22^{o}C ve 24-26^{o}C) üretilen sucuklarda üretim süresince başlıca karbonhidratlar olan sakkaroz, D-glukoz ve D-fruktoz

miktarlarında meydana gelen değişmeler Çizelge 4.5'de verilmiştir. Bilindiği gibi sucuk hamuruna dışarıdan katılan veya ette bulunan karbonhidratların mikroorganizmalar tarafından substrat olarak kullanılmaları sonucu karbonhidrat miktarı giderek azalmaktadır. Bu çalışmada sucuk formülasyonunda %0,6 düzeyinde sakkaroz kullanılmıştır.



Şekil 4.4 Sucuk üretimi sırasında kül miktarında meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi
Sürekli çizgiler 20-22°C'deki üretim, kesikli çizgiler 24-26°C'deki üretim.

Karbonhidratlar, ortamda bulunan fermantatif mikroorganizmalar tarafından özellikle fermantasyon sırasında harcanmaktadır.

Çizelge 4.5 incelendiğinde, sucuk hamurunda 0. günde en fazla bulunan karbonhidrat sakkaroz olup, miktarları 2,81-3,81 mg/g örnek aralığında değişmiştir. D-glukoz en fazla bulunan ikinci karbonhidrat olup, miktarları 1,45-2,60 mg/g arasında değişmiştir. D-fruktoz ise sucuk hamurunda en az düzeyde bulunan karbonhidrat olup miktarları 0,44-1,18 mg/g arasında değişmiştir. Karbonhidrat miktarındaki değişim özellikle fermantasyon sırasında gözlenmiş ve sakkaroz miktarları fermantasyonun 1. ve 2. günlerinde tüm gruplarda giderek azalırken, D-glukoz ve D-fruktoz miktarları önce artmış, fakat ilerleyen günlerde

süratle azalmıştır (Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8). Üretimin 5. gününde sakkaroz miktarları oldukça azalmış ve 0,01 ile 0,09 mg/g arasında değişmiştir. D-glukoz miktarları özellikle K grubunda starterli gruplardan daha yüksek düzeyde bulunmuş, 20-22^{o}C'de üretilen örneklerde ortalama 1,91 mg/g, 24-26^{o}C'de üretilen örneklerde 1,34 mg/g olmuştur (Çizelge 4.5). Düşük sıcaklıkta üretilen sucuklarda üretimin 5. gününde, yüksek sıcaklıkta üretilen sucuklarda ise üretimin 3. gününde sakkarozun neredeyse tamamı harcanmıştır. Üretim sırasında sakkarozun mikroorganizmalarca kullanılması ile yapıtaşları olan glukoza ve fruktoza indirgenmesi gerçekleşmektedir. Bu nedenle üretimin ilk 2-3 gününde sakaroz miktarlarında azalma, glukoz ve fruktoz miktarlarında ise artmalar gözlenmiştir. Mikroorganizmaların glukoz ve fruktozu daha çabuk harcamaları sonucu ise glukoz ve fruktoz miktarları giderek azalmıştır (Şekil 4.5, 4.6, 4.7 ve 4.8).

Yüksek üretim sıcaklığında ve fermantatif bir starter kültür varlığında sakkarozun kolayca fermente olduğu, buna karşın startersiz sucuklarda bile ortama hakim olan laktik asit bakterilerinin sakkarozu parçaladığı ve starterli gruplarla karşılaştırıldığında daha geç de olsa harcandığı gözlenmiştir. Starterli gruplar arasında glukoz ve fruktoz miktarları üretimin 5. gününde en fazla S3 sucuklarında belirlenmiştir. Düşük sıcaklıkta üretilen S3 sucuklarında 5. günde glukoz ve fruktoz miktarları sırasıyla 0,84 ve 0,43 mg/g, yüksek sıcaklıkta üretilenlerde sırasıyla 0,61 ve 0,20 mg/g bulunmuştur. Lipolitik ve proteolitik bir starter olan *S.xylosus* içeren sucuklardaki karbonhidratlar ortama doğal inokülasyonla hakim olan laktik asit bakterilerince kullanılmışlardır.

Starter kültürlerin sakkarozu fermente etmede daha etkin oldukları görülmektedir. Bunun yanı sıra üretim sıcaklığının etkisi özellikle K gruplarında gözlenirken, starterli gruplarda her iki sıcaklıkta da karbonhidratlar indirgenmiştir. Başlangıç ve 5. günde belirlenen toplam karbonhidrat miktarları karşılaştırıldığında 20-22^{o}C'de üretilen K, S1, S2 ve S3 sucuklarında sırasıyla %67, %99, %97 ve %80 azalma, 24-26^{o}C'de üretilenlerde sırasıyla %73, %98, %95 ve %86 azalma belirlenmiştir.

Fermente et ürünlerine katılan karbonhidrat miktarı %0,4 ile %2,0 arasında değişmektedir. Türkiye'de sucuk formülasyonlarına karbonhidrat kaynağı olarak genellikle sakkaroz katılmaktadır. Bununla birlikte starter kültür ilave edilmesi durumunda glukoz da kullanılmaktadır. Glukoz fermente et ürünlerinde mikrobiyolojik reaksiyonlarda anahtar substrat olarak görülmektedir. Bilindiği gibi karbonhidratlar, ortamdaki fermantatif bakteriler tarafından substrat olarak kullanılmakta ve son ürün olarak organik asitlerin oluştuğu bir dizi reaksiyona katılmaktadırlar (Delaquis vd. 1993). Glukozu tüm laktik asit bakterileri kullanabilirken, sakkarozu laktik asit bakterilerinin birçoğu (Acton vd. 1977, Lizaso vd. 1999) ve maltozu da az bir kısmı kullanabilmektedir (Acton vd. 1977). De Ketelaere vd. (1974), fermente sosislerde laktat ve asetat oluşmasına paralel olarak karbonhidrat miktarının azaldığını bildirmişlerdir. Araştırıcılar teorik olarak her bir mol hekzosdan 2 mol laktat ve/veya asetat oluştuğunu, hekzosların anaerobik ortamda laktat ve asetata dönüştüğünü belirtmişlerdir. Bununla birlikte teorik olarak hesaplanan miktarlarla, üretimde meydana gelen miktarlar arasında farklılıklar olduğu, bunun substratların farklı reaksiyonlarda da kullanılmasından kaynaklanabileceği vurgulanmıştır. Araştırıcılar üç ayrı denemeden birincisinde karbonhidrat miktarının başlangıçta yaklaşık 18 mmol/100 g KM'den 35 günlük üretim sonunda 4 mmol/100 g KM düzeyine azaldığını bulmuşlardır. İkinci denemede başlangıçta 24 mmol/100 g KM karbonhidratın 35 gün sonra 14 mmol/100 g KM'ye, üçüncü denemede 16 mmol/100 g KM'den 8 mmol/100 g KM'ye azaldığı belirtilmiştir.

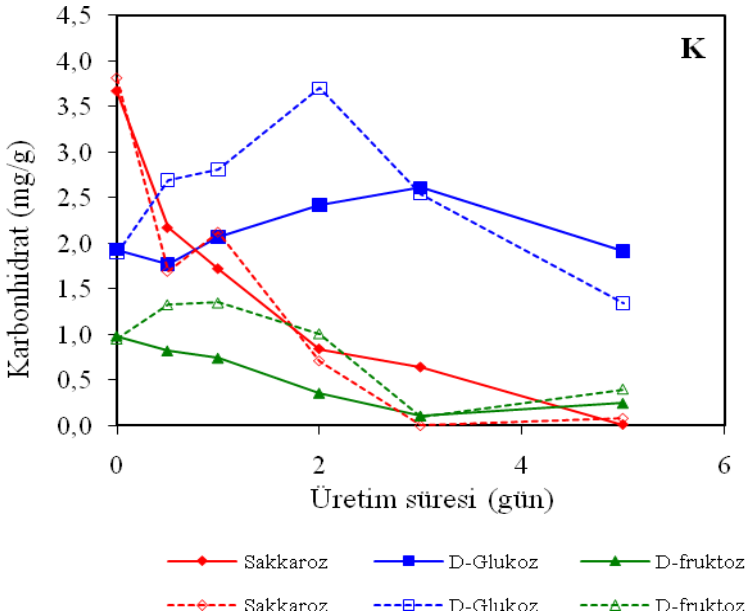
4.6 Su Aktivitesi (a_w) Değeri

Farklı starter kültür kullanılarak ve farklı sıcaklıklarda (20-22^{o}C ve 24-26^{o}C) üretilen sucuklarda üretim süresince su aktivitesi (a_w) değerlerinde meydana gelen değişmeler Çizelge 4.6'da verilmiştir. Tüm sucuk gruplarında üretim süresince meydana gelen kurumayla birlikte nem miktarının azalmasına bağlı olarak a_w değerlerinde düşüş gözlenmiştir. Düşük sıcaklıkta (20-22^{o}C) üretilen sucuklarda 0. gün a_w değerleri ortalama 0,958 olup, 1. günden itibaren düşme gözlenmiştir. Üretimin sonunda a_w değeri K grubunda 0,915, starterli gruplarda (S1, S2, S3) sırasıyla 0,911, 0,909 ve 0,918'e düşmüştür. Yüksek

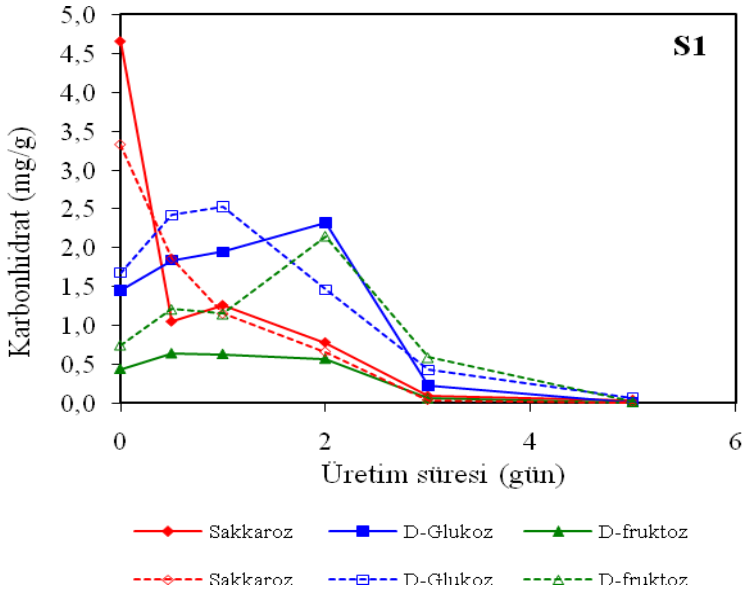
sıcaklıkta (24-26^{o}C) yapılan üretimde ise 0. gün a_w değeri ortalama 0,958, üretimin sonunda ise K, S1, S2 ve S3 gruplarında sırasıyla 0,906, 0,901, 0,898 ve 0,904 olarak

Çizelge 4.5 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında sakkaroz, glukoz ve fruktoz miktarlarında meydana gelen değişmeler (mg/g örnek)

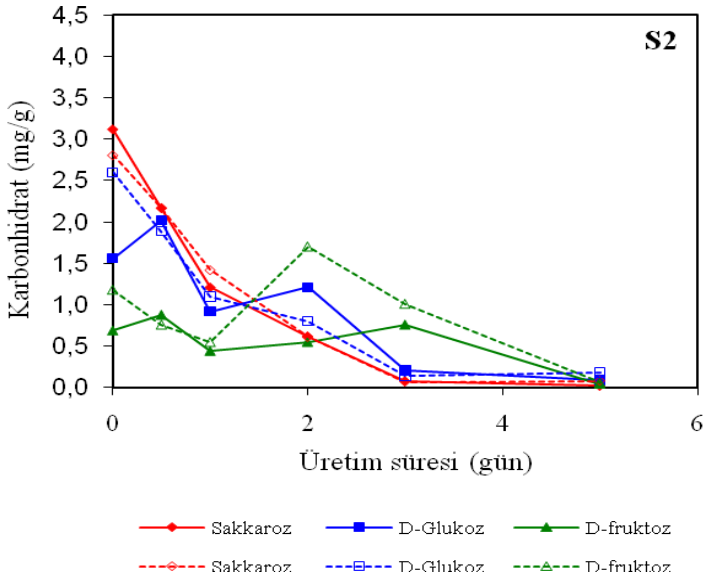
Üretim süresi (gün)	Gruplar											
	K			S1			S2			S3		
	Sakkaroz	Glukoz	Fruktoz	Sakkaroz	Glukoz	Fruktoz	Sakkaroz	Glukoz	Fruktoz	Sakkaroz	Glukoz	Fruktoz
20-22°C												
0	3,67	1,93	0,98	4,66	1,45	0,44	3,12	1,56	0,69	3,43	1,91	0,78
0,5	2,17	1,77	0,82	1,05	1,84	0,64	2,17	2,02	0,88	2,82	1,98	0,93
1	1,72	2,07	0,74	1,26	1,95	0,63	1,21	0,92	0,44	1,04	1,19	0,44
2	0,84	2,42	0,36	0,78	2,32	0,57	0,62	1,21	0,55	0,51	1,05	0,56
3	0,64	2,61	0,11	0,09	0,23	0,06	0,08	0,21	0,76	0,16	0,91	0,76
5	0,01	1,91	0,25	0,04	0,01	0,01	0,02	0,09	0,04	0,02	0,84	0,43
24-26°C												
0	3,81	1,89	0,95	3,33	1,68	0,75	2,81	2,60	1,18	3,07	2,27	1,00
0,5	1,69	2,69	1,33	1,86	2,42	1,21	2,17	1,89	0,76	2,87	1,99	0,86
1	2,12	2,81	1,35	1,15	2,53	1,15	1,42	1,10	0,55	1,75	1,43	0,66
2	0,71	3,70	1,01	0,66	1,46	2,15	0,61	0,80	1,70	0,86	0,97	1,24
3	0,00	2,54	0,10	0,04	0,43	0,59	0,07	0,14	1,01	0,12	0,79	0,51
5	0,08	1,34	0,40	0,01	0,07	0,02	0,08	0,18	0,06	0,08	0,61	0,20



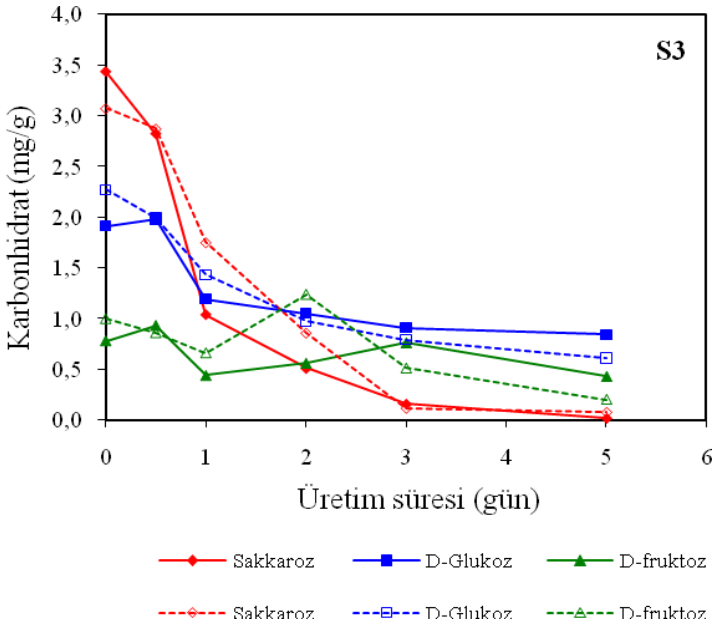
Şekil 4.5 Üretim sırasında kontrol (K) sucukların karbonhidrat miktarında meydana gelen değişmelere üretim sıcaklığının etkisi
Sürekli çizgiler 20-22°C'deki üretim, kesikli çizgiler 24-26°C'deki üretim.



Şekil 4.6 Üretim sırasında S1 starterli sucukların karbonhidrat miktarında meydana gelen değişmelere üretim sıcaklığının etkisi
Sürekli çizgiler 20-22°C'deki üretim, kesikli çizgiler 24-26°C'deki üretim.



Şekil 4.7 Üretim sırasında S2 starterli sucukların karbonhidrat miktarında meydana gelen değişmelere üretim sıcaklığının etkisi
Sürekli çizgiler 20-22ºC'deki üretim, kesikli çizgiler 24-26ºC'deki üretim.



Şekil 4.8 Üretim sırasında S3 starterli sucukların karbonhidrat miktarında meydana gelen değişmelere üretim sıcaklığının etkisi
Sürekli çizgiler 20-22ºC'deki üretim, kesikli çizgiler 24-26ºC'deki üretim.

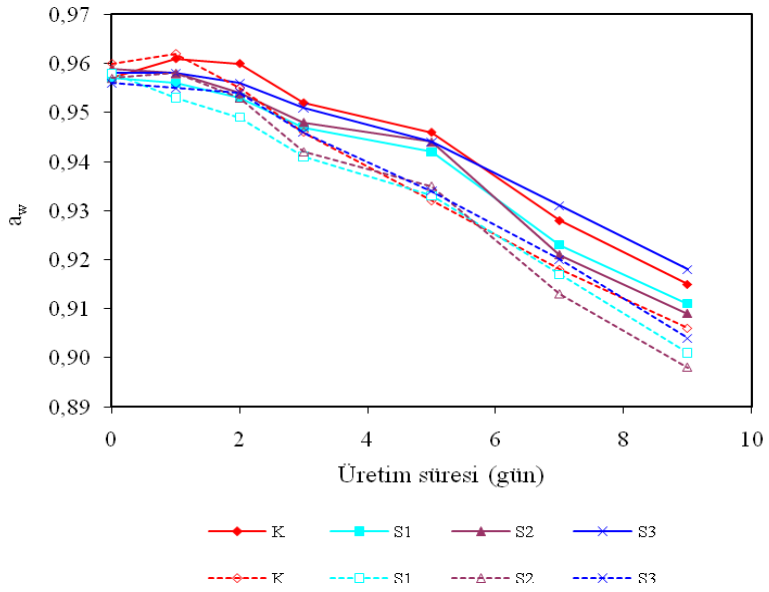
bulunmuştur. Düşük sıcaklıkta üretimde a_w değerinde en fazla düşüş üretimin 5. gününden itibaren, yüksek sıcaklıkta üretimde ise üretimin 3. gününden itibaren 9. güne kadar devam etmiştir (Şekil 4.9).

Starter kültürün, üretim sıcaklığının ve süresinin a_w değerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonucu, a_w değerine üretim sıcaklığının ve üretim süresinin etkili olduğunu ($P<0,01$) göstermiştir. Düşük üretim sıcaklığında a_w daha yavaş düşmüş ve yüksek sıcaklıkta elde edilen a_w değeri ile arasındaki fark önemli olmuştur ($P<0,01$). Üretim süresinin etkisine bakıldığında; 0., 1. ve 2. günler a_w ortalamaları arasındaki fark önemsiz ($P>0,01$), 2. günle 9. gün a_w ortalamaları arasındaki fark ise önemli ($P<0,01$) bulunmuştur. Starter kültürün aw değerine etkisi önemli bulunmamıştır ($P>0,01$).

Çizelge 4.6 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında a_w değerlerinde meydana gelen değişmeler

Üretim Sıcaklığı	Üretim Süresi (gün)	Sucuk grubu			
		K	S1	S2	S3
20-22°C	0	0,957±0,008	0,957±0,002	0,958±0,002	0,958±0,002
	1	0,961±0,012	0,956±0,002	0,958±0,005	0,958±0,001
	2	0,960±0,004	0,953±0,008	0,954±0,006	0,956±0,004
	3	0,952±0,002	0,947±0,008	0,948±0,001	0,951±0,002
	5	0,946±0,012	0,942±0,006	0,944±0,004	0,944±0,003
	7	0,928±0,006	0,923±0,012	0,921±0,009	0,931±0,004
	9	0,915±0,003	0,911±0,001	0,909±0,005	0,918±0,008
24-26°C	0	0,960±0,007	0,958±0,002	0,957±0,001	0,956±0,004
	1	0,962±0,001	0,953±0,001	0,958±0,004	0,955±0,000
	2	0,955±0,003	0,949±0,007	0,953±0,003	0,954±0,001
	3	0,946±0,004	0,941±0,008	0,942±0,004	0,946±0,002
	5	0,932±0,000	0,933±0,008	0,935±0,006	0,934±0,002
	7	0,918±0,006	0,917±0,005	0,913±0,004	0,920±0,001
	9	0,906±0,008	0,901±0,010	0,898±0,004	0,904±0,006

Fermente et ürünlerinin a_w değerine üretim süresinin, starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi bir çok araştırıcı tarafından çalışılmıştır. Sucuklarda ve diğer fermente sosislerde üretim sırasındaki a_w düşüşüne üretim süresinin etkili olduğu diğer çalışmalarla da ortaya konulmuştur (Soyer vd. 2005, Casaburi vd. 2007, Gençcelep vd. 2007, Dalmış ve Soyer 2008, Kaban ve Kaya 2009). Diğer yandan, Gençcelep vd. (2007), 18-22°C'de ürettikleri sucuklarda starter kültürün sucuğun a_w değerine etkili olduğunu ve starterli sucukların (*L.sakei*+*S.carnosus* ve *P.acidilactici*+*S.xylosus*+*L.curvatus*) kontrol sucuklarından daha düşük a_w değerlerine sahip olduklarını bildirmişlerdir. Yine Kaban ve Kaya (2010), 18-24°C'de ürettikleri starterli sucuklarda (*L.plantarum*+*S.xylosus*), kontrol sucuklarından önemli düzeyde daha düşük a_w değerleri belirlemişlerdir. Casaburi vd. (2007), İtalyan fermente sosislerinde a_w düşüşüne üretim süresinin önemli etkisi olduğunu, buna karşın starterli gruplarla (S1: proteolitik *S.xylosus*+*L.curvatus*, S2: lipolitik *S.xylosus*+*L.curvatus*) K grubu arasında önemli bir fark olmadığını bulmuşlardır. Araştırıcılar, üretimin 10. gününde K, S1 ve S2 gruplarının a_w değerlerini sırasıyla 0,929, 0,929 ve 0,921 bulmuşlardır. Dalmış ve Soyer (2008), 18-25°C'de ve 9 günde ürettikleri sucuklarda,



Şekil 4.9 Sucuk üretimi sırasında su aktivitesi değerinde meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi
Sürekli çizgiler 20-22°C'deki üretim, kesikli çizgiler 24-26°C'deki üretim.

startersiz ve starterli (*S.xylosus+P.pentosaceus*) örneklerde a_w değerlerini 0. günde sırasıyla 0,960 ve 0,957, üretimin sonunda ise 0,892 ve 0,884 olarak bulmuşlardır. Araştırıcılar, üretim süresinin a_w değerine önemli düzeyde etkisi olduğunu, buna karşın starter kullanımının önemli bir etkisi olmadığını bildirmişlerdir.

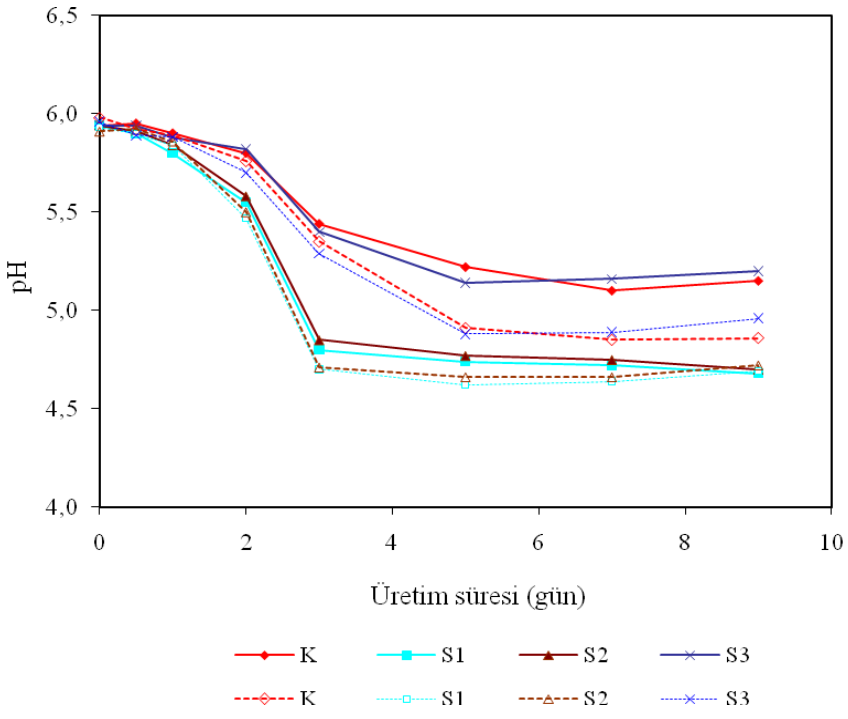
4.7 pH Değeri

Farklı üretim sıcaklıklarında (20-22°C ve 22-24°C'de) ve farklı starter kültürler ilave edilerek üretilen sucuklarda üretim süresince pH değerlerinde meydana gelen değişmeler Çizelge 4.7'de ve Şekil 4.10'da verilmiştir. Sucuk örneklerinin pH değerleri, üretim süresince ortamda bulunan fermantatif mikroorganizmaların (doğal inokülasyon) ve kullanılan fermantatif starter kültürlerin etkisi sonucunda düşüş göstermiştir. Genel olarak birinci günden itibaren üretim sıcaklığının ve starter kültürün etkisi gözlenmiştir.

Çizelge 4.7 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında pH değerlerinde meydana gelen değişmeler

Üretim Sıcaklığı	Üretim Süresi (gün)	Sucuk grubu			
		K	S1	S2	S3
20-22°C	0	5,94±0,03	5,94±0,06	5,94±0,06	5,94±0,06
	0,5	5,95±0,01	5,90±0,03	5,91±0,04	5,94±0,01
	1	5,90±0,01	5,80±0,03	5,84±0,03	5,88±0,03
	2	5,80±0,03	5,55±0,07	5,58±0,04	5,82±0,06
	3	5,44±0,09	4,80±0,21	4,85±0,07	5,40±0,07
	5	5,22±0,13	4,74±0,22	4,77±0,01	5,14±0,11
	7	5,10±0,07	4,72±0,18	4,75±0,06	5,16±0,13
	9	5,15±0,06	4,68±0,06	4,70±0,11	5,20±0,08
24-26°C	0	5,98±0,01	5,93±0,04	5,91±0,03	5,96±0,03
	0,5	5,92±0,04	5,90±0,04	5,92±0,02	5,89±0,04
	1	5,89±0,01	5,84±0,01	5,86±0,03	5,88±0,03
	2	5,76±0,08	5,47±0,07	5,50±0,11	5,70±0,08
	3	5,35±0,08	4,70±0,08	4,71±0,08	5,29±0,06
	5	4,91±0,10	4,62±0,06	4,66±0,12	4,88±0,08
	7	4,85±0,13	4,64±0,07	4,66±0,11	4,89±0,06
	9	4,86±0,10	4,69±0,04	4,72±0,15	4,96±0,01

Starter kültür içermeyen kontrol sucuklarında pH düşüşü ve lipolitik/proteolitik özellikteki starter kültür *S.xylosus* içeren S3 sucuklarında yavaş bir pH düşüşü gözlenirken, birer fermantatif suş içeren S1 (*P.pentosaceus*) ve S2 (*L.sakei*) sucuklarında hızlı bir pH düşüşü gözlenmiştir. Düşük sıcaklıkta üretilen K sucuklarında pH başlangıçta 5,94'den 3. günde en çok azalış gösterdiği 5,44 değerine ve 3. günden 9. güne daha stabil bir azalma ile 5,15 değerine düşmüştür. Yüksek sıcaklığın etkisi tüm örneklerde olduğu gibi kontrol örneklerinde de gözlenmiş ve başlangıçta 5,98 olan pH değeri 3.günde 5,35'e ve 9. günde 4,86'ya düşmüştür. Düşük sıcaklıkta üretilen S1 ve S2 ve S3 sucuklarında pH değerinde en fazla düşüş, 2. günden itibaren sırasıyla S1, S2 ve S3 örneklerinde belirlenmiştir. pH değerleri; S1 örneklerinde 2. günde 5,55'e, 3. günde 4,80'e ve 9. günde 4,68'e, S2 örneklerinde 2. günde 5,58'e, 3. günde 4,85'e ve 9. günde 4,70'e, S3 örneklerinde 2. günde 5,82'ye, 3. günde 5,40'a ve 9. günde 5,20'ye düşmüştür (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 Sucuk üretimi sırasında pH değerinde meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi
Sürekli çizgiler 20-22°C'deki üretim, kesikli çizgiler 24-26°C'deki üretim.

Yüksek sıcaklıkta üretilen tüm sucuk gruplarında ise, düşük sıcaklıkta üretilen sucuklardan daha hızlı bir düşüş gözlenmiştir (Şekil 4.10). Gruplar arasındaki değişime bakıldığında, yüksek sıcaklıkta üretilen sucuklarda da benzer bir değişim gözlenmiş, en yavaş düşüş K ve S3 gruplarında en hızlı düşüş S2 ve S3 gruplarında saptanmıştır. Buna göre 0. gün pH değerleri ortalama 5,96'dan 9. günde K, S1, S2 ve S3 örneklerinde sırasıyla 4,86'ya, 4,69'a, 4,72'ye ve 4,96'ya düşmüştür. Yüksek sıcaklıkta üretilen S1 ve S2 sucuklarında 5. günden sonra düşük sıcaklıkta üretilen S1 ve S2 sucuklarından farklı olarak bir artış gözlenmiştir. Bu artış S3 sucuklarında her iki sıcaklık derecesinde de gözlenmiştir. Bu durum proteolitik suş içeren starter kültürün oluşturduğu azot bazlı metabolitlerden kaynaklanmaktadır ve proteolitik faaliyet yüksek sıcaklıkta daha hızlı gelişmektedir.

Üretim süresince sucukların pH değerinde meydana gelen değişmelere üretim sıcaklığının, starter kültürün ve üretim süresinin etkisini belirlemek üzere uygulanan varyans analizi sonucuna göre sucuklardaki pH değişimine üretim sıcaklığının, starter kültürün ve üretim süresinin etkisi önemli bulunmuştur ($P<0.01$). Yüksek üretim sıcaklığı (24-26^{o}C), sucuk pH değerinin daha hızlı düşmesine ve üretim sonunda daha düşük pH değerlerine neden olmuştur. Starter kültür içeren örneklerle içermeyen kontrol örnekleri karşılaştırıldığında ise, starter kullanımının pH değerine etkisi önemli bulunmuştur ($P<0,01$). S1 ve S2 sucuklarının pH değerleri, K ve S3 sucuklarındaki pH değerlerinden önemli düzeyde daha düşük bulunmuştur ($P<0,01$). Üretim süresinin etkisine bakıldığında; 0., 0,5. ve 1. gün pH değerleri arasındaki fark önemsiz ($P>0,01$), 2., 3. ve 5. günler arasında önemli ($P<0,01$) bulunmuştur.

Soyer vd. (2005), sucuktaki pH değişimine farklı üretim sıcaklıklarının ve üretim süresinin etkisi olduğunu ve yüksek üretim sıcaklığında (24-26^{o}C), düşük üretim sıcaklığından daha hızlı düşüş olduğunu, son ürün pH'sının yüksek üretim sıcaklıklarında daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Xu *et al.* (2009), *P. pentasaceus* ile farklı sıcaklıklarda (15-37°C) fermente edilen sosislerde 15°C'den 37°C'ye doğru artan sıcaklıklarda pH'nın daha hızlı düştüğünü belirtmişlerdir. Dalmış ve Soyer (2008), *P. pentosaceus* ve *S. xylosus* karışımını içeren starter kültür kullanarak 25°C ve 9 günde ürettikleri sucuklarda pH değerinin 4,62'ye

ulaştığını bulmuşlardır. Araştırıcılar, sucukta pH değerlerini 0. günde 5,73, 7. günde 4,59 ve 9. günde 4,62 olarak bildirmişlerdir. Tjener vd. (2004), *P. pentosaceus* ve *S. carnosus* inoküle ederek 24°C'de ürettikleri fermente sosislerde ürünün son pH değerini 5,29 olarak kaydetmişlerdir. Lizaso vd. (1999), 3 gün boyunca fermente edilen sosislerde (25°C), ürünün başlangıç pH değerini 0,95 ve ürünün maruz kaldığı mikrobiyel faaliyetler sonucu bu değerin 0,89'a düştüğünü bulmuşlardır. Vural (1998), *P. pentosaceus* ve *S. xylosus* karışımını içeren starter kültür kullanarak ürettiği sucuklarda pH değerini başlangıçta 5,99, 2. günde yaklaşık 5,1'e düştüğünü ve 5. günde 5,25'e yükseldiğini bulmuştur. Johansson vd. (1994), *P.pentosaceus* ve *S. xylosus*'tan oluşan starter kültür kullanarak 25°C'de ürettiği sucuklarda prosesin ilk 3 gününde pH'nın 5,7'den 5,0'e düştüğünü, 14 gün sonunda ise en düşük değerine (4,8) ulaştığını bulmuşlardır.

Aro Aro vd. (2010), fermente sosiste starter kültürlerin etkisini araştırdıkları çalışmalarında, ayrı ayrı *L. sakei*, *S.carnosus*, *S.xylosus* içeren gruplar *L.sakei* + *S.carnosus* ve *P.pentosaceus* + *S.xylosus* karışımı içeren gruplar ve startersiz grup oluşturmuşlar ve 21 günlük üretim sırasında pH değişimini incelemişlerdir. Araştırıcılar, asit oluşturma güçleri fazla olan laktik asit kültürü içeren gruplarda pH düşüşünün tek proteolitik suş içeren (*S.xylosus* ve *S.carnosus*) starterli gruplardan daha hızlı olduğunu belirtmişlerdir. Özellikle laktik asit bakterisi içeren gruplarda üretimin başında hızlı pH düşüşünün istenmeyen bakterilerin elemine edilmesi için önemli olduğu vurgulanmıştır.

4.8 Titrasyon Asitliği

Sucukta toplam laktik asit cinsinden titrasyon asitliği miktarına üretim sıcaklığının ve starter kültürün etkisi üretim süresince belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.8'de ve Şekil 4.11'de verilmiştir. Titrasyon asitliği genel olarak her iki sıcaklık derecesinde de üretim süresince artış göstermiştir. Başlangıç titrasyon asitliği miktarları %0,34-0,47 aralığında değişirken, özellikle fermantasyonun 2. ve 3. günlerinde belirgin artışlar gözlenmiştir. Düşük sıcaklıkta üretilen sucuklarda titrasyon asitliği miktarı, yüksek

sıcaklıkta üretilen sucuklardan daha az olmuştur. Buna göre titrasyon asitliği miktarları üretimin sonunda 20-22°C'de üretilen K, S1, S2 ve S3 sucuklarında sırasıyla %0,98, %1,30, %1,24 ve %1,04, 24-26°C'de üretilen sucuklarda sırasıyla %1,06, %1,48, %1,43 ve %1,00 düzeylerinde olmuştur. S1 ve S2 starterli gruplarda artış, K ve S3 starterli grubundan daha fazla olmuştur. Bunun nedeni S1 ve S2 starter kültürlerinin fermantatif suşlar içermeleri (S1: *P. pentosaceus*, S2: *L. sakei*) ve pH değerinde olduğu gibi daha fazla asit oluşturmalarıdır. *S. xylosus* içeren S3 grubu fermantatif özellikte olmadığından meydana gelen asidite, starter içermeyen K grubundaki asiditeye yakın olmuştur.

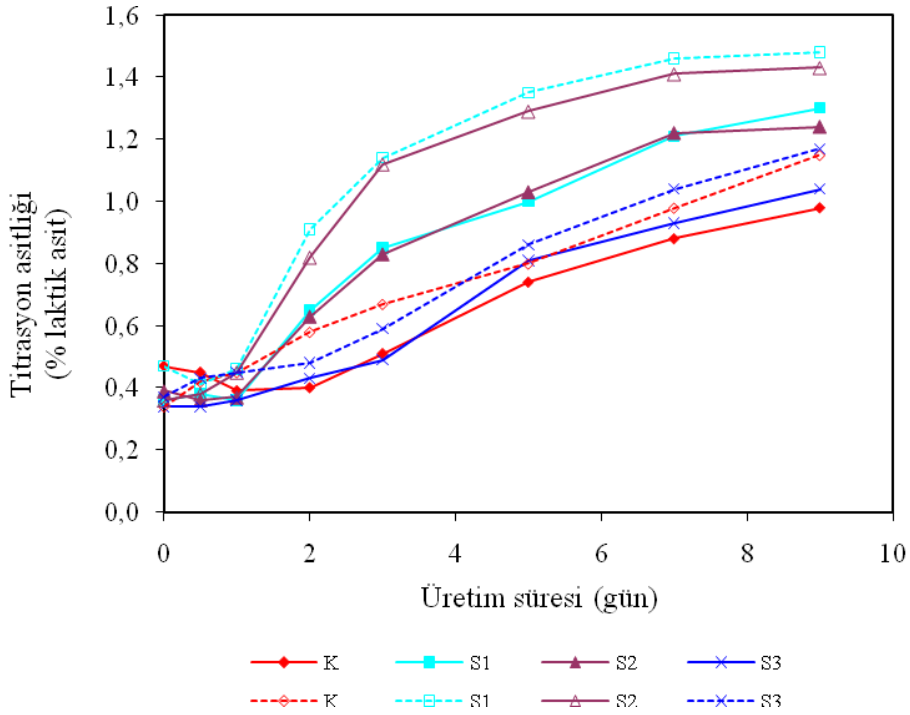
Sucukta titrasyon asitliği miktarına üretim sıcaklığının, starter kültürün ve üretim süresinin etkisini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonucu, üretim sıcaklığının, starter kültür kullanımının ve üretim süresinin etkili olduğunu göstermiştir ($P<0,01$).

Çizelge 4.8 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında titrasyon asitliği miktarında meydana gelen değişmeler (% laktik asit)

Üretim Sıcaklığı	Üretim Süresi (gün)	Sucuk grubu			
		K	S1	S2	S3
20-22°C	0	0,47±0,11	0,36±0,07	0,39±0,00	0,34±0,01
	0,5	0,45±0,06	0,38±0,05	0,36±0,01	0,34±0,01
	1	0,39±0,04	0,36±0,06	0,37±0,06	0,36±0,08
	2	0,40±0,04	0,65±0,01	0,63±0,01	0,43±0,11
	3	0,51±0,04	0,85±0,07	0,83±0,05	0,49±0,01
	5	0,74±0,05	1,00±0,20	1,03±0,21	0,81±0,21
	7	0,88±0,02	1,21±0,33	1,22±0,36	0,93±0,27
	9	0,98±0,06	1,30±0,15	1,24±0,22	1,04±0,30
24-26°C	0	0,34±0,01	0,47±0,06	0,36±0,02	0,37±0,01
	0,5	0,42±0,06	0,41±0,04	0,38±0,04	0,43±0,06
	1	0,45±0,10	0,46±0,10	0,45±0,11	0,45±0,16
	2	0,58±0,21	0,91±0,38	0,82±0,04	0,48±0,01
	3	0,67±0,24	1,14±0,08	0,82±0,14	0,59±0,09
	5	0,80±0,16	1,35±0,11	1,12±0,20	0,86±0,12
	7	0,98±0,18	1,46±0,48	1,41±0,52	1,04±0,57
	9	1,15±0,13	1,48±0,37	1,43±0,55	1,17±0,22

Üretim sıcaklığının etkisi incelendiğinde, yüksek sıcaklıkta asitlik oluşumunun daha yüksek olduğu görülmüştür (P<0,01). Starter kültürün etkisi incelendiğinde, S1 ve S2 starter kültürleri içeren örneklerin asitlikleri K ve S3 starter kültürü içeren örneklerden önemli düzeyde daha yüksek olmuştur (P<0,01). K grubu ile S3 örnekleri ve S1 ve S2 örnekleri arasındaki fark ise önemli bulunmamıştır (P>0,01). Üretim süresinin etkisi 0., 0,5. ve 1. gün titrasyon asitliği miktarları arasında önemsiz (P<0,01), buna karşın 1. günden 7. güne kadar titrasyon asiliği miktarlarında meydana gelen artışlar önemli (P<0,01), 7. ve 9. gün arasındaki değişim ise önemsiz bulunmuştur (P<0,01).

Soyer (2005), farklı sıcaklık derecelerinde (20-22°C ve 24-26°C) ve farklı yağ oranlarında ürettiği sucuklarda üründe başlangıç toplam asitlik miktarının (% laktik asit cinsinden) %0,46-0,66 arasında değiştiğini, üretim sonunda ise artarak %0,82-1,72 düzeylerine



Şekil 4.11 Sucuk üretimi sırasında titrasyon asitliği miktarında meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi
Sürekli Sürekli çizgiler 20-22°C'deki üretim, kesikli çizgiler 24-26°C'deki üretim.

ulaştığını bildirmiştir. Soyer (2005), üretim sıcaklığının asitlik oluşumunu etkilediğini ve yüksek sıcaklıkta asitlik oluşumunun arttığını belirlemiştir. Çalışmamızda 0.günde elde edilen titrasyon asitliği miktarları ile (%0,34-0,47), Soyer (2005)'in başlangıç değerleri arasındaki farklılık hammaddeden kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada kullanılan etin başlangıç pH'sının yüksek olması, son üründe asitlik düzeyinin de düşük düzeyde (en yüksek %1,48) kalmasına neden olmuştur. Diğer yandan Vural (1998), *P.pentosaceus* ve *S.xylosus* içeren starter kültür karışımı kullanarak ürettiği sucuklarda titrasyon asitliği miktarının başlangıçta % 0,23 iken, 2. günde % 0,71'e yükseldiğini ve 5. güne kadar bu miktarın değişmeden kaldığını bulmuştur.

4.9 D-, L- ve Toplam Laktik Asit Miktarları

İki farklı sıcaklıkta üretilen ve farklı starterli gruplar içeren ve içermeyen sucuklarda üretim sırasında (0., 0,5., 1., 2., 3., 5. ve 9. günler) meydana gelen D- ve L-laktik asit miktarları enzimatik yöntemle belirlenmiştir. D- ve L-laktik asit toplamından ise toplam laktik asit miktarları hesaplanmıştır. Genel olarak, sucuklarda üretim boyunca, D-laktik asit miktarlarında düzenli bir artış, buna karşın başlangıçta yüksek miktarda bulunan L-laktik asit miktarlarında ise giderek bir azalış gözlenmiştir. Toplam laktik asit miktarları incelendiğinde üretim sırasında bir artış gözlenmektedir. Sucukta üretim sırasında meydana gelen D-laktik asit miktarları Çizelge 4.9'da ve Şekil 4.12'de verilmiştir.

Sucuklarda üretim süresince karbonhidratların ortamda bulunan (doğal inokülasyon) veya ilave edilen laktik asit bakterilerince (starter kültür) parçalanması sonucu laktik asit meydana gelmiştir. Her iki sıcaklık derecesinde üretilen sucuklarda D-laktik asit miktarları 0. gün örneklerinde 0,24-0,42 mg/g KM arasında değişmiştir. Üretim sonunda 20-22^{o}C'de K, S1, S2 ve S3 örneklerinde belirlenen D-laktik asit miktarları mg/g KM olarak sırasıyla 13,99, 21,35, 21,78 ve 16,08; 24-26^{o}C'de sırasıyla 15,33, 25,15, 24,05 ve 18,40 olmuştur. Özellikle fermantasyon ve kuruma sırasında (1. ve 5. gün arasında) D-laktik asit miktarları önemli düzeyde artmıştır (Şekil 4.12). Yüksek sıcaklıkta üretilen sucuklarda pH ve titrasyon asitliği sonuçlarında da gözlendiği gibi daha fazla D-laktik asit oluşmuştur. Laktik

asit bakteri suşu içeren S1 (*P.pentosaceus*) ve S2 (*L. sake*) örneklerinde daha fazla D-laktik asit oluşmuştur. Diğer yandan starter içermeyen K örnekleri ve proteolitik/lipolitik suş içeren S3 örneklerinde de üretim boyunca D-laktik asit miktarları artmıştır. Bunun nedeni ortamda doğal olarak bulunan laktik asit bakterilerinin faaliyetidir.

D-laktik asit miktarına starter kültürün, üretim sıcaklığının ve üretim süresinin etkisini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonucu, her üç faktörün de etkili olduğunu göstermiştir ($P<0,01$). Buna göre yüksek üretim sıcaklığında oluşan D-laktik asit miktarı da önemli düzeyde yüksek olmuştur. Starter kültürlerin etkisine bakıldığında, fermantatif suş içeren S1 ve S2 örneklerinin D-laktik asit miktarları K ve S3 örneklerinden önemli düzeyde yüksek bulunmuştur ($P<0,01$). S1 ve S2 örneklerinin D-klaktik asit miktarları arasındaki fark ise önemli bulunmamıştır ($P>0,01$). Üretim süresinin etkisi, 2. günden itibaren gözlenmiş ve D-laktik asit miktarları 9. güne kadar önemli düzeyde artış göstermiştir ($P<0,01$).

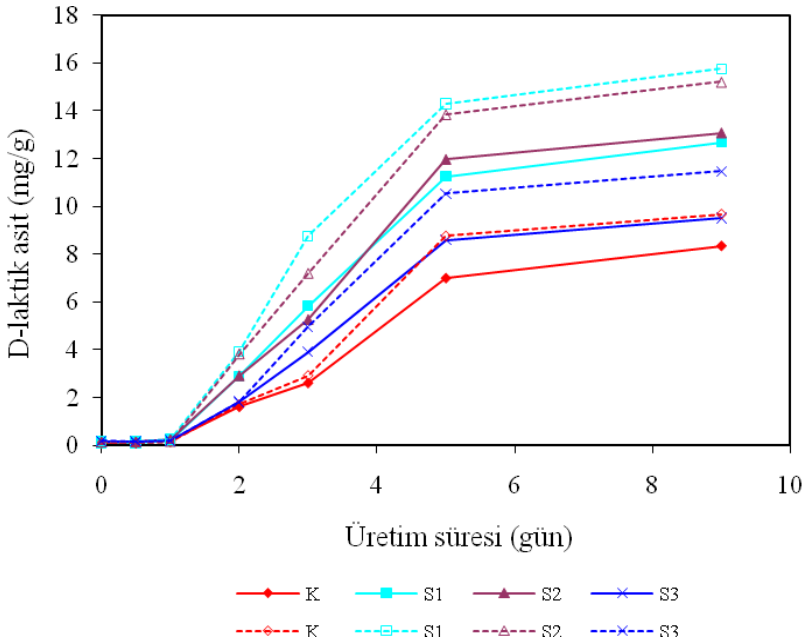
Sucuk örneklerinde üretim sırasında L-laktik asit miktarlarında meydana gelen değişmeler Çizelge 4.10'da ve Şekil 4.13'de verilmiştir. Sucuk hamurunda belirlenen L-laktik asit miktarları 6,13-6,95 mg/g KM arasında değişmiştir. Üretim sırasında L-laktik asit miktarlarında bir azalış gözlenmiştir. Bu azalış, yüksek sıcaklıkta üretilen S1 ve S2 örneklerinde daha hızlı olmuştur. Buna göre üretimin sonunda L-laktik asit miktarları 20-22^{o}C'de üretilen sucuklarda 0,73-1,39 mg/g KM aralığında, 24-26^{o}C'de üretilen sucuklarda 0,05-0,33 mg/g KM aralığında değişmiştir.

Yapılan varyans analizi, sucuklarda L-laktik asit miktarındaki değişime starter kültürün, üretim sıcaklığının ve üretim süresinin önemli etkilerinin olduğunu göstermiştir ($P<0,01$). Yüksek üretim sıcaklığında L-laktik asit miktarı önemli düzeyde daha düşük olmuştur. Starter kültürün etkisine bakıldığında, K ve S2 grubu L-laktik asit miktarları arasındaki fark önemli ($P<0,01$), K, S2 ve S3 gruplarının L-laktik asit miktarları arasındaki fark önemsiz ($P>0,01$) bulunmuştur.

Çizelge 4.9 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında D-laktik asit miktarlarında meydana gelen değişmeler (mg/g KM)

Üretim Sıcaklığı	Üretim Süresi (gün)	Sucuk grubu			
		K	S1	S2	S3
20-22°C	0	0,24±0,08	0,27±0,03	0,29±0,10	0,42±0,17
	0,5	0,35±0,14	0,24±0,08	0,36±0,06	0,34±0,06
	1	0,43±0,10	0,47±0,18	0,55±0,08	0,41±0,13
	2	3,29±0,30	5,77±0,16	5,78±0,59	3,73±0,69
	3	4,85±0,49	10,56±1,50	9,56±1,97	7,41±1,19
	5	12,01±2,25	19,35±2,98	20,56±2,18	15,00±0,78
	9	13,99±1,07	21,35±1,64	21,78±1,80	16,08±0,71
24-26°C	0	027±0,10	0,41±0,08	0,31±0,13	0,42±0,11
	0,5	0,24±0,10	0,35±0,06	0,28±0,03	0,39±0,08
	1	0,34±0,01	0,52±0,18	0,31±0,03	0,44±0,11
	2	3,19±0,58	7,14±0,49	6,95±0,71	3,33±0,98
	3	5,01±1,15	14,73±1,26	12,20±1,71	8,25±0,47
	5	14,26±2,23	23,23±1,80	22,53±2,29	17,17±2,40
	9	15,33±1,73	25,15±0,57	24,05±2,28	18,40±1,00

Enzimatik yöntemle belirlenen D- ve L-laktik asit miktarlarının toplamı ile toplam laktik asit miktarları hesaplanmıştır. Sucuklarda üretim sırasında meydana gelen toplam laktik asit miktarları Çizelge 4.11'de ve Şekil 4.14'de yer almaktadır. Toplam laktik asit miktarlarındaki değişim, D-laktik asit miktarında gözlenen değişime benzerdir. Buna göre, sucuk örneklerinde toplam laktik asit miktarları üretim sırasında giderek artmıştır. En fazla artış üretimin 3. ve 5. günlerinde meydana gelmiştir. Yüksek üretim sıcaklığında ve fermantatif suş içeren sucuk örneklerinde meydana gelen toplam laktik asit miktarları daha fazla olmuştur. Toplam laktik asit miktarları mg/g KM örnek olarak düşük üretim sıcaklığında (20-22°C) üretilen sucuklarda 0. günde 6,72-7,01 aralığında, üretimin sonunda (9.gün) K, S1, S2 ve S3 örneklerinde sırasıyla 14,80, 22,16, 22,51 ve 17,47; yüksek üretim sıcaklığında (24-26°C) üretilen sucuklarda 0. günde 7,09-7,36 aralığında, üretimin sonunda sırasıyla 15,67, 25,20, 24,28 ve 18,64 bulunmuştur.



Şekil 4.12 Sucuk üretimi sırasında D-laktik asit miktarında meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi
Sürekli Sürekli çizgiler 20-22°C'deki üretim, kesikli çizgiler 24-26°C'deki üretim.

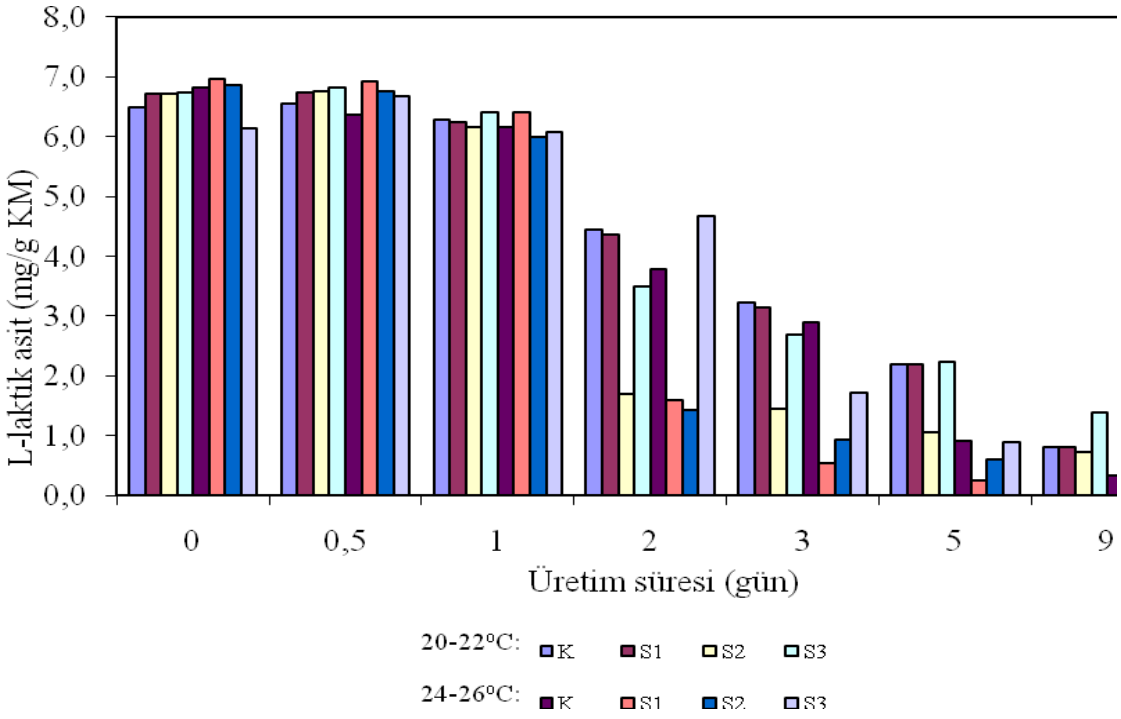
Toplam laktik asit miktarına starter kültürün, üretim sıcaklığının ve üretim süresinin etkisini belirlemek üzere yapılan varyans analizi sonucu starter kültürün, üretim süresinin ve starter kültür x üretim süresi interaksiyonunun önemli bulunduğunu göstermiştir ($P<0,01$). İnteraksiyonun etkisine bakıldığında, S2 ve S2 gruplarında daha hızlı bir artış olduğu ve ilk dört analiz periyodunda süreler arası farkın önemli olmadığı ($P>0,01$), 3. ve 5. gün meydana gelen artışlar arası farkın önemli düzeyde olduğu görülmektedir ($P<0,01$). Her bir üretim süresinde gruplar arası farklılıklar incelendiğinde; 3. günden itibaren farklılıkların gözlendiği anlaşılmaktadır. Buna göre 3., 5. Ve 9. Günlerde en fazla toplam laktik asit miktarları S1 ve S2 gruplarında belirlenmiş ve diğer gruplarla aralarındaki fark her üç üretim süresinde de önemli düzeylerde olmuştur ($P<0,01$).

Çizelge 4.10 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında L-laktik asit miktarlarında meydana gelen değişmeler (mg/g KM)

Üretim Sıcaklığı	Üretim Süresi (gün)	Sucuk grubu			
		K	S1	S2	S3
20-22°C	0	6,48±0,17	6,71±0,13	6,72±0,14	6,74±0,20
	0,5	6,55±0,15	6,73±0,08	6,76±0,03	6,82±0,17
	1	6,28±0,08	6,25±0,18	6,16±0,30	6,41±0,18
	2	4,45±1,71	4,36±0,06	1,69±0,79	3,50±0,21
	3	3,23±1,65	3,15±0,23	1,46±0,13	2,68±0,06
	5	2,21±0,21	2,20±0,21	1,06±0,21	2,24±0,23
	9	0,81±0,37	0,81±0,57	0,73±0,24	1,39±0,13
24-26°C	0	6,82±0,04	6,95±0,35	6,86±0,16	6,13±0,47
	0,5	6,37±0,04	6,92±0,13	6,76±0,10	6,67±0,16
	1	6,17±0,08	6,40±0,21	6,00±0,30	6,08±0,30
	2	3,78±0,11	1,60±0,71	1,44±0,68	4,69±0,58
	3	2,91±0,42	0,54±0,08	0,60±0,64	1,71±0,55
	5	0,91±0,27	0,26±0,13	0,60±0,30	0,90±0,14
	9	0,33±0,13	0,05±0,03	0,24±0,16	0,24±0,06

Fermente sosislerde üretim sırasında veya son üründe meydana gelen D- ve L-laktik asit miktarlarının belirlendiği diğer araştırmalar incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur.

Mateo vd. (1996), İspanyol fermente sosisi olan Chorizo'da üretim sırasında meydana gelen D- ve L- laktik asit miktarlarını belirledikleri çalışmalarında, başlangıçta önemsiz düzeyde olan D-laktik asit içeriğinin üretimin 3. gününden itibaren attığını, en fazla artışın üretimin 3. ve 7. günleri arasında (0,2'den 5,5 mg/g KM'ye) olduğunu bulmuşlardır. Araştırmanın diğer bir kısmında ise, piyasadan topladıkları geleneksel yöntemle üretilen ve endüstriyel üretilen Chorizo sosislerin D-, L- ve toplam laktik asit miktarlarını belirlemişlerdir. Endüstriyel olarak üretilen sosislerde oluşan laktik asit miktarının (25,6 mg/g KM), geleneksel yöntemle üretilen sosislerde oluşan laktik asit miktarından (15,8 mg/g KM) daha fazla olduğu belirlenmiştir.



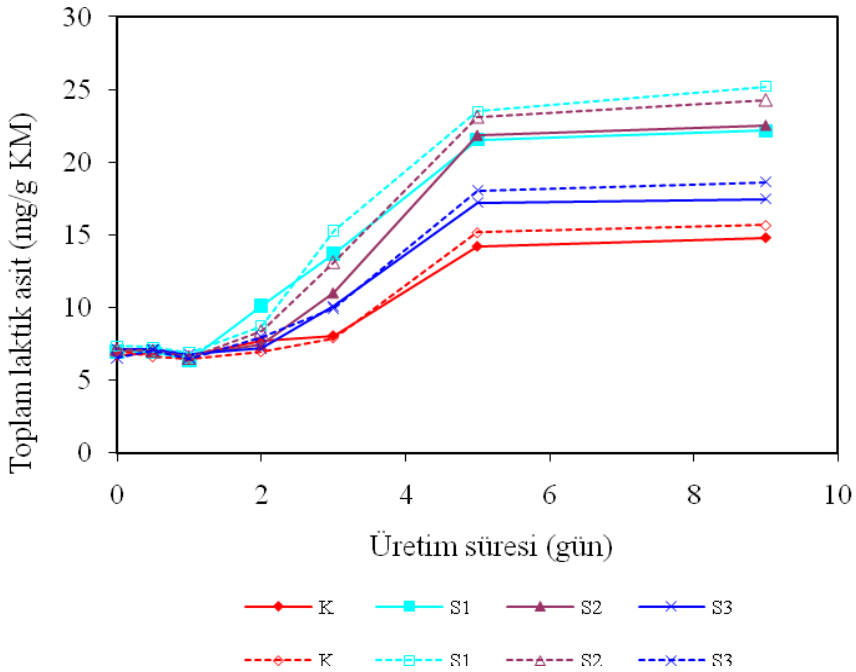
Şekil 4.13 Sucuk üretimi sırasında D-laktik asit miktarında meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi

Bunun nedeninin endüstriyel üretimde formülasyona şeker ilave edilmesi ve yüksek fermantasyon sıcaklığı olduğu belirtilmiştir. Johansson vd. (1994), *P.pentosaceus* ve *S. xylosus* starter karışımı içeren fermente sosislerde 14 günlük üretim ve 2 aylık depolama süresince meydana gelen D- ve L-laktik asit miktarlarını belirledikleri çalışmalarında, laktik asit içeriğinin üretimin ilk 3 gününde önemli bir artış gösterdiğini, bunun da D-laktik asit oluşumundan kaynaklandığını belirtmişlerdir. Üretim sırasında L-laktik asit miktarında 3. ve 7. günler arasında önemsiz artışlar olduğu, 63 gün sonunda L-laktik asit miktarının 15,3 mg/g KM, D-laktik asit miktarının 13,0 mg/g KM olduğunu bulmuşlardır. Montel vd.(1993), starter kültürlerin etkilerini inceledikleri fermente sosislerde L-laktat ve D-laktat miktarlarını belirlemişlerdir.

Çizelge 4.11 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında toplam laktik asit miktarlarında meydana gelen değişmeler (mg/g KM)

Üretim Sıcaklığı	Üretim Süresi (gün)	Sucuk grubu			
		K	S1	S2	S3
20-22°C	0	6,72±0,25	6,98±0,10	7,01±0,04	7,16±0,37
	0,5	6,90±0,30	6,97±0,00	7,12±0,08	7,16±0,11
	1	6,71±0,18	6,72±0,37	6,71±0,38	6,82±0,31
	2	7,74±2,01	10,13±0,21	7,47±1,39	7,23±0,48
	3	8,08±2,15	13,71±1,73	11,02±2,09	10,09±1,24
	5	14,22±2,45	21,55±2,77	21,62±2,39	17,24±0,55
	9	14,80±1,91	22,16±2,21	22,51±2,04	17,47±0,83
24-26°C	0	7,09±0,06	7,36±0,27	7,17±0,28	6,55±0,35
	0,5	6,61±0,06	7,27±0,18	7,04±0,13	7,06±0,24
	1	6,51±0,10	6,92±0,40	6,31±0,33	6,52±0,18
	2	6,97±0,47	8,74±0,21	8,39±1,39	8,02±1,56
	3	7,92±0,72	15,27±1,34	12,80±2,35	9,96±1,02
	5	15,17±2,50	23,49±1,92	23,13±2,59	18,07±2,55
	9	15,66±1,60	25,20±0,59	24,29±2,43	18,64±0,95

Araştırıcılar, starter inoküle edilen ve edilmeyen kontrol sosislerinde 22°C'de 3 gün fermantasyon süresinde L-laktat miktarları arasında önemli bir farklılık gözlenmediğini, bazı önemli farklılıkların üretimin 10. gününde gözlendiğini belirtmişlerdir. Buna göre kontrol, *P.pentosaceus/S.carnosus* ve *L.sake/S.saprophyticus* gruplarında L-laktat miktarlarının diğer starterli gruplardan (*L.sake/S.warneri*, *P.acidilactici/S.carnosus*, *P.acidilactici/S.warneri*) önemli düzeyde daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Üretimin 40. gününde, tüm grupların L-laktat içeriklerinde azalmalar gözlemişlerdir. Araştırmacılar, elde ettikleri sonuçlardan, bakteriyel veya endojen kas L-laktat dehidrogenaz enzimleri tarafından glukozdan laktat oluşturulması arasında bir denge olduğu sonucuna varmışlardır. Aynı çalışmada elde edilen D-laktat miktarları incelendiğinde, D-laktik asit üretiminin bakteriyel inokülasyondan ve olgunlaşma süresinden etkilendiği belirtilmektedir. Kontrol ve *P.pentosaceus/S.carnosus* grupları en düşük D-laktat içeriğine sahip olmuşlardır. Araştırıcılar bunun nedeninin kontrol sosislerde düşük mikrobiyel yükten,



Şekil 4.14 Sucuk üretimi sırasında toplam laktik asit miktarında meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi
Sürekli Sürekli çizgiler 20-22°C'deki üretim, kesikli çizgiler 24-26°C'deki üretim.

P.pentosaceus/S.carnosus içeren sosislerde ise bu kombinasyonun sakkarozu fermente edememelerinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. D-laktik asit D-laktat dehidrogenaz enzimi tarafından glukozdan veya rasemaz enzimi tarafından L-laktattan bakteriler tarafından üretilmektedir (Montel vd.1993).

Montel vd. (1993), Johansson vd. (1994) ve Mateo vd. (1996), L-laktik asitin fermente sosislerde dominant olduğunu belirtmişlerdir. Fermente sosislerde hissedilen ekşi ve keskin tadın sorumlusunun başlıca laktik asit ve daha az miktarlarda bulunan asetik asit olduğu ifade edilmektedir (Acton ve Keller 1974, Lücke 1985). Bucharles vd. (1984), fazla miktarda laktik asit oluşumunun istenmeyen tat oluşumuna neden olabileceğini, bundan da büyük ölçüde D-laktatın sorumlu olduğunu belirtmişlerdir.

4.10 Asetik Asit Miktarı

Starter kültürün ve üretim sıcaklığının sucuklardaki asetik asit oluşumuna etkisi üretim süresince incelenmiş ve sonuçlar Çizelge 4.12'de ve Şekil 4.15'de verilmiştir. Düşük sıcaklıkta üretilen sucuklarda asetik asit miktarı üretim boyunca artmıştır. Yüksek sıcaklıkta üretimde ise, tüm gruplarda 7. güne kadar artış, 7. günden 9. güne ise azalma saptanmıştır. Üretimin başında belirlenen asetik asit miktarları ortalama 0,18-0,24 mg/g KM arasında değişmiştir. Asetik asit miktarlarında en fazla artış üretimin 3. ve 5. günlerinde gözlenmiştir. Genel olarak yüksek sıcaklıkta ve starterli gruplarda daha fazla asetik asit oluşmuştur (Şekil 4.15). Üretimin sonunda 20-22^{o}C'de üretilen K, S1, S2 ve S3 sucuklarında asetik asit miktarları mg/g KM'de sırasıyla 0,50, 0,67, 0,56 ve 0,59; 24-26^{o}C'de üretilen sucuklarda ise sırasıyla 0,48, 0,69, 0,64 ve 0,60 bulunmuştur.

Starter kültürün, üretim sıcaklığının ve süresinin asetik asit oluşumuna etkisini belirlemek üzere yapılan varyans analizi sonucu, starter kültürün ve üretim süresinin etkili olduğunu ($P<0,01$), üretim sıcaklığının etkili olmadığını ($P>0,01$) göstermiştir. Buna göre K grubu en düşük asetik asit içeriğine sahip olmuş ve diğer gruplarla aralarındaki fark önemli bulunmuştur ($P<0,01$). S1 ve S2 örneklerinin asetik asit miktarları ile S2 ve S3 örneklerinin asetik asit miktarları arasındaki farklılıklar önemli düzeylerde olmamıştır ($P>0,01$). Üretim sürelerinin etkisi incelendiğinde, ilk 2 gün belirlenen asetik asit miktarları arasındaki fark önemsiz ($P>0,01$), 2. günden itibaren artarak 2. günle 3., 5. ve 9. gün asetik asit miktarları arasındaki fark önemli bulunmuştur ($P<0,01$).

Kurt (2009), farklı karbonhidrat kaynaklarının sucukta asetik asit oluşumuna etkisini belirlediği çalışmasında HPLC yöntemiyle organik asit dağılımını belirlemiş ve asetik asit miktarlarında üretim süresince bir azalma gözlemlemiştir. Bu çalışmada enzimatik yöntemle belirlenen asetik asit miktarları (üretim süresince artış) ile HPLC yöntemiyle belirlenen asetik asit miktarları (üretim süresince azalış) arasındaki farklılığın örnek ekstraksiyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Literatür verileri incelendiğinde,

enzimatik yöntemle elde edilen sonuçların fermente et ürünlerinde elde edilen sonuçlara benzer olduğu görülmüştür.

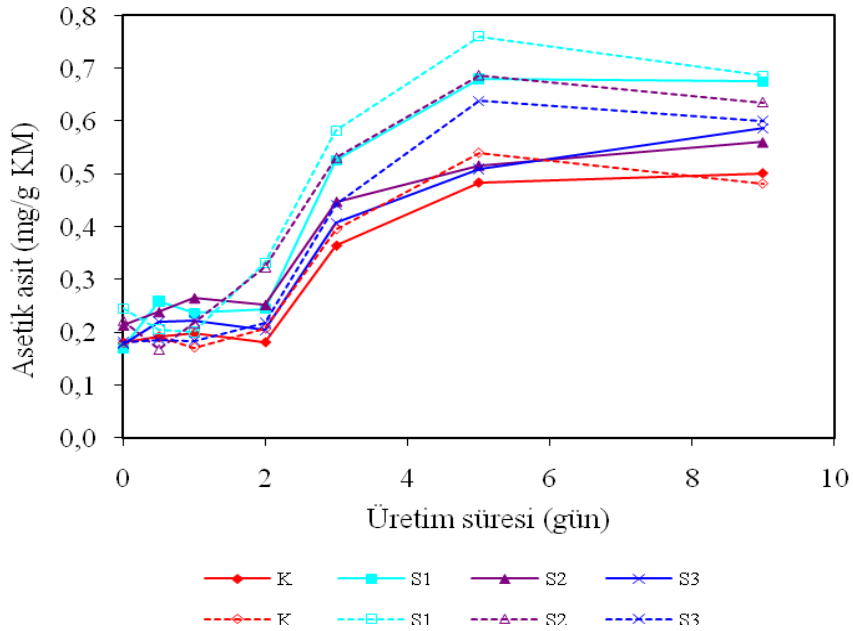
Çizelge 4.12 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında asetik asit miktarlarında meydana gelen değişmeler (mg/g KM)

Üretim Sıcaklığı	Üretim Süresi (gün)	Sucuk grubu			
		K	S1	S2	S3
20-22^{o}C	0	0,18±0,04	0,17±0,03	0,21±0,04	0,18±0,01
	1	0,19±0,03	0,26±0,04	0,24±0,03	0,22±0,03
	2	0,20±0,06	0,24±0,03	0,26±0,06	0,22±0,04
	3	0,18±0,01	0,24±0,04	0,25±0,03	0,20±0,04
	5	0,36±0,04	0,53±0,04	0,45±0,03	0,41±0,03
	7	0,48±0,07	0,68±0,06	0,52±0,07	0,51±0,10
	9	0,50±0,04	0,67±0,03	0,56±0,07	0,59±0,07
24-26^{o}C	0	0,18±0,03	0,24±0,03	0,22±0,06	0,18±0,07
	1	0,19±0,01	0,21±0,04	0,17±0,06	0,19±0,04
	2	0,17±0,03	0,20±0,03	0,22±0,04	0,18±0,06
	3	0,21±0,04	0,33±0,04	0,32±0,04	0,22±0,06
	5	0,39±0,07	0,58±0,04	0,53±0,07	0,44±0,06
	7	0,54±0,06	0,76±0,07	0,69±0,06	0,64±0,10
	9	0,48±0,01	0,69±0,10	0,64±0,04	0,60±0,10

Fermente et ürünlerinde asetik asit, laktik asitten sonra karbonhidrat fermantasyonuyla en çok meydana gelen ikinci organik asittir (Kandler 1983, Demeyer vd. 1986, Durá vd. 2004).

Asetik asit sosis hamurunda bulunan mikroorganizmaların glukozu fermente etmesiyle oluşabildiği gibi,oksidasyonla oluşan aldehitlerden veya amino asitlerin normal fermantasyonuyla da oluşabilmektedir (Gottschalk 1986). Mikroorganizmaların asetik asit oluşumunda aktif rol oynadıkları belirtilmektedir (Domínguez ve Zumalacárregu 1991). Asetik asit oluşturan mikroorganizmalar bazı *Micrococcaceae* türleri (*S.xylosus* gibi) ve

laktik asit bakterileridir (*P.pentosaceus* gibi). *S xylosus*'un *P.pentosaceus*'tan on kat daha fazla asetik asit oluşturduğu bildirilmiştir (Johansson vd. 1994).



Şekil 4.15 Sucuk üretimi sırasında asetik asit miktarında meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi
Sürekli çizgiler 20-22°C'deki üretim, kesikli çizgiler 24-26°C'deki üretim.

Yüksek fermantasyon sıcaklıklarının meydana gelen asetat miktarını artırdığı bildirilmektedir (Stahnke 1995). Araştırıcı, 25°C fermentasyon sıcaklığında meydana gelen asetik asit miktarının 15°C fermantasyon sıcaklığından daha fazla olduğunu bildirmektedir. Ayrıca, Mateo vd. (1996), Dominguez vd. (1989)'nin şekerlerin ve kürleme maddelerinin de mikroorganizmaların aktivitelerinin etkileyerek bu şekilde asetat oluşumunu da etkiledikleri bildirmişlerdir. Johansson vd. (1994), *P.pentosaceus* ve *S.xylosus* karışımı ilave ederek ürettikleri fermente sosislerde asetik asit miktarının ilk üç günde arttığını (1,3 mg/g KM), bundan sonra 63 güne kadar devam eden olgunlaştırma süresince ise miktarının sabit kaldığını bildirmişlerdir. Buradan, laktik asidin ve asetik asidin *P.pentosaceus* ve *S.xylosus* bakterilerinin en aktif çalıştıkları ve pH'yı düşürdükleri ilk üç günde oluştukları

sonucuna varmışlardır. Diğer yandan Montel vd. (1993), değişik starter kültürlerin fermente sosislerde asetat oluşumuna etkilerini inceledikleri çalışmalarında, starter kültüre bağlı olarak meydana gelen asetat miktarlarının üretimin 10 gününden sonra önemli düzeyde değiştiğini ortaya koymuşlardır. Buna göre, *L.sakei*+*S.saprophyticus* karışımı ilave edilen sosislerde asetat miktarı diğer kontrol ve starterli gruplardan fazla olmuştur. Bizim çalışmamızda da kullanılan starter karışımı *L.sakei*+*S.carnosus* içeren sosislerde ise meydana gelen asetat miktarı 0 ile 10. Gün arasında 0,9'dan 6,1 µmol/g KM düzeyine artmıştır. Özellikle *S.saprophyticus*'un asetat üretme kabiliyetinde olduğu ve bu nedenle bu türü içeren grubun asetat içeriğinin yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Mateo vd. (1996), çalışmalarının bir bölümünde piyasadan temin ettikleri fermente sosislerde asetik asit miktarını saptamışlar ve bu değeri 1,4 mg/g KM olarak bulmuşlardır. Aynı araştırıcılar İspanyol kuru sosisi Chorizo'da üretim sırasında meydana gelen asetik asit miktarının 0. günden 7. güne 0,16'dan 0,88 mg/g KM düzeyine attığını bildirmişlerdir. Asetik asit miktarının üretimin 16. gününe kadar arttığı, bu günden sonra stabil hale geldiği ve olgunlaşma sonunda (70.gün) azaldığı ifade edilmiştir.

Diğer yandan Hierro vd. (1997), kuru fermente sosislerde starter kültürün ve endojen enzimlerin etkilerini belirledikleri çalışmalarında, başlangıç asetik asit miktarının 10 mg/100 gKM olduğunu, laktobasil içeren üründe fermantasyonun 5. gününde hızlı bir artışla 30 mg/100 g KM'ye arttığını belirtmişlerdir. Çalışmada, asetik asit miktarının daha sonra 8-10 mg/100 g KM düzeylerine düştüğü ve bu düşüşün asetik asitin muhtemelen diğer kimyasal reaksiyonlara katılmasından kaynaklandığı ifade edilmiştir. Çalışmada, laktobasil inoküle edilmeyen örneklerde çok az asetik asit belirlendiği ve üretim boyunca miktarlarında değişim olmadığı, bunun da mikroorganizma yükünün veya gücünün karbonhidratları fermente edebilecek düzeyde olmamasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

Dura vd. (2004), *L.sakei*+*P.pentosaceus*+*S.xylosus*+*S.carnosus* içeren fermente sosislerde 35 günlük üretim sırasında asetik asit içeriğinin 21. güne kadar arttığını (0. gün 2,9 mg/100

g KM'den 21. gün 62,7 mg/100 g KM'ye) arttığını, 21. günden 35. güne ise azaldığını bildirmişlerdir (35. gün 53,2 mg/100 g KM).

4.11 Mikrobiyolojik Sonuçlar

4.11.1 Toplam mezofil aerob bakteri (TMAB) yükü

Farklı üretim sıcaklıklarında (20-22°C ve 24-26°C'de) ve farklı starter kültür ilave edilerek ve edilmeden üretilen sucuklarda üretim süresince toplam mezofil aerob bakteri (TMAB) yükünde meydana gelen değişmeler log KOB/g olarak topluca Çizelge 4.13'de verilmiştir. Başlangıçta starter içermeyen K örneklerinde TMAB yükü 4,63-4,84 arasında, starterli gruplarda ise 6,10-6,73 arasına değişmiştir. Yüksek sıcaklıkta üretilen ve starter içeren sucuklarda TMAB yükündeki artış, düşük sıcaklıkta üretilen sucuklardan daha fazla olmuştur. Üretimin 1. gününden itibaren TMAB yükü artmış ve en fazla artış fermantasyonun 2. ve 3. günlerinde gözlenmiştir (Şekil 4.16). Üretimin 3. gününden sonra TMAB yüklerinde çok az artış veya azalış göslenmiştir. Düşük sıcaklıkta (20-22°C) üretilen K, S1, S2 ve S3 sucuklarında 9. günde belirlenen TMAB yükü ortalamaları log KOB/g olarak sırasıyla 7,72, 8,56, 8,79 ve 8,20; yüksek sıcaklıkta (24-26°C) üretilen sucuklarda sırasıyla 7,98, 8,99, 9,03 ve 8,48'dir. Starterli gruplardan S1 ve S2 örneklerinin TMAB yükleri 24-26^{o}C'deki sıcaklıkta ve üretimin 3. gününde 9 log değerine ulaşmıştır.

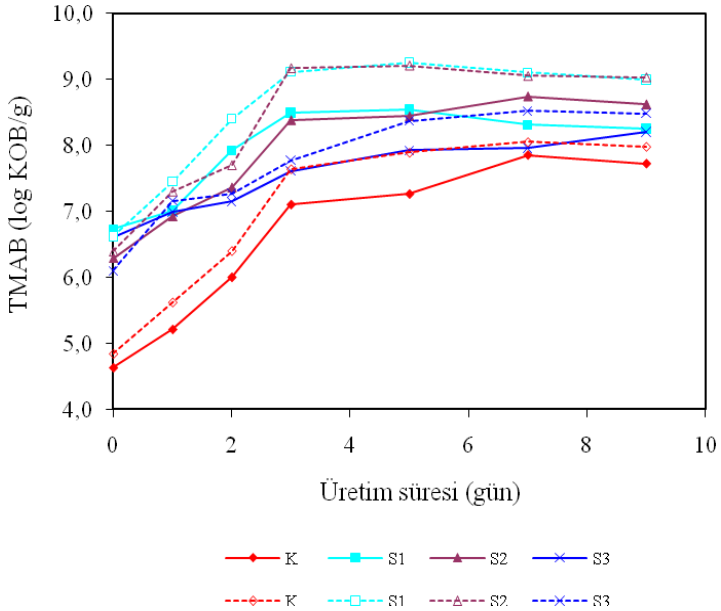
Sucukların TMAB yükündeki değişime starter kültürün, üretim sıcaklığının ve üretim süresinin etkisini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonucu; gerek üretim sıcaklığının, gerek starter kültür kullanımının ve gerekse üretim süresinin TMAB yüküne etkisi olduğunu göstermiştir.

Üretim sıcaklığının etkisi, yüksek üretim sıcaklığında TMAB yükü, düşük üretim sıcaklığındaki TMAB yükünden önemli düzeyde yüksek olmuştur ($P<0,01$). Starter kültürlerin etkisi incelendiğinde; starter içermeyen K örneklerinin TMAB yükleri, starter içeren S1, S2 ve S3 starterli grupların TMAB yüklerinden önemli düzeyde daha düşük

olmuştur (P<0,01). K grubunu S3 grubu izlerken, tüm grupların TMAB yükleri arasındaki fark önemli bulunmuştur (P<0,01).

Çizelge 4.13 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında TMAB yükünde meydana gelen değişmeler (log KOB/g)

Üretim Sıcaklığı	Üretim Süresi (gün)	Sucuk grubu			
		K	S1	S2	S3
20-22°C	0	4,63±0,28	6,73±0,18	6,29±0,11	6,61±0,19
	1	4,84±0,01	6,82±0,21	6,32±0,12	6,64±0,18
	2	6,31±1,17	7,89±0,09	7,36±0,16	7,15±0,07
	3	7,10±0,53	8,49±0,37	8,38±0,76	7,61±0,38
	5	7,26±0,04	8,54±0,23	8,44±0,23	7,92±0,19
	7	7,85±0,06	8,31±0,20	8,74±0,06	7,96±0,15
	9	7,72±0,01	8,25±0,49	8,62±0,51	8,20±0,31
24-26°C	0	4,84±0,89	6,62±0,11	6,39±0,10	6,10±0,64
	1	4,93±0,12	6,84±0,33	6,58±0,07	7,16±0,33
	2	6,41±0,25	7,95±0,39	7,70±0,48	7,27±0,48
	3	7,64±0,35	9,11±0,20	9,17±1,28	7,77±1,01
	5	7 ,89±0,32	9,25±0,12	9,21±0,26	8,37±0,27
	7	8,05±0,94	9,10±0,15	9,05±0,14	8,52±0,21
	9	7,98±1,00	8,99±0,27	9,03±0,16	8,48±0,48



Şekil 4.16 Sucuk üretimi sırasında TMAB yükünde meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi
Sürekli çizgiler 20-22°C'deki üretim, kesikli çizgiler 24-26°C'deki üretim.

TMAB yüküne üretim süresinin etkisi 0. ve 1. günler arasında önemsiz (P>0,01), 1. ve 5. günler arasında önemli (P<0,01), 5., 7. ve 9. günler arasında yine önemsiz (P>0,01) bulunmuştur. Toplam mezofil aerob bakteri (TMAB) yükü, startersiz gruplarda her iki sıcaklık derecesinde de düşük düzeyde kalmıştır. Bunun nedeni, doğal laktik asit bakterilerinin ortamda yeterli sayıda olmaması ve ortama hakim olmak için diğer mikroorganizmalarla rekabet etmeleridir. Sucukların TMAB yüklerinde kurumaya ve pH değerinde görülen düşmeye bağlı olarak 7. günden sonra TMAB sayısında bazı gruplarda azalma görülmüştür. Bunun nedeni, pH değerinin düşmesine bağlı olarak TMAB yükünü artıran bazı mikroorganizmaların rekabet edemeyerek ölmesidir.

4.11.2 Laktik asit bakteri (LAB) yükü

Üretim sıcaklığının, starter kültürün etkisini belirlemek amacıyla üretim sırasında laktik asit bakteri (LAB) yükünde meydana gelen değişmeler log KOB/g olarak Çizelge 4.14'de ve Şekil 4.17'de verilmiştir. Sucuk hamurlarında LAB yükleri starter içermeyen K

örneklerinde 2,77-3,17 aralığında değişirken, laktik asit bakterisi içermeyen starter içeren S3 örneklerinde 3,21-4,24 aralığında değişmiştir. Fermantatif starter kültürler içeren S1 ve S2 örneklerinde LAB yükü 6,01-6,35 aralığında değişmiştir. Fermantasyonla birlikte yüksek sıcaklıkta üretilen sucuklarda daha hızlı olmak üzere LAB yükleri 1. günden itibaren atmıştır. En yüksek LAB yüklerine, 24-26^{o}C'de üretilen S1 (9,24 log KOB7g) ve S2 (9,27 log KOB/g) örneklerinde üretimin 3. gününde ulaşılmıştır. Düşük sıcaklıkta üretilen sucuklarda da en yüksek LAB yükleri yine üretimin 3. gününde S1 ve S2 örneklerinde belirlenmiştir. Sucukların LAB yüklerinde üretimin 3. gününden itibaren çok az değişmeler gözlenmiş olup, 9. günde belirlenen LAB yükleri 20-22^{o}C'de üretilen K, S1, S2 ve S3 örneklerinde sırasıyla 7,64, 8,35, 8,73 ve 8,10; 24-26^{o}C'de üretilen öneklerde sırasıyla 8,24, 9,16, 9,19 ve 8,30 bulunmuştur.

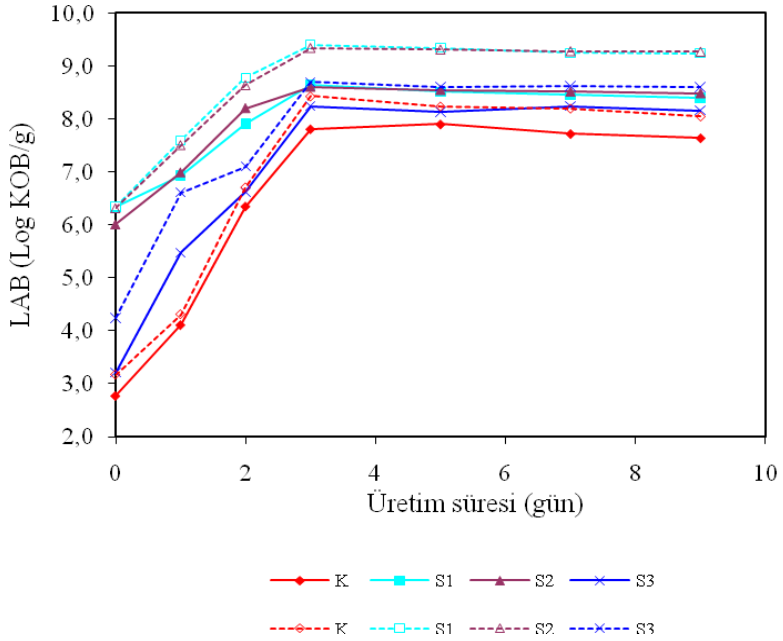
Üretim sıcaklığının, starter kültürün ve üretim süresinin etkisini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonucu üretim sıcaklığının, starter kültürün ve üretim süresinin etkili olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.19). LAB yüküne sıcaklık x starter kültür, sıcaklık x süre ve muamele x süre interaksiyonları da etkili bulunmuştur. Buna göre, hem 20-22^{o}C'de hem de 24-26^{o}C'de üretilen sucuklarda K ile starterli gruplar arasındaki fark, S3 ile S1 ve S2 örnekleri arasındaki farklar önemli ($P<0,01$), starterli gruplardan S1 ve S2 arasındaki fark önemsiz ($P>0,01$) bulunmuştur. Yani K örneklerinin LAB yükleri starterli grupların LAB yüklerinden önemli derecede düşük bulunmuş, bunu S3 grubu izlemiştir. Sıcaklığın etkisi her bir muamele grubunda etkili olmuş ve düşük sıcaklıkta üretilen sucukların hepsinde, yüksek sıcaklıkta üretilen sucuklardan önemli düzeyde ($P<0,01$) daha düşük LAB yükleri elde edilmiştir. Üretim süresinin LAB yükü üzerine etkisi 0. günden itibaren görülmüş ve 0. günle 3. gün LAB yükleri arasındaki fark her bir muamele grubunda önemli bulunmuş ($P<0,01$), 3. günle 9 gün LAB yükleri arasındaki fark ise önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.14 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında LAB yükünde meydana gelen değişmeler (log KOB/g)

Üretim Sıcaklığı	Üretim Süresi (gün)	Sucuk grubu			
		K	S1	S2	S3
20-22°C	0	2,77±0,15	6,34±0,69	6,01±0,52	3,21±0,56
	1	4,11±1,10	6,93±0,02	6,99±0,70	5,48±0,01
	2	6,35±0,91	7,91±0,09	8,20±0,33	6,62±0,00
	3	7,81±0,06	8,64±0,42	8,60±0,08	8,24±0,02
	5	7,90±0,58	8,51±0,30	8,54±0,13	8,13±0,34
	7	7,72±0,05	8,45±0,14	8,51±0,13	8,24±0,17
	9	7,64±0,26	8,40±0,29	8,48±0,39	8,16±0,40
24-26°C	0	3,17±0,04	6,35±0,80	6,32±0,70	4,24±0,03
	1	4,31±0,07	7,60±0,18	7,51±0,34	6,61±0,78
	2	6,71±0,81	8,78±0,30	8,64±0,28	7,10±0,34
	3	8,43±0,07	9,40±0,22	9,34±0,24	8,70±0,41
	5	8,24±0,34	9,34±0,15	9,31±0,29	8,61±0,06
	7	8,20±0,17	9,25±0,16	9,28±0,01	8,62±0,18
	9	8,05±0,09	9,24±0,32	9,27±0,18	8,60±0,29

4.11.3 Mikrokok-Stafilokok (M-S) bakteri yükü

Farklı üretim sıcaklıklarında ve farklı starter kültür kullanılarak üretilen sucuklarda üretim sırasında M-S bakteri yülerinde meydana gelen değişmeler Çizelge 4.15 ve Şekil 4.18'de gösterilmiştir. Sucuklarda başlangıç M-S yükleri starter içermeyen K örneklerinde 4,40-4,98arasında, S1, S2 ve S3 starterli örneklerde sırasıyla 6,23-6,31, 6,42-6,45 ve 6,55-6,60 aralığında değişmiştir. Görüldüğü gibi mikrokok-stafilokok grubu starter kültür içeren S1 (*S.xylosus*), S2 (*S.carnosus*) ve S3 grubu (*S.xylosus*) sucuklar K grubundan önemli düzeyde yüksek M-S yüküne sahip olmuşlardır. Her iki üretim sıcaklığında da, ilk iki gün tüm grupların M-S yükleri artmış, fakat 2. günden sonra tüm gruplarda değişen düzeylerde azalmalar gözlenmiştir. Bunun başlıca nedeni, laktik asit bakterilerinin ortama hakim olmasıyla birlikte oluşturdukları asitlik nedeniyle pH'nın düşmesi ve kurumaya bağlı olarak M-S grubu mikroorganizmaların LAB ile rekabet güçlerinin zayıflamasıdır. Bu azalmalar



Şekil 4.17 Sucuk üretimi sırasında LAB yükünde meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi
Sürekli çizgiler 20-22°C'deki üretim, kesikli çizgiler 24-26°C'deki üretim.

özellikle düşük sıcaklıkta üretilen K grubunda daha fazla olmuştur. Bu da doğal inokülasyonla ortamda bulunan M-S bakterilerinin, doğal inokülasyonla artan LAB bakterilerine karşı rekabet edemediklerini göstermektedir. Düşük sıcaklıkta *S.xylosus* içeren S3 örneklerinde M-S yükünde 2. günden itibaren gözlenen azalma, düşük sıcaklıkta *S.xlosus*'un ortamdaki laktik asit bakterileriyle rekabet edemediğini, yüksek sıcaklıkta gözlenen daha düşük azalma ise, bu mikroorganizmanın yüksek sıcaklıktaki rekabet gücünün daha iyi olduğunu göstermektedir. Üretimin sonunda (9.gün) 20-22°C'de üretilen K, S1, S2 ve S3 sucuklarında belirlenen M-S yükleri log KOB/g olarak sırasıyla 4,77, 6,05, 5,28 ve 5,44; 24-26°C'de üretilen sucuklarda sırasıyla 5,64, 6,78, 6,44 ve 6,55 olmuştur.

Starter kültür kullanımının, üretim sıcaklığının ve üretim süresinin sucukların M-S bakteri yüklerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonucunda üretim sıcaklığının, starter kullanımının ve üretim süresinin ve yanı sıra starter kültür x üretim

süresi interaksiyonunun M-S yükünü önemli düzeyde (P<0,01) etkilediğini göstermiştir. Düşük üretim sıcaklığında daha düşük M-S yükü belirlenmiştir (P<0,01). Üretim süresinin etkisi, 0. gün ile 3. gün arasında tüm gruplarda önemli olmuş, 3. günle 9. gün M-S bakteri yükleri arasındaki fark ise önemli bulunmamıştır.

Aro Aro vd. (2010), beş farklı starter kültür kullanarak (*L.sakei, S. carnosus, S. xylosus, L.sakei+S.carnosus, P.pentosaceus+S.xylosus*) 27°C'de fermente ettikleri sosislerde başlangıçta 3,92-7,04 log KOB/g olan toplam canlı bakteri yükünün 3. günde maksimum düzeye ulaştığını bulmuşlardır. Laktik asit bakteri sayısını ise örneklerde başlangıçta 3,07-7,11 log CFU/g, 21 gün sonra 6,41-9,18 log CFU/g'a ulaştığını bulmuşlardır.

Gençcelep vd. (2007), sucuklarda LAB yüküne starter kültürün ve üretim süresinin önemli etkileri olduğunu bildirmişlerdir. Araştırıcılar starter içermeyen kontrol örneklerinin LAB yükünün, starterli gruplardan (StarterA: *L.sakei+S.carnosus* ve StarterB: *P.acidilactici + S.xylosus + L.curvatus*) daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Kaban ve Kaya (2009), *L.plantarum* ve *S.xylosus* karışımı ile ve startersiz, 22-24^{o}C'de ürettikleri sucuklarda LAB,

Çizelge 4.15 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen sucuklarda üretim sırasında M-S yükünde meydana gelen değişmeler (log KOB/g)

Üretim Sıcaklığı	Üretim Süresi (gün)	Sucuk grubu			
		K	S1	S2	S3
20-22°C	0	4,40±0,25	6,23±0,02	6,45±0,20	6,60±0,05
	1	4,52±0,33	6,52±0,44	6,44±0,30	6,72±0,33
	2	5,55±0,09	6,64±0,19	6,72±0,03	7,20±0,12
	3	5,95±0,26	6,45±0,93	6,15±0,16	6,72±0,59
	5	5,13±0,33	6,27±1,03	5,85±0,03	6,20±0,34
	7	4,95±0,41	6,20±0,54	5,44±0,29	5,66±0,29
	9	4,77±0,50	6,05±0,41	5,28±0,34	5,44±0,08
24-26°C	0	4,98±0,85	6,31±0,81	6,42±0,63	6,55±0,88
	1	5,32±0,92	6,72±1,12	6,48±0,31	6,78±0,20
	2	6,60±1,03	7,05±0,26	6,96±0,85	7,50±0,31
	3	6,20±0,45	6,73±0,01	6,65±0,12	7,09±0,64
	5	6,17±0,83	6,70±0,65	6,60±0,22	6,88±0,56
	7	5,92±0,19	6,82±0,03	6,66±0,15	6,42±0,74
	9	5,64±0,27	6,78±0,04	6,44±0,35	6,55±0,15

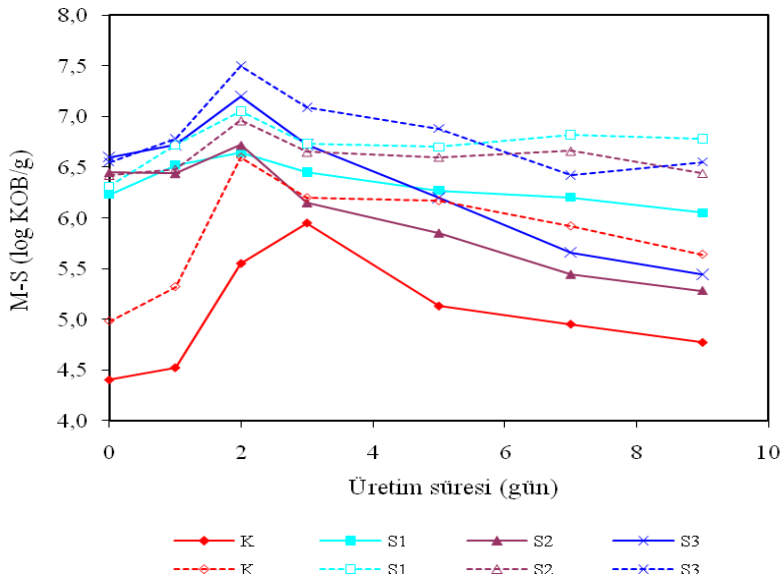
M-S bakteri yüklerine starter kültürün ve üretim süresinin etkisini inceledikleri çalışmalarında, hem starter kültürün hem de üretim süresinin etkili olduklarını bulmuşlardır. Starter kültür içeren sucukların daha yüksek LAB ve M-S yüküne sahip oldukları belirtilmiştir. Araştırıcılar kontrol sucuklarda fermantasyonun 1. ve 3. günlerinde LAB yüklerinde önemli artışlar olduğunu, fakat 3. günden 14. güne kadar önemli bir değişim gözlenmediğini ifade etmişlerdir. M-S yükünün ise başlangıç kontrol sucuklarında düşük olduğunu, fakat yavaş pH düşüşünün M-S gelişimi için uygun bir ortam oluşturarak, ilk 3 günde önemli düzeyde arttığını belirtmişlerdir.

Xu vd. (2009), *P.pentasaceus* ile farklı sıcaklık derecelerinde (15-37°C) fermente ettikleri sosislerde yüksek sıcaklıkta laktik asit bakterilerinin çoğalma hızının arttığını bulmuşlardır.

Soyer ve Dalmış (2008), *S.xylosus* ve *P.pentasaceus* karışımı (10^7 cfu/g) kültür inoküle edilen sucuklarda 25°C'de üretim yapmışlardır. Toplam canlı bakteri yükü 6,0 log cfu/g

iken fermantasyonun 2. gününde maksimum sayıya ulaşmış ve bundan sonra az bir düşüş göstermiştir. LAB yükü 4 gün sonunda 5,4 log cfu/g'dan 7,8 log cfu/g sayısına ulaşmıştır. Başlangıç micrococci-staphylococci sayısı ise 5,2 log cfu/g iken, proses sırasında bu değerde 1 log unit azalma görülmüştür. M-S sayısının hızlı pH düşüşü ve laktik asit bakterilerinin çoğalmasından etkilendiğini tespit etmişlerdir.

Soyer vd. (2005), farklı sıcaklık derecelerinde (20-22°C ve 24-26°C) sucukta meydana gelen kalite değişimlerini araştırmışlardır. 24-26 °C'de olgunlaştırılan sucuklarda *Micrococci-Staphylococci* bakteri sayısında hızlı bir artış gözlenmiştir. Su aktivitesi



Şekil 4.18 Sucuk üretimi sırasında M-S yükünde meydana gelen değişmelere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisi
Sürekli çizgiler 20-22°C'deki üretim, kesikli çizgiler 24-26°C'deki üretim.

değerinin hızlı bir şekilde düşmesiyle birlikte laktik asit bakteri sayısına ise olgunlaştırma sıcaklığının 2. günden itibaren bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

/g iken, üretimin 6. gününde sırasıyla 8,87 ve 7,51 log kob/g'a ulaştığını bulmuşlardır. Gönülalan vd. (2001), farklı starter kültür kombinasyonlarını (*S. xylosus* + *P. pentosaceus*

(S1) ve *S. carnosus* + *P. pentosaceus* (S2)) kullandıkları çalışmalarında üretimin 0. gününde TMAB yükünü S1 ve S2 gruplarında sırasıyla 8,69 ve 7,44 log kob/g bulmuşlar, 6. günde ise sırasıyla 9,86 ve 8,55 log kob/g'a ulaştığını bulmuşlardır. M-S grubu mikroorganizma yükünün üretimin başında S1 ve S2 gruplarında sırasıyla 5,66 ve 6,70 log kob/g iken, üretimin sonunda sırasıyla 5,54 ve 6,88 log kob/g'a ulaştığını görmüşlerdir. Laktik asit bakteri yükünü ise üretimin 0. gününde S1 ve S2 gruplarında sırasıyla 7,97 ve 6,95 log kob

4.12 Duyusal Değerlendirme

Starter kültürün ve üretim sıcaklığının sucuğun bazı duyusal özelliklerine (koku, renk, tat, tekstür ve genel beğeni) etkisi hem çiğ hem de pişmiş sucuklarda değerlendirilmiş ve çiğ sucuklara ait ortalama puanlar Çizelge 4.16'de topluca verilmiştir. Çiğ sucuğa ait duyusal değerlendirme sonuçlarına göre, düşük üretim sıcaklığında (20-22^{o}C) üretilen sucuklar içerisinde en düşük puanları S3 starterli grubu almış, bunu K grubu izlemiştir. Koku, renk, tat, tekstür ve genel beğeni yönlerinden en yüksek puanlar S1 ve S2 starterli örneklere verilmiştir. Yüksek üretim sıcaklığında (24-26^{o}C) üretilen sucuklarda ise yine S1 grubu koku, tat, tekstür ve genel beğeni yönlerinden en yüksek puanları almıştır (Çizelge 4.16). Yüksek sıcaklıkta üretimde S3 grubu koku, tat, tekstür ve genel beğeni yönlerinden en az beğenilen grup olmuştur. K grubu renk tat ve tekstür yönlerinden S3 sucuklarından sonra en düşük puanları almıştır.

Starter kültürün ve üretim sıcaklığının çiğ sucuğun koku özelliğine etkisini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonucuna göre çiğ sucukların koku özelliğine starter kültürün etkisi önemli ($P<0,05$), sıcaklığın etkisi ise önemsiz ($P>0,05$) bulunmuştur. Starterin etkisi incelendiğinde koku yönünden S1 ve S2 starter kültür karışımını içeren sucukların en yüksek puan aldığı ve birbirleri arasındaki farkın önemsiz ($P>0,05$), buna karşın K ve S3 grupları ile arasındaki farkın önemli olduğu bulunmuştur ($P<0,05$).
Sucukların renk özelliği değerlendirildiğinde, en yüksek ortalamaya 20-22^{o}C'de üretilen S2 starterli grup 8,11 ile, en düşük ortalamayı 6,72 ile 20-22^{o}C'de üretilen S3 starterli grubun

aldığı görülmektedir. Yapılan varyans analizi sonucu sucukların renk özelliğine sıcaklık ve starter kültür ilavesi interaksiyonunun (SxM) önemli olduğunu göstermiştir. Duncan sonuçları, düşük üretim sıcaklığında K, S1 ve S2 gruplarının renk ortalamaları arasındaki farkın önemsiz (P>0,05), buna karşın en yüksek renk puanına sahip olan S2 grubu ile en düşük renk puanına sahip S3 grubu arasındaki farkın önemli (P<0,05) olduğunu göstermiştir. Yüksek üretim sıcaklığında tüm grupların renk puanları arasındaki fark önemsiz bulunmuştur (P>0,05). Her bir muamele grubu ile sıcaklık arasındaki interaksiyonun etkisine bakıldığında ise sadece S3 grubunda düşük sıcaklıkta üretilen sucukların renk ortalaması ile, yüksek sıcaklıkta üretilen sucukların renk ortalaması

Çizelge 4.16 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen çiğ sucuğa ait duyusal değerlendirme sonuçları

Üretim Sıcaklığı	Sucuk Grubu	Koku	Renk	Tat	Tekstür	Genel beğeni
20-22^{o}C	K	7,50±0,24	7,33±0,16	7,22±0,31	7,78±0,16	7,72±0,08
	S1	8,11±0,00	7,39±0,39	8,00±0,16	8,28±0,08	8,17±0,08
	S2	7,83±0,08	8,11±0,16	8,06±0,08	8,11±0,00	8,39±0,08
	S3	7,44±0,16	6,72±0,08	6,72±0,08	6,78±0,00	6,72±0,08
24-26^{o}C	K	7,94±0,39	7,28±0,08	7,39±0,24	7,33±0,16	7,56±0,16
	S1	8,06±0,08	7,89±0,63	8,17±0,24	7,72±0,08	7,81±0,08
	S2	7,89±0,39	7,44±0,47	7,89±0,39	7,67±0,31	7,61±0,55
	S3	7,10±0,39	8,06±0,71	7,06±0,47	7,22±0,24	7,25±0,47

Her bir rakam, 10 panelistin verdiği puanların ortalaması ile tekerrür ortalaması ± standart sapması olarak verilmiştir.

arasındaki fark önemli bulunmuştur (P<0,05). *S.xylosus* içeren S3 sucuklarının renk puanları ortalaması 20-22^{o}C'de 6,72 ile en düşük iken, 24-26^{o}C'de 8,06 ile en yüksek renk ortalamasına sahip olmuşlardır. Bu durum, *S.xylosus'*un yüksek sıcaklıklarda daha iyi faaliyet gösterdiğini ve nitratın nitrite indirgenmesi ve renk gelişiminin daha iyi gerçekleştirdiğini göstermektedir.

Çiğ sucukların tat özelliğine ait varyans analizi sonuçlarına göre tat özelliğine yine SxM interaksiyonunun etkisi olduğu görülmektedir (P>0,01). Düşük üretim sıcaklığında S1 ve S2 gruplarının tat puanları S3 grubundan önemli düzeyde yüksek (P<0,01) bulunmuştur. K ile S1 ve S2 örneklerinin tat puanları arasındaki fark ise önemsizdir (P>0,01). Yüksek üretim sıcaklığında ise gruplar arasında tat yönünden önemli bir farklılık bulunmamıştır. Bununla birlikte en yüksek tat puanlarına yine S1 ve S2 grupları sahip olmuştur.

Çiğ sucukların tekstür özelliğine ait varyans analizi sonuçlarına göre çiğ sucukların tekstür özelliğine SxM interaksiyonunun etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Düşük üretim sıcaklığında S3 grubu en düşük tekstür ortalamasına sahip olmuş ve diğer gruplarla arasındaki fark önemli bulunmuştur (P<0,01). Buna karşın yüksek üretim sıcaklığında tekstür ortalamaları arasındaki fark tüm gruplarda önemsiz düzeyde olmuştur (P>0,01). Her bir muamele grubunda sıcaklığın etkisi, K ve S2 örneklerinde önemsiz (P>0,01), S2 ve S3 örneklerinde ise önemli (P<0,01) bulunmuştur. S1 örnekleri hem düşük üretim sıcaklığında hem de yüksek üretim sıcaklığında en yüksek tekstür ortalamasına sahip olmuşlardır.

Sucukların genel beğeni puanlarına hem starter kültürün etkisi hem de SxM interaksiyonu etki etmiştir (P<0,05). Düşük üretim sıcaklığında en beğenilen gruplar sırasıyla S2, S1 ve K grupları olmuş, K ve S1 örnekleri arasındaki fark önemsiz (P>0,05), K ile S2 ve S3 grupları arasındaki fark ise önemli (P<0,05) bulunmuştur. Yüksek üretim sıcaklığında tüm grupların genel beğeni ortalamaları arasındaki fark önemsiz düzeyde (P>0,05) olmuştur. Yani tüm gruplar kabul edilebilir puanlar almıştır. Her bir muamele grubunda sıcaklığın etkisine bakıldığında sadece S2 grubu düşük sıcaklıkta daha yüksek genel beğeni ortalamasına sahip olmuştur (P<0,05).

Pişmiş sucukların duyusal değerlendirme sonuçları Çizelge 4.17'de topluca görülmektedir. Genel olarak pişmiş sucuklara verilen puanlar, çiğ sucuklara verilen puanlardan daha yüksek olmuştur. Bu durum pişirme işleminin sucuğun duyusal özelliklerini daha ön plana çıkarmasında kaynaklanmaktadır. Pişmiş sucuklara verilen ortalama puanlar, her iki sıcaklıkta da tüm sucukların beğenildiğini göstermektedir.

Pişmiş sucukların koku özelliğine starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonucu SxM interaksiyonunun %5 düzeyinde önemli olduğunu göstermiştir. Düşük üretim sıcaklığında en yüksek puanları alan S1 ve S2 grupları arasındaki fark önemsiz (P>0,05), bu gruplarla K arasındaki fark önemli olmuştur (P<0,05).

Çizelge 4.17 Farklı starter kültür ilave edilen ve farklı sıcaklıklarda üretilen pişmiş sucuğa ait duyusal değerlendirme sonuçları

Üretim Sıcaklığı	Sucuk Grubu	Koku	Renk	Tat	Tekstür	Genel beğeni
20-22^{o}C	K	7,61±0,08	7,44±0,31	7,72±0,08	8,00±0,31	7,89±0,16
	S1	8,22±0,16	7,56±0,16	8,22±0,16	7,61±0,08	8,00±0,16
	S2	8,39±0,24	8,22±0,31	8,44±0,31	8,11±0,00	8,22±0,00
	S3	7,94±0,08	7,39±0,24	8,39±0,24	7,89±0,47	8,00±0,16
24-26^{o}C	K	7,67±0,31	8,11±0,16	8,33±0,31	8,17±0,39	8,50±0,55
	S1	7,44±0,31	7,72±0,24	8,67±0,08	7,56±0,31	8,44±0,08
	S2	8,00±0,16	8,00±0,63	7,83±0,47	7,78±0,31	8,00±0,16
	S3	7,22±0,16	8,44±0,31	7,44±0,16	8,28±0,16	7,61±0,08

Her bir rakam, 10 panelistin verdiği puanların ortalaması ile tekerrür ortalaması ± standart sapması olarak verilmiştir.

Yüksek üretim sıcaklığında ise koku yönünden en yüksek puanlar K ve S2 gruplarına verilmiş ve en düşük ortalamaya sahip S3 grubu ile aralarındaki fark önemli bulunmuştur (P<0,05). S2 örneklerine verilen koku puanları düşük sıcaklıkta, yüksek sıcaklıktan önemli düzeyde daha yüksek olmuştur (P<0,05). Pişmiş sucukların rengi üretim sıcaklığından %5 düzeyinde etkilenmiştir. Yüksek sıcaklıkta üretilen sucuklara daha yüksek puanlar verilmiştir.

Pişmiş sucukların tat özelliğine ait varyans analizi sonuçları, sıcaklık x starter kültür interaksiyonunun önemli olduğunu göstermiştir (P<0,01). Buna göre düşük sıcaklık derecesinde tat yönünden starterli ve K örnekleri arasında önemli bir fark gözlenmezken

(P>0,01), yüksek sıcaklıkta üretilen S2 grubu en düşük tat puanları almış ve en yüksek ortalamaya sahip S3 grubu ile arasındaki fark önemli (P<0,01), K ve S1 grupları ile arasındaki fark ise önemsiz (P>0,01) bulunmuştur. Her bir grupta sıcaklığın etkisi incelendiğinde, sadece S2 grubunda üretim sıcaklıkları arasındaki fark önemli bulunmuş (P<0,01), düşük sıcaklıkta üretilen sucukların tadı daha yüksek puan almıştır.

Pişmiş sucukların tekstür özelliklerine ait varyans analizi sonuçlarına göre pişmiş sucuğun tekstür özelliklerine starter kültür kullanımının etkisi önemli bulunmuştur (P<0,05). Buna göre, S1 starterli örneklerin tekstür ortalaması ile S3 starterli örneklerin tekstür ortalamaları arasındaki fark önemli (P<0,05), S1 ile K ve S2 örnekleri arasındaki fark önemsiz (P>0,05) bulunmuştur.

Pişmiş sucukların genel beğeni özelliğine ait varyans analizi sonuçları, sıcaklık ve starter kültür interaksiyonunun %5 düzeyinde önemli olduğunu göstermiştir. Buna göre, düşük sıcaklıkta üretimde, gruplar arasındaki fark önemsiz (P>0,05), yani hepsi beğenilmiş ve birbirine yakın puanlar verilmiş, yüksek sıcaklıkta üretilen K ve S1 grubuna yüksek puanlar verilmiş ve bu grupların genel beğeni ortalamaları ile S3 örneklerinin ortalamaları arasındaki fark önemli olmuştur (P<0,05).

Gönülalan vd. (2001), farklı starter kültür kombinasyonlarını (*S. xylosus* + *P. pentosaceus* ve *S. carnosus* + *P. pentosaceus*) kullandıkları çalışmalarında duyusal değerlendirme sonuçlarında *S. carnosus* ve *P. pentosaceus* starter bakterileri ilave edilerek elde edilen sucukların diğer gruptan daha iyi puanlar aldığı belirtilmiştir. Soyer (2005), doğal fermente sucukların duyusal özelliklerinin (asidik, ransit ve baharatsı flavor ve genel beğeni yönlerinden) üretim sıcaklığından etkilendiğini ve düşük sıcaklıklarında (20-22^{o}C) üretilen sucukların yüksek sıcaklıkta (24-26^{o}C) üretilen sucuklardan daha yüksek puanlar aldığını belirtmiştir. Bu çalışmada ise yüksek sıcaklıkta üretilen K sucukları düşük sıcaklıkta üretilenlerden daha yüksek puanlar almıştır.

5. SONUÇ

Startersiz (K) ve farklı starter kültürlerin (S1: *P.pentosaceus*+*S.xylosus*, S2: *L.sakei*+*S.carnosus* ve S3: *S.xylosus*) ve üretim sıcaklıklarının (20-22^{o}C ve 24-26^{o}C) sucuklarda üretim sırasında meydana gelen mikrobiyolojik ve biyokimyasal değişmelere etkileri aşağıda özetlenmiştir.

Starter kültürlerin sakkarozu fermente etmede daha etkin oldukları görülmüştür. Bununla birlikte startersiz sucuklarda da ortama doğal inokülasyonla hakim olan laktik asit bakterileri sakkarozu fermente edebilmektedir. Bunun yanı sıra üretim sıcaklığının etkisi özellikle K gruplarında gözlenmiş ve yüksek üretim sıcaklığında daha fazla karbonhidrat indirgenmiştir. Starterli gruplarda her iki sıcaklıkta da 5 gün içerisinde karbonhidratlar önemli düzeylerde indirgenmiştir.

Bu çalışmadan, sucuklarda asit oluşumunun uygun starter kültür seçimiyle arttırılabileceği sonucuna varılmıştır. Sucukta pH düşüşü, asitlik oluşumu ve kuruma *P.pentosaceus* ve *L. sakei* içeren starter kültür gruplarında daha hızlı meydana gelmiştir. Bu nedenle, sucukta ürün güvenirliği açısında yeterli pH düşüşü ve yeterli asit oluşumunu sağlayacak *Lactobacillus ve Pediococcus* türlerinden biri (*L.sake, P.pentosaceus* gibi) tercih edilmelidir. Ayrıca hem fermantatif bir starter kültür hem de yüksek üretim sıcaklığı tercih edildiğinde daha kısa sürede üretim mümkün olmaktadır.

Tek başına *Micrococcus/Staphylococcus* türü kullanılması (S3), yeterli asit oluşumunu sağlamada diğerlerinden daha yetersiz kalmaktadır. Lipolitik ve proteolitik bir suş olan *S.xylosus* pH düşüşü, laktik asit ve asetik asit oluşturma yönlerinden kontrol grubuna benzer sonuçlara neden olmuştur.

Starter kültür, üretim sıcaklığı ve süresi sucuklarda TMAB, LAB ve M-S yüklerini etkilemektedir. Fermantatif starter kültür içeren sucuklarda (S1 ve S2) LAB faaliyeti daha hızlı olmaktadır. M-S yükü, LAB yükünden etkilenmekte ve LAB yükündeki artış, M-S

yükünde azalmaya neden olmaktadır. Üretim sıcaklığı 24-26^{o}C'de mikroorganizma faaliyeti artmakta, 20-22^{o}C'de daha düşük kalmaktadır. Mikroorganizma faaliyeti en fazla üretimin fermantasyon döneminde artmakta, kuruma sürecinde ise (7. ve 9. günler) azalma eğilimi görülmektedir.

Sucukların duyusal özellikleri starter kültürden ve üretim sıcaklığından etkilenmektedir. S1 ve S2 sucukları koku, renk, tat, tekstür ve genel beğeni yönlerinden tercih edilmektedir. Çiğ S3 sucukları özellikle renk, tat ve genel beğeni yönlerinden tercih edilmemektedir.

Sonuç olarak, sucuk üretiminde fermantatif ve lipolitik/proteolitik starter kültürler içeren ikili suşlar kullanılması (*P.pentosaceus*+*S.xylosus veya L.sakei*+*S.carnosus*); güvenilir üretim, yeterli asit oluşumu, daha kısa üretim süresi ve daha iyi duyusal özellikleri sağlamada önerilmektedir. Tek başına Lipolitik/proteolitik starter kullanımı (*S.xylosus*); yeterli asit oluşumunu sağlamada ve arzu edilir duyusal özelliklerin gelişmesinde yetersiz kalmaktadır.

KAYNAKLAR

Abriouel, H., Herrmann, A., Stärke, J., Yousif, N. M. K., Wijaya, A., Tauscher, B., Holzapher, W. and Franz, C. M. A. P. 2004. Cloning and heterologous expression of hematin-dependent catalase produced by *Lactobacillus plantarum* CNRZ 1228. Applied and Environmental Microbiology, 603–606.

Acton, J.C., Dick, R.L. and Norris, E.L. 1977. Utilization of various carbohydrates in fermented sausage. Journal of Food Science, 42, 174-178.

Anonim. 2002. Türk Sucuğu TS 1070. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

Ammor, M.S. and Mayo, B. 2007. Selection criteria for lactic acid bacteria to be used as functional starter cultures in dry sausage production: An update. Meat Science, 76, 138-146.

Ammor, S., Dufour, E., Zagorec, M., Chaillou, S. and Chevallier, I. 2005. Characterization and selection of Lactobacillus sakei strains isolated from traditional dry sausage for their potential use as starter cultures. Food Microbiology, 22, 529–538.

Aro, J. M. A., Nyam-Osor, P., Tsuji, K., Shimada, K., Fukushima, M. and Sekikawa, M. 2010. The effect of starter cultures on proteolytic changes and amino acid content in fermented sausages. Food Chemistry, 119, 279-285.

Boehringer-Mannheim. 1989. Methods of Enzymatic Analysis. Boehringer Mannheim Biochemicals, Mannheim, Germany.

Bover-Cid, S., Izquierdo-Pulido, M. and Vidal-Carou, M. C. 2001. Changes in biogenic amine and polyamine contents in slightly fermented sausages manufactured with and without sugar. Meat Science, 57, 215-221.

Bover-Cid, S., Izquierdo-Pulido, M. and Vidal-Carou, M. C. 1999. Effect of proteolytic starter cultures of *Staphylococcus* spp. on biogenic amine formation during the ripening of dry fermented sausages. International Journal of Food Microbiology, 46, 95–104.

Bucharles, C., Girard, J.P., Sirami, J. and Pascal, S. 1984. Characteristics of a dry sausage showing excessive acidity. *Science Aliments,* 4, 137-143.

Buckenhüskes, H.J. 1993. Selection criteria for lactic acid bacteria to be used as starter cultures for various food commodities. FEMS Microbiology Reviews, v.12, p. 253-272.

Campbell-Plant and Cook 1995. Fermented Meats. Blackie Academic & Professional Publishing, p. 295, England.

Candoğan, K., Wardlaw, F. B. and Acton, J. C. 2009. Effect of starter culture on proteolytic changes during processing of fermented beef sausages. Food Chemistry, 116, 731-737.

Caplice, E. and Fitzgeneral, G. F. 1999. Food fermentations: role of microorganisms in food production and preservation. International Journal of Food Microbiology, 50, 131-149.

Casaburi, A., M-Conseption, A., Cavella, S., Di Monaco, R., Ercolini, D., Toldrá, F. and Villani, F. 2007. Biochemical and sensory characteristics of traditional fermented sausages of Vallo di Diano (Southern Italy) as affected by the use of starter cultures. Meat Science, 76, 295-307.

Casaburi, A., Di Monaco, R., Cavella, S., Toldrá, F., Ercolini, D. and Villani, F. 2008. Proteolytic and lipolytic starter cultures and their effect on traditional fermented sausages ripening and sensory traits. Food Microbiology, 25, 335–347.

Cemeroğlu, B. 2007. Gıda Analizlerinde enzimatik yöntemler (s.327-462). *Gıda Analizleri*. Ed. Bekir Cemeroğlu, 535 s.,Bizim Büro Basımevi, Ankara.

Coşansu ve Ayhan 1998. Gıda Teknolojisi Dergisi, 99-103.

Dalmış, Ü. 2007. Sucukta üretim ve depolama sırasında meydana gelen mikrobiyolojik ve biyokimyasal değişmeler. A.Ü. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi. 155 s., Ankara.

De Ketelaere, A., Demeyer, D., Vandekerckhove, P. and Vervaeke, I. 1974. Stoichiometry of carbohydrate fermentation during dry sausage ripening. Journal of Food Science, 39, 297-300.

Delaquis, P.J., Fontaine, J., Dussault, F. And Champagne, C.P. 1993. Maple syrup as carbohydrate source in dry sausage fermentation. Journal of Food Science, 58, 981-990.

Demeyer, D. 1982. Stoichiometry of dry sausage fermentation. Antonie van Leeuwenhoek**,** 48, 414–416.

Demeyer, D. Verpletse, A. Ve Gistelink, M. 1986. Fermentation of meat: an integrated process. In: *Meat processing fermented products (session 5)32nd Eur. Meet. Meat Res. Work.* pp. 241–247 Ghent.

Domínguez, M.C., Gutierrez, L.M., Lopez, ., Seco, F. and Zumalacárregu, J.M. 1989. (Mateo vd. 1996'dan alınmıştır.)

Domínguez, M.C. and Zumalacárregu, J.M. 1991. Lipolytic and oxidative changes in 'Chorizo' during ripening. Meat Science, 29, 99-107.

Erdoğrul, Ö. ve Ergün, Ö. 2005. Kahramanmaraş piyasasında tüketilen sucukların bazı fiziksel, kimyasal, duyusal ve mikrobiyolojik özellikleri. İ.Ü. Vet. Fak. Dergisi, 31(1), 55-65.

Erdoğrul, Ö., Çetin, Ö. ve Ergün, Ö. 2000. Fermente sucuklardan izole edilen *Pediococcus pentosaceus* suşlarının bazı metabolik ve antimikrobiyal aktiviteleri üzerine çalışmalar. İ.Ü. Vet. Fak. Dergisi.

Ertaş, H. 2006. Isıl işlem uygulanarak üretilen sucukların bazı kalite özelliklerine üretim koşullarının etkisi. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri.

Essid, I., Ismail, H. B., Ahmed, S. B. H., Ghedamsi, R. and Hassouna, M. 2007. Characterization and technological properties of Staphylococcus xylosus strains isolated from a Tunisian traditional salted meat. Meat Science, 77, 204–212.

Fadda, S., Sanz, Y., Vignolo, G., Aristoy, M. C., Oliver, G. and Toldrá, F. 1999a. Hdrolysis of pork muscle sarcoplasmic proteins by Lactobacillus curvatus and Lactobacillus sake. Applied Environmental Microbiology, 65, 578-584.

Fadda, S., Sanz, Y., Vignolo, G., Aristoy, M. C., Oliver, G. and Toldrá, F. 1999b. Characterization of muscle sarcoplasmic and myofibrillar protein hydrolysis caused by Lactobacillus plantarum. Applied Environmental Microbiology, 65, 3540-3546.

Fernandez, M., Ordóñez, J. A., Bruna, J. M., Herranz, B. and Hoz, L. 2000. Accelerated ripening of dry fermented sausages. Trend in Food Science and Technology, 11, 201-209.

Gandemer, G. 2002. Lipids in muscles and adipose tissues, changes during processing and sensory properties of meat products. Meat Science, 62, 309–321.

Gençcelep, H., Kaban, G., Kaya, M. 2007. Effects of starter cultures and nitrite levels on formation of biogenic amines in sucuk. Meat Science, 77, 424-430.

Gottschalk, G. 1986. Bacterial Metabolism. 2nd Ed., Springer-Verlag, New York, Chap. 8, p. 208.

Gökalp, H.Y. Turkish style fermented sausage (soudjouk) manufactured by adding different starter cultures and using different ripening temperatures. Fleischwirstschaft, 66(4), 573-575.

Gönülalan, Z., Arslan, A. ve Köse, A. 2001. Farklı starter kültür kombinasyonlarının fermente sucuklardaki etkileri. Turk J. Vet. Anim. Sci., 28, 7-16.

Hammes, W. P. and Hertel, C. 1998. New developments in meat starter cultures. Meat Science, 49(1), 125-138.

Hierro, E., de la Hoz, L. and Ordóñez, J. A. 1999. Contrubition of the microbial and meat endogenous enzymes to the free amino acid and amine contents of dry fermented sausages. Journal of Agriculturel Food Chemistry, 47, 1156-1161.

Hugas, M. and Monfort, J.M. 1997. Bacterial starter cultures for meat fermentation. Food Chemistry, 59(4), 547-554.

Hughes, M. C., Kerry, J. P., Arendt, E. K., Kenneally, P. M., McSweeney, P. L. H. and O'Neill, E. E. 2002. Characterization of proteolysis during the ripening of semi dry fermented sausages. Meat Science, 62, 205-216.

Hutkins, R. W. 2006. Microbiology and Technology of Fermented Foods. Blackwell publishing.

Ibañez, C., Quintanilla, L., Cid, C., Astiasarán, I. and Bello, J. 1997. Dry fermented sausages elaborated with *Lactobacillus plantarum-Staphylococcus carnosus.* Part II: Effect of partial replacement of NaCl with KC1 on the proteolytic and insolubilization processes. Meat Science, 46(3), 277-284.

Incze, K. 1991. Raw fermented and dried meat products. Fleiscwirtschaft, 12, 1-5.

Jessen, B. 1995. Fermented Meats. Blackie Academic & Professional Publishing.

Johansson, G., Berdagué, J. L., Larsson, M., Tran, N. and Borch, E. 1994. Lipolysis, proteolysis and formation of volatile components during ripening of a fermented sausage with *Pediococcus pentosaceus* and *Staphylococcus xylosus* as starter cultures. Meat Science, 38, 203-218.

Kröckel, L. 1995. Fermented Meats. Blackie Academic & Professional Publishing.

Kurt, E. 2009. Sucuktaki organik asit kompozisyonuna farklı karbonhidrat kaynaklarının etkisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 68 s., Ankara.

Lizaso, G., Chasco, J. and Beriain, M. J. 1999. Microbial and biochemical changes during ripening of salchichon, a Spanish dry cured sausage. Food Microbiology, 16, 219-228.

Lücke, F. K. 1985. Fermented sausages. In Microbiology of Fermented Foods, Vol. 2, pp 41-83.

Lücke, F. K. 2000. Utilization of microbes to process and preserve meat. Meat Science, 56, 105±115.

Mateo, J., Domínguez, M. C., Aguirrezábal, M. M. and Zumalacárregui, J. M. 1996. Taste compounds in chorizo and their changes during ripening. Meat Science, 44, 245-254.

MINITAB. (2000). Computer program, MINITAB release 13.0 for windows. Minitab Inc., USA.

Molly, K., Demeyer, D., Johansson, G., Raemaekers, M., Ghistelink, M. and Geenen, I. 1997. The importance of meat enzymes in ripening and flavour generation in dry fermented sausages. First Results of European project. Food Chemistry, 59, 539-545.

Montel, M. C. 1999. Fermented Foods: Fermented Meat Products, Academic Press Encyclopedia of Food Microbiology, 1-10.

Montel, M. C., Seronie, M. P., Talon, R. and Hébraud, M. 1995. Purification and characterization of a dipeptidase from *Lactobacillus sake.* Applied and Environmental Microbiology, 837-839.

Montel, M.C., Talon, R., Berdagué, J.L. and Cantonnet, M. 1993. Effects of starter cultures on the biochemical characteristics of French ry sausages. Meat Science, 35, 229-240.

Ordóñez, J. A., Hierro, E. M., Bruna, J. and de la Hoz, L. 1999. Chnages in the components of dry-fermented sausages during ripening. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 39(4): 329-367.

Ordóñez, J. A., Hierro, E. M., Bruna, J. and Ledward, D. A. 2003. High temperature reduction
of metmyoglobin in aqueous muscle extracts. Meat Science, 65, 631-637.

Papamanoli, E., Tzanetakis, N., Litopoulou-Tzanetaki, E. and Kotzekidou, P. 2003. Characterization of lactic acid bacteria isolated from a Grek dry-fermented sausage in respect of their technological and probiotic properties. Meat Science, 65, 859–867.

Rantsiou, K. and Cocolin, L. 2006. New developments in the study of the microbiota of naturally fermented sausages as determined by moleculer methods: A review. International Journal of Food Microbiology, 108, 255–267.

Samelis, J., Aggelis, G. And Metaxopoulos, J. 1993. Lipolytic and microbial changes during the natural fermentation and ripening of Greek dry sausages. Meat Science, 35, 371-385.

Sanz, Y., Fadda, S., Vignolo, G., Aristoy, M. C., Oliver, G. and Toldrá, F. 1999a. Hydrolytic action of *Lactobacillus casei* CRL 705 on pork muscle sarcoplasmic and myofibrillar proteins. Journal of Agriculturel Food Chemistry, 47, 3441-3448.

Sanz, Y., Fadda, S., Vignolo, G., Aristoy, M. C., Oliver, G. and Toldrá, F. 1999b. Hydrolysis of muscle myofibrillar proteins by *Lactobacillus curvatus* and *Lactobacillus sake*. International Journal of Food Microbiology, 53, 115–125.

Sanz, Y. and Toldrá, F. 1997. Aminopeptidase activities from *Lactobacillus sake* in models of curing ingredients and processing conditions for dry sausage. Journal of Food Science, 62(6), 1211-1213.

Smith, J. L. and Palumbo, S. A. 1983. Use of starter cultures in meats. Journal of Food Protect, 46, 997-1006.

Dalmış, Ü. and Soyer, A. 2008. Effect of processing methods and starter culture (*Staphylococcus xylosus and Pediococcus pentosaceus*) on proteolytic changes in Turkish sausages (sucuk) during ripening and storage. Meat Science, 80, 345–354.

Soyer, A., Ertaş, A. H. and Üzümcüoğlu, Ü. 2005. Effect of processing conditions on the quality of naturally fermented Turkish sausages (sucuks). Meat Science, 69, 135–141.

Soyer, A. 2005. Effect of fat level and ripening temperature on biochemical and sensory characteristics of naturally fermented Turkish sausages (sucuk). European Food Research and Technology, 221, 412-415.

Soyer, A. 2002. Fermente et ürünlerinde kaliteyi etkileyen iç faktörler. Gıda, 27(1), 15-19.

Stahnke, L.H. 1995. Dried sausages fermented with Staphylococcus xylosus at different temperatures and with different ingredient levels- Part II.Volatile components. Meat Science, 41, 193-209.

Tjener, K., Stahnke, L. H., Andersen, L. and Martinussen, J. 2004. Addition of a-ketoglutarate enhances formation of volatiles by *Staphylococcus carnosus* during sausage fermentation. Meat Science, 67, 711–719.

Toldrá F. and Nip W. K. 2004. Dry-cured Meat Products. Wiley-Blackwell publishing.

Verplaetse, A. 1994. Influence of raw meat properties and processing technology on aroma quality of raw fermented meat products. 40th Int. Conference of Meat Sci. and Tech. The Hauge, The Netherlands.

Vural, H. 1998. The use of commercial starter cultures in the production of Turkish semi-dry fermented sausages. Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A, 207, 410-412.

Waade, C. and Stahnke, L. H. 1997. Dried sausages fermented with *Staphylococcus xylosus* at different temperatures and with different ingredient levels. Part IV. Amino Acid Profile. Meat Science, 46 (1), 101-l 14.

Winer, B.J., Brown, D.R., Michels, K.M. 1991. Statistical Principles in Experimental Design. 3rd Ed., Mc Graw-Hill Inc., p. 1057, Boston, U.S.A.

Wood, B. J. B. 1998. Microbiology of Fermented Foods. Springer-Verlag, Berlin, pp.203-226.

Xu, Y., Xia, W., Yang, F., Kim, J. M. and Nie, X. 2010. Effect of fermentation temperature on the microbial and physicochemical properties of silver carp sausages inoculated with *Pediococcus pentosaceus*. Food Chemistry, 118, 512-518.

EKLER

EK 1. Çiğ sucuk duyusal değerlendirme formu

EK 2. Pişmiş sucuk duyusal değerlendirme formu

Ek 3. Araştırma verilerinin varyans analizi ve Duncan sonuçları

EK 1. Çiğ sucuk duyusal değerlendirme formu

Panelistin Adı Soyadı:
Tarih:

***Formu doldurmadan önce "Notlar" kısmını okuyunuz.**

ÇİĞ SUCUK DEĞERLENDİRME FORMU

Örnek Kodu	Koku[1]	Renk[2]	Tat[3]	Tekstür[4]	Genel beğeni[5]

Puanlama 10-0 aralığında yapılacaktır. Değerlendirme puanınızı, ilgili özelliğin bulunduğu kutucuğa yazınız.

10; özelliğin en yoğun algılandığı puan, 0; özelliğin hiç algılanmadığı puandır.

Notlar

1. Dilimler halinde plastik kaplarda bulunan sucuklar, panelistlerce kapakları açılır açılmaz koklanarak, fermente veya asidik koku yönünden değerlendirilecektir. Panelistler, bir örneği kokladıktan sonra, su koklayarak bir önceki koku hissinin etkisini azaltabilirler.
2. Örneklerin kesit yüzey renkleri bir arada değerlendirilir. Tipik doğal fermente sucuk rengi dikkate alınarak değerlendirme yapılır.
3. Arka dişlerle iyice çiğnenen küçük bir parça sucuk dilimi yutulduktan (veya yutmadan ağızdan çıkarıldıktan) sonra algılanan asidik tat. Örnekler arasında, ağzınızdaki bir önceki tadın etkisini gidermek için bir parça ekmek ve sudan yararlanınız.
4. Arka dişlerle iyice çiğnenen küçük bir parça sucuk dilimi, çiğnemeye karşı gösterdiği direnç yönünden değerlendirilir.
5. Yukarıda değerlendirilen dört özellik yönünden en beğenilenden en az beğenilene doğru puanlama yapılır.

Düşünceler:

EK 2. Pişmiş sucuk duyusal değerlendirme formu

Panelistin Adı Soyadı:
Tarih:

***Formu doldurmadan önce "Notlar" kısmını okuyunuz.**

PİŞMİŞ SUCUK DEĞERLENDİRME FORMU

Örnek Kodu	Koku[1]	Renk[2]	Tat[3]	Tekstür[4]	Genel beğeni[5]

Puanlama 10-0 aralığında yapılacaktır. Değerlendirme puanınızı, ilgili özelliğin bulunduğu kutucuğa yazınız.

10; özelliğin en yoğun algılandığı puan, 0; özelliğin hiç algılanmadığı puandır.

Notlar

1. Dilimler halinde tabaklarda sunulan pişmiş sucuklar koklanarak, fermente veya asidik koku yönünden değerlendirilecektir. Panelistler, bir örneği kokladıktan sonra, su koklayarak bir önceki koku hissinin etkisini azaltabilirler.
2. Örneklerin kesit yüzey renkleri bir arada değerlendirilir. Tipik doğal fermente sucuk rengi dikkate alınarak değerlendirme yapılır.
3. Arka dişlerle iyice çiğnenen küçük bir parça sucuk dilimi yutulduktan sonra algılanan asidik ve baharatsı tat yönlerinden değerlendirilir. Örnekler arasında, ağzınızdaki bir önceki tadın etkisini gidermek için bir parça ekmek ve sudan yararlanınız.
4. Arka dişlerle iyice çiğnenen küçük bir parça sucuk dilimi, çiğnemeye karşı gösterdiği direnç yönünden değerlendirilir.
5. Yukarıda değerlendirilen dört özellik yönünden en beğenilenden en az beğenilene doğru puanlama yapılır.

Düşünceler:

EK 3. Araştırma verilerinin varyans analizi ve Duncan sonuçları

Çizelge 1. Sucuklarda kuru madde miktarında meydana gelen değişmelere üretim sıcaklığının, starter kültürün ve üretim süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	DF	F	P
Üretim sıcaklığı (S)	1	116,37	0,000**
Muamele (starter/kontrol)(M)	3	0,55	0,648
Üretim süresi(gün)(G)	6	445,80	0,000**
SxM	3	1,95	0,132
SxG	6	5,23	0,000**
MxG	18	0,25	0,999
SxMxG	18	0,19	1,000
Hata	56		
Toplam	111		

****P<0,01 düzeyinde önemli.**

Çizelge 2. Sucuklarda kuru madde miktarına SxG interaksiyonunun etkisini gösteren Duncan sonuçları^

	n	**Sıcaklık**	
		20-22^{o}C	**24-26^{o}C**
SxG			
Süre*			
0	8	**41,27±0,38E**	**42,04±0,50E**
1	8	**42,04±0,35E**	**42,94±0,54E**
2	8	**44,59±0,44D**	**47,71±0,70D**
3	8	**49,55±0,59C**	**54,67±0,54C**
5	8	**54,23±0,70B**	**59,26±0,37B**
7	8	**57,77±0,18A**	**61,42±0,27A**
9	8	**59,49±0,27A**	**62,78±0,28A**
Süre**			
0	8	41,27±0,38A	42,04±0,50A
1	8	42,04±0,35A	42,94±0,54A
2	8	44,59±0,44B	47,71±0,70A
3	8	49,55±0,59B	54,68±0,54A
5	8	54,23±0,70B	59,26±0,37A
7	8	57,77±0,18B	61,42±0,27A
9	8	59,49±0,27B	62,78±0,28A

^ Sonuçlar ortalama değer± standart hata olarak verilmiştir.

*İlgili her bir sütunda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,01).

**İlgili her bir satırda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,01).

Çizelge 3. Sucuklarda a_w değerinde meydana gelen değişmelere üretim sıcaklığının, starter kültürün ve üretim süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	DF	F	P
Üretim sıcaklığı (S)	1	31,53	0,000**
Muamele (starter/kontrol)(M)	3	1,13	0,345
Üretim süresi(gün)(G)	6	212,00	0,000**
SxM	3	0,26	0,854
SxG	6	1,89	0,098
MxG	18	0,57	0,904
SxMxG	18	0,27	0,998
Hata	56		
Toplam	111		

****P<0,01 düzeyinde önemli.**

Çizelge 4. Sucuklarda a_w değerine üretim sıcaklığının ve üretim süresinin etkisini gösteren Duncan sonuçları^

Faktör*	**n**	
Sıcaklık		
20-22°C	**56**	**0,944±0,002A**
24-26°C	**56**	**0,938±0,003B**
Üretim süresi		
0	**16**	**0,958±0,001A**
1	**16**	**0,958±0,001A**
2	**16**	**0,955±0,001A**
3	**16**	**0,947±0,001B**
5	**16**	**0,938±0,001C**
7	**16**	**0,922±0,002D**
9	**16**	**0,906±0,001E**

^ Sonuçlar ortalama değer± standart hata olarak verilmiştir.

*İlgili sütunda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,01).

Çizelge 5. Sucuklarda pH değerine üretim sıcaklığının, starter kültürün ve SxG interaksiyonlarının etkisini gösteren

Duncan sonuçları^

Faktör	n		
Sıcaklık*			
20-22°C	**64**	**5,42±0,06A**	
24-26°C	**64**	**5,33±0,07B**	
Muamele*			
K	**32**	**5,50±0,08A**	
S1	**32**	**5,25±0,10B**	
S2	**32**	**5,27±0,10B**	
S3	**32**	**5,49±0,07A**	
SxG			
Süre*		**Sıcaklık**	
		20-22°C	**24-26°C**
0	**8**	**5,94±0,01A**	**5,96±0,01A**
0,5	**8**	**5,92±0,01A**	**5,91±0,01A**
1	**8**	**5,86±0,02A**	**5,87±0,01A**
2	**8**	**5,69±0,05B**	**5,61±0,05B**
3	**8**	**5,12±0,12C**	**5,01±0,11C**
5	**8**	**4,97±0,09D**	**4,77±0,05D**
7	**8**	**4,93±0,08D**	**4,76±0,05D**
9	**8**	**4,93±0,08D**	**4,81±0,05D**
Süre**			
0	**8**	**5,94±0,01A**	**5,94±0,01A**
0,5	**8**	**5,92±0,01A**	**5,91±0,01A**
1	**8**	**5,86±0,02A**	**5,87±0,01A**
2	**8**	**5,69±0,05A**	**5,61±0,05A**
3	**8**	**5,12±0,12A**	**5,01±0,12B**
5	**8**	**4,97±0,09A**	**4,77±0,05B**
7	**8**	**4,93±0,08A**	**4,76±0,05B**
9	**8**	**4,93±0,09A**	**4,81±0,05B**

^ Sonuçlar ortalama değer ± standart hata olarak verilmiştir.

* İlgili sütunlarda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,01).

**İlgili her bir satırda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,01).

Çizelge 6. Sucuklarda pH değerinde meydana gelen değişmelere üretim sıcaklığının, starter kültürün ve üretim süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	DF	F	P
Üretim sıcaklığı(S)	1	36,01	0,000**
Muamele (starter/kontrol)(M)	3	95,74	0,000**
Üretim süresi(gün)(G)	7	632,04	0,000**
SxM	3	2,63	0,057
SxG	7	3,92	0,001**
MxG	21	8,60	0,000**
SxMxG	21	0,74	0,780
Hata	64		
Toplam	127		

****P<0,01 düzeyinde önemli.**

Çizelge 7. Sucuklarda titrasyon asitliğinde meydana gelen değişmelere üretim sıcaklığının, starter kültürün ve üretim süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	DF	F	P
Üretim sıcaklığı(S)	1	9,15	0,004**
Muamele (starter/kontrol)(M)	3	5,26	0,003**
Üretim süresi(gün)(G)	7	58,97	0,000**
SxM	3	0,38	0,768
SxG	7	0,46	0,862
MxG	21	1,12	0,351
SxMxG	21	0,15	1,000
Hata	64		
Toplam	127		

****P<0,01 düzeyinde önemli.**

Çizelge 8. Sucuklarda titrasyon asitliğine üretim sıcaklığının, starter kültürün ve üretim süresinin etkisini gösteren

Duncan sonuçları^

Faktör*	**n**	
Sıcaklık		
20-22°C	**64**	**0,68±0,05B**
24-26°C	**64**	**0,78±0,05A**
Muamele		
K	**32**	**0,63±0,04B**
S1	**32**	**0,79±0,08A**
S2	**32**	**0,80±0,08A**
S3	**32**	**0,71±0,07AB**
Üretim süresi (gün)		
0	**16**	**0,39±0,02D**
0,5	**16**	**0,38±0,01D**
1	**16**	**0,41±0,02D**
2	**16**	**0,52±0,04CD**
3	**16**	**0,68±0,04C**
5	**16**	**0,96±0,05B**
7	**16**	**1,22±0,09A**
9	**16**	**1,29±0,07A**

^ Sonuçlar ortalama değer ± standart hata olarak verilmiştir.
*İlgili sütunda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,01).

Çizelge 9. Sucuklarda D-laktik asit miktarında meydana gelen değişmelere üretim sıcaklığının, starter kültürün ve üretim süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonucu

Varyans kaynağı	DF	F	P
Üretim sıcaklığı(S)	1	32,34	0,000**
Muamele (starter/kontrol)(M)	3	106,44	0,000**
Üretim süresi(gün)(G)	6	1136,98	0,000**
SxM	3	2,85	0,045
SxG	6	5,73	0,000**
MxG	18	16,24	0,000**
SxMxG	18	0,55	0,922
Hata	56		
Toplam	111		

****P<0,01 düzeyinde önemli.**

Çizelge 10. Sucuklarda D-laktik asit miktarına üretim sıcaklığının, starter kültürün ve SxG interaksiyonunun etkisini gösteren

Duncan sonuçları^

Faktör	**n**		
Sıcaklık*			
20-22°C	**56**	**6,99±1,01B**	
24-26°C	**56**	**8,05±1,17A**	
Muamele*			
K	**28**	**5,27±1,11C**	
S1	**28**	**9,25±1,80A**	
S2	**28**	**8,99±1,77A**	
S3	**28**	**6,56±1,34B**	
SxG			
Süre*		**Sıcaklık**	
		20-22°C	**24-26°C**
0	**8**	**0,31±0,03E**	**0,35±0,04E**
0,5	**8**	**0,32±0,03E**	**0,32±0,03E**
1	**8**	**0,47±0,02E**	**0,46±0,04E**
2	**8**	**4,64±0,45D**	**5,15±0,73D**
3	**8**	**8,10±0,85C**	**10,05±1,44C**
5	**8**	**16,78±1,41B**	**19,30±1,52B**
9	**8**	18,30±1,32A	20,73±1,56A
Süre**			
0	**8**	**0,31±0,03A**	**0,35±0,04A**
0,5	**8**	**0,32±0,03A**	**0,31±0,04A**
1	**8**	**0,47±0,03A**	**0,46±0,04A**
2	**8**	**4,64±0,45A**	**5,15±0,72A**
3	**8**	**8,10±0,85B**	**10,05±1,44A**
5	**8**	**16,78±1,41B**	**19,30±1,52A**
9	**8**	**18,30±1,32B**	**20,73±1,56A**

^ Sonuçlar ortalama değer ± standart hata olarak verilmiştir.

*Her bir sütunda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,01).

**Her bir satırda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,01).

Çizelge 11. Sucuklarda L-laktik asit miktarına üretim sıcaklığının, starter kültürün ve SxG interaksiyonunun etkisini gösteren

Duncan sonuçları^

Faktör	n		
Sıcaklık*			
20-22°C	**56**	**4,09±0,32A**	
24-26°C	**56**	**3,54±0,37B**	
Muamele*			
K	**28**	**4,09±0,46A**	
S1	**28**	**3,78±0,53AB**	
S2	**28**	**3,39±0,53B**	
S3	**28**	**4,01±0,46A**	
SxG			
Süre*		**Sıcaklık**	
		20-22°C	**24-26°C**
0	**8**	**6,66±0,25A**	**6,69±0,14A**
0,5	**8**	**6,72±0,21A**	**6,68±0,09A**
1	**8**	**6,28±0,24A**	**6,16±0,11A**
2	**8**	**3,50±0,48B**	**2,87±0,54B**
3	**8**	**2,63±0,32C**	**1,52±0,36C**
5	**8**	**1,93±0,22C**	**0,67±0,15C**
9	**8**	0,94±0,17D	0,22±0,05D
Süre**			
0	**8**	**6,66±0,25A**	**6,69±0,14A**
0,5	**8**	**6,72±0,21A**	**6,68±0,09A**
1	**8**	**6,28±0,23A**	**6,16±0,11A**
2	**8**	**3,50±0,48A**	**2,87±0,54A**
3	**8**	**2,63±0,32A**	**1,52±0,36B**
5	**8**	**1,93±0,23A**	**0,67±0,15B**
9	**8**	**0,94±0,16A**	**0,22±0,05B**

^ Sonuçlar ortalama değer ± standart hata olarak verilmiştir.

*Her bir sütunda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,01).

**Her bir satırda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,01).

Çizelge 12. Sucuklarda L-laktik asit miktarında meydana gelen değişmelere üretim sıcaklığının, starter kültürün ve üretim süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonucu

Varyans kaynağı	DF	F	P
Üretim sıcaklığı(S)	1	25,24	0,000**
Muamele (starter/kontrol)(M)	3	8,43	0,000**
Üretim süresi(gün)(G)	6	340,20	0,000**
SxM	3	2,75	0,051
SxG	6	3,27	0,008**
MxG	18	3,15	0,001**
SxMxG	18	1,76	0,055
Hata	56		
Toplam	111		

****P<0,01 düzeyinde önemli.**

Çizelge 13. Sucuklarda toplam laktik asit miktarında meydana gelen değişmelere üretim sıcaklığının, starter kültürün ve üretim süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonucu

Varyans kaynağı	DF	F	P
Üretim sıcaklığı(S)	1	4,15	0,046
Muamele (starter/kontrol)(M)	3	44,14	0,000**
Üretim süresi(gün)(G)	6	313,90	0,000**
SxM	3	0,63	0,599
SxG	6	1,27	0,285
MxG	18	7,81	0,000**
SxMxG	18	0,28	0,998
Hata	56		
Toplam	111		

****P<0,01 düzeyinde önemli.**

Çizelge 14. Sucuklarda toplam laktik asit miktarına MxG interaksiyonunun etkisini gösteren

Duncan sonuçları^

Faktör	n	Muamele grupları			
MxG					
Süre*		**K**	**S1**	**S2**	**S3**
0	**4**	**6,91±0,57B**	**7,17±0,24C**	**7,09±1,11C**	**6,86±0,19C**
0,5	**4**	**6,76±0,47B**	**7,13±0,18C**	**7,08±0,08C**	**7,11±0,09C**
1	**4**	**6,61±0,53B**	**6,82±0,17C**	**6,62±0,20C**	**6,67±0,11C**
2	**4**	**7,35±0,53B**	**9,44±0,65C**	**7,93±0,41C**	**7,62±0,42B**
3	**4**	**8,01±0,40B**	**14,49±0,69B**	**12,08±0,91B**	**10,03±0,54B**
5	**4**	**14,69±0,72A**	**22,52±1,10A**	**22,48±0,91A**	**17,66±1,36A**
9	**4**	**15,23±0,80A**	**23,68±1,03A**	**23,40±0,70**	**18,06±0,82A**
Süre**					
0	**4**	**6,91±0,57A**	**7,17±0,24A**	**7,01±0,11A**	**6,86±0,19A**
0,5	**4**	**6,76±0,47A**	**7,13±0,18A**	**7,08±0,08A**	**7,11±0,09A**
1	**4**	**6,61±0,53A**	**6,82±0,17A**	**6,62±0,20A**	**6,67±0,11A**
2	**4**	**7,34±0,52A**	**9,44±0,65A**	**7,93±0,41A**	**7,61±0,42A**
3	**4**	**8,01±0,40C**	**14,49±0,69A**	**12,08±0,91AB**	**10,03±0,54BC**
5	**4**	**14,69±0,72C**	**22,52±1,10A**	**22,48±0,91A**	**17,66±1,35B**
9	**4**	**15,23±0,80C**	**23,68±1,03A**	**23,40±0,70A**	**18,06±0,82B**

^ Sonuçlar ortalama değer ± standart hata olarak verilmiştir.
*Her bir sütunda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,01).
**Her bir satırda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,01).

Çizelge 15. Sucuklarda asetik asit miktarında meydana gelen değişmelere üretim sıcaklığının, starter kültürün ve üretim süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonucu

Varyans kaynağı	DF	F	P
Üretim sıcaklığı(S)	1	2,12	0,151
Muamele (starter/kontrol)(M)	3	7,74	0,000**
Üretim süresi(gün)(G)	6	67,20	0,000**
SxM	3	0,18	0,911
SxG	6	1,35	0,253
MxG	18	0,61	0,875
SxMxG	18	0,14	1,000
Hata	56		
Toplam	111		

****P<0,01 düzeyinde önemli.**

Çizelge 16. Sucuklarda asetik asit asit miktarına starter kültürün ve üretim süresinin etkisinigösteren

Duncan sonuçları^

Faktör*	**n**	
Muamele		
K	**28**	**0,30±0,03C**
S1	**28**	**0,42±0,05A**
S2	**28**	**0,38±0,04AB**
S3	**28**	**0,34±0,03BC**
Üretim süresi (gün)		
0	**16**	**0,20±0,01C**
0,5	**16**	**0,21±0,01C**
1	**16**	**0,21±0,01C**
2	**16**	**0,24±0,01C**
3	**16**	**0,46±0,03B**
5	**16**	**0,60±0,04A**
9	**16**	0,59±0,03A

^ Sonuçlar ortalama değer ± standart hata olarak verilmiştir.

*Her bir sütunda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,01).

Çizelge 17. Sucuklarda TMAB yükünde meydana gelen değişmelere üretim sıcaklığının, starter kültürün ve üretim süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonucu

Varyans kaynağı	DF	F	P
Üretim sıcaklığı(S)	1	1,46	0,004**
Muamele (starter/kontrol)(M)	3	42,87	0,000**
Üretim süresi(gün)(G)	6	74,92	0,000**
SxM	3	1,11	0,354
SxG	6	1,61	0,162
MxG	18	0,98	0,494
SxMxG	18	0,58	0,903
Hata	56		
Toplam	111		

****P<0,01 düzeyinde önemli.**

Çizelge 18. Sucuklarda LAB yüküne SxM ve SxG interaksiyonlarının etkisini gösteren

Duncan sonuçları

Faktör	n	Sıcaklık	
SxM		20-22^{o}C	24-26^{o}C
Muamele*			
K	14	**5,93±0,53B**	**6,38±0,56C**
S1	14	**7,89±0,23A**	**8,13±0,35A**
S2	14	**7,88±0,30A**	**8,14±0,35A**
S3	14	**7,61±0,27A**	**7,21±0,45B**
Muamele**			
K	14	5,93±0,53B	6,38±0,56A
S1	14	7,89±0,23A	8,13±0,35A
S2	14	7,88±0,30A	8,14±0,35A
S3	14	7,61±0,27A	7,21±0,45B
SxG			
Süre*			
0	**8**	**5,20±0,55A**	**5,08±0,43B**
1	**8**	**6,15±0,60C**	**5,42±0,44D**
2	**8**	**7,25±0,35B**	**7,18±0,49C**
3	**8**	**7,89±0,35A**	**8,39±0,28AB**
5	**8**	**7,99±0,26A**	**8,57±0,13AB**
7	**8**	**8,44±0,13A**	**8,83±0,13A**
9	**8**	**8,39±0,14A**	**8,78±0,16A**
Süre**			
0	**8**	5,20±0,55A	5,08±0,43A
1	**8**	6,14±0,60A	5,42±0,44B
2	**8**	7,25±0,35A	7,18±0,49A
3	**8**	7,89±0,35A	8,39±0,28A
5	**8**	7,99±0,26B	8,57±0,13A
7	**8**	8,44±0,13A	**8,83±0,12A**
9	**8**	**8,39±0,14A**	**8,78±0,57A**

^ Sonuçlar ortalama değer ± standart hata olarak verilmiştir.

*Her bir sütunda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,01).

**Her bir satırda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,01).

Çizelge 19. Sucuklarda TMAB yüküne üretim sıcaklığının, starter kültürün ve üretim süresinin etkisini gösteren

Duncan sonuçları^

Faktör*	**n**	
Sıcaklık		
20-22°C	**56**	**8,20±2,22A**
24-26°C	**56**	**7,56±3,14B**
Muamele		
K	**28**	**6,71±0,20C**
S1	**28**	**8,02±0,18A**
S2	**28**	**7,83±0,21AB**
S3	**28**	**7,67±0,11B**
Üretim süresi (gün)		
0	**16**	**6,13±0,18D**
1	**16**	**6,50±0,12D**
2	**16**	**7,28±0,16C**
3	**16**	**7,80±0,23B**
5	**16**	**8,31±0,14A**
7	**16**	**8,53±0,14A**
9	**16**	**8,45±0,16A**

^ Sonuçlar ortalama değer ± standart hata olarak verilmiştir.
*Her bir sütunda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,01).

Çizelge 20. Sucuklarda LAB yükünde meydana gelen değişmelere üretim sıcaklığının, starter kültürün ve üretim süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonucu

Varyans kaynağı	DF	F	P
Üretim sıcaklığı(S)	1	3,32	0,009**
Muamele (starter/kontrol)(M)	3	138,74	0,000**
Üretim süresi(gün)(G)	6	207,30	0,000**
SxM	3	6,17	0,001**
SxG	6	5,73	0,000**
MxG	18	7,02	0,000**
SxMxG	18	1,13	0,349
Hata	56		
Toplam	111		

****P<0,01 düzeyinde önemli.**

Çizelge 21. Sucuklarda M-S bakteri yükünde meydana gelen değişmelere üretim sıcaklığının, starter kültürün ve üretim süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonucu

Varyans kaynağı	DF	F	P
Üretim sıcaklığı(S)	1	18,63	0,009**
Muamele (starter/kontrol)(M)	3	17,91	0,000**
Üretim süresi(gün)(G)	6	11,01	0,000**
SxM	3	0,53	0,666
SxG	6	2,06	0,072
MxG	18	3,11	0,001**
SxMxG	18	0,45	0,967
Hata	56		
Toplam	111		

****P<0,01 düzeyinde önemli.**

Çizelge 22. Sucuklarda M-S bakteri yüküne sıcaklığın ve MxG interaksiyonunun etkisini

gösteren Duncan sonuçları^

Faktör	**n**				
Sıcaklık	**56**	5,58±0,11B			
	56	5,99±0,09A			
MxG					
		Muamele grupları			
Süre*		**K**	**S1**	**S2**	**S3**
0	**4**	4,67±0,31B	5,83±0,29AB	5,71±0,25A	5,95±0,29BCD
1	**4**	4,70±0,32B	6,70±0,39A	6,09±0,12A	6,69±0,11ABC
2	**4**	5,81±0,30A	6,69±0,13A	6,20±0,24A	7,02±0,13A
3	**4**	5,93±0,15A	5,70±0,27AB	5,93±0,06A	6,81±0,26AB
5	**4**	5,28±0,42AB	5,34±0,50B	5,74±0,09A	6,55±0,3ABC
7	**4**	5,26±0,26AB	4,80±0,16B	5,48±0,25A	5,77±0,32CD
9	**4**	5,62±0,39AB	5,09±0,16B	5,37±0,27A	5,34±0,21D
Süre**					
0	**4**	**4,67±0,31B**	**5,83±0,29A**	**5,71±0,25A**	**5,95±0,29A**
1	**4**	4,70±0,32B	6,70±0,39A	6,09±0,12A	6,69±0,11A
2	**4**	**5,81±0,30B**	**6,69±0,13AB**	6,20±0,25AB	**7,02±0,11A**
3	**4**	5,93±0,15AB	**5,70±0,27B**	**5,93±0,06AB**	**6,81±0,26A**
5	**4**	**5,26±0,26A**	**5,34±0,50B**	5,74±0,09AB	6,55±0,30A
7	**4**	**5,26±0,26A**	**4,80±0,16A**	**5,48±0,25A**	**5,77±0,32A**
9	**4**	**5,62±0,39A**	**5,09±0,16A**	**5,37±0,27A**	**5,34±0,21A**

^ Sonuçlar ortalama değer ± standart hata olarak verilmiştir.
*Her bir sütunda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,01).
**Her bir satırda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,01).

Çizelge 23. Çiğ sucuktaki duyusal özelliklere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisini gösteren varyans analizi sonuçları (bağımsız değişkenlerin ve interaksiyonların P-değerleri)

Duyusal parametre	Varyans kaynağı		
	Üretim sıcaklığı (S)	Muamele(starter/kontrol) (M)	SxM
Koku	0,838	0,046*	0,139
Renk	0,211	0,387	0,043*
Tat	0,232	0,012*	0,008**
Tekstür	0,059	0,000**	0,002**
Genel beğeni	0,073	0,006*	0,016*

***P<0,05; **P<0,01 düzeyinde önemli.**

Çizelge 24. Çiğ sucukta koku özelliğine starter kültürün etkisini gösteren Duncan sonucu^

M*	n	
K	4	7,72±0,18AB
S1	4	8,08±0,03A
S2	4	7,56±0,20B
S3	4	7,47±0,12B

^ Sonuçlar ortalama değer ± standart hata olarak verilmiştir.
*İlgili sütunda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,05).

Çizelge 25. Çiğ sucukta renk özelliğine SxM interaksiyonunun etkisini gösteren Duncan sonucu^

Faktör*	n	Ortalama±SH			
		Sıcaklık			
Muamele		20-22^{o}C	24-26^{o}C		
K	2	7,33±0,11AB	7,28±0,06A		
S1	2	7,39±0,28AB	7,88±0,44A		
S2	2	8,11±0,11A	7,44±0,33A		
S3	2	6,72±0,56B	8,05±0,50A		
		Muamele			
Sıcaklık		K	S1	S2	S3
20-22^{o}C	2	7,33±0,11A	7,39±0,28A	8,11±0,11A	6,72±0,06B
24-26^{o}C	2	7,28±0,06A	7,89±0,44A	7,44±0,33A	8,06±0,50A

^ Sonuçlar ortalama değer ± standart hata olarak verilmiştir.
*İlgili sütunda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,05).

Çizelge 26. Çiğ sucukta tat özelliğine SxM interaksiyonunun etkisini gösteren Duncan sonucu^

Faktör*	n				
		Sıcaklık			
Muamele		20-22°C	24-26°C		
K	2	7,22±0,22AB	7,39±0,17A		
S1	2	8,00±0,11A	8,17±0,17A		
S2	2	8,06±0,06A	7,28±0,28A		
S3	2	6,72±0,06B	7,89±0,33A		
		Muamele			
Sıcaklık		K	S1	S2	S3
20-22°C	2	7,22±0,22A	8,00±0,11A	8,06±0,56A	6,72±0,06B
24-26°C	2	7,38±0,17A	8,17±0,17A	7,28±0,28A	7,89±0,33A

^ Sonuçlar ortalama değer ± standart hata olarak verilmiştir.
*İlgili sütunda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,01).

Çizelge 27. Çiğ sucukta tekstür özelliğine SxM interaksiyonunun etkisini gösteren Duncan sonucu^

Faktör*	n				
		Sıcaklık			
Muamele		20-22°C	24-26°C		
K	2	7,77±0,11A	7,33±0,11A		
S1	2	8,28±0,06A	7,72±0,06A		
S2	2	8,11±0,00A	7,67±0,22A		
S3	2	6,77±0,00B	7,50±0,17A		
		Muamele			
Sıcaklık		K	S1	S2	S3
20-22°C	2	7,78±0,11A	8,28±0,06A	8,11±0,00A	6,78±0,01B
24-26°C	2	7,33±0,11A	7,72±0,06B	7,67±0,22A	7,50±0,17A

^ Sonuçlar ortalama değer ± standart hata olarak verilmiştir.
*İlgili sütunda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,01).

Çizelge 28. Çiğ sucukta genel beğeni özelliğine SxM interaksiyonunun etkisini gösteren Duncan sonucu^

Faktör*	n				
		Sıcaklık			
Muamele		20-22°C	24-26°C		
K	2	7,72±0,06B	7,56±0,11A		
S1	2	8,17±0,06AB	7,61±0,06A		
S2	2	8,39±0,06A	7,39±0,39A		
S3	2	6,72±0,05C	7,33±0,33A		
		Muamele			
Sıcaklık		K	S1	S2	S3
20-22°C	2	7,72±0,06A	8,17±0,06A	8,39±0,06A	6,72±0,06A
24-26°C	2	7,56±0,11A	7,61±0,06A	7,39±0,39B	7,33±0,33A

^ Sonuçlar ortalama değer ± standart hata olarak verilmiştir.
*İlgili sütunda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,05).

Çizelge 29. Pişmiş sucuktaki duyusal özelliklere starter kültürün ve üretim sıcaklığının etkisini gösteren varyans analizi sonuçları (bağımsız değişkenlerin ve interaksiyonların P-değerleri)

Duyusal parametre	Varyans kaynağı		
	Üretim sıcaklığı (S)	Muamele(starter/kontrol) (M)	SxM
Koku	0,078	0,020*	0,028*
Renk	0,034*	0,281	0,098
Tat	0,363	0,045*	0,010**
Tekstür	0,294	0,040*	0,089
Genel beğeni	0,304	0,040*	0,016*

***P<0,05; **P<0,01 düzeyinde önemli.**

Çizelge 30. Pişmiş sucukta koku özelliğine SxM interaksiyonunun etkisini gösteren Duncan sonucu^

Faktör*	n				
		Sıcaklık			
Muamele		20-22°C	24-26°C		
K	2	7,61±0,06B	7,67±0,22BC		
S1	2	8,22±0,11A	7,44±0,22C		
S2	2	8,38±0,17A	8,00±0,11AB		
S3	2	7,94±0,06AB	8,22±0,11A		
		Muamele			
Sıcaklık		K	S1	S2	S3
20-22°C	2	7,61±0,06A	8,22±0,11A	8,39±0,17A	7,94±0,06B
24-26°C	2	7,67±0,22A	7,44±0,22B	8,00±0,11A	8,22±0,11A

^ Sonuçlar ortalama değer ± standart hata olarak verilmiştir.
*İlgili sütunda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,05).

Çizelge 31. Pişmiş sucukta renk özelliğine sıcaklığın etkisini gösteren Duncan sonucu^

Sıcaklık*	n	
20-22°C	8	7,65±0,15B
24-26°C	8	8,07±0,14A

^ Sonuçlar ortalama değer ± standart hata olarak verilmiştir.
*İlgili sütunda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,05).

Çizelge 32. Pişmiş sucukta tat özelliğine SxM interaksiyonunun etkisini gösteren Duncan sonucu^

Faktör*	n		
		Sıcaklık	
Muamele		20-22°C	24-26°C
K	2	7,72±0,06A	8,33±0,22AB
S1	2	8,22±0,11A	7,83±0,06AB
S2	2	8,44±0,22A	7,44±0,33B
S3	2	8,38±0,17A	8,67±0,11A

		Muamele			
Sıcaklık		K	S1	S2	S3
20-22°C	2	7,72±0,06A	8,22±0,11A	8,44±0,22A	8,39±0,17A
24-26°C	2	8,33±0,22A	7,83±0,06A	7,44±0,33B	8,67±0,11A

^ Sonuçlar ortalama değer ± standart hata olarak verilmiştir.
*İlgili sütunda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,01).

Çizelge 33. Pişmiş sucukta tekstür özelliğine starter kültürün etkisini gösteren Duncan sonucu^

M*	n	
K	4	8,08±0,15AB
S1	4	7,58±0,09B
S2	4	7,94±0,13AB
S3	4	8,33±0,29A

^ Sonuçlar ortalama değer ± standart hata olarak verilmiştir.
*İlgili sütunda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,05).

Çizelge 34. Pişmiş sucukta genel beğeni özelliğine SxM interaksiyonunun etkisini gösteren Duncan sonucu^

Faktör*	n				
		Sıcaklık			
Muamele		20-22°C	24-26°C		
K	2	7,89±0,11A	8,50±0,39AB		
S1	2	8,00±0,11A	7,50±0,06C		
S2	2	8,22±0,01A	8,00±0,11BC		
S3	2	8,00±0,11A	8,61±0,06A		
		Muamele			
Sıcaklık		K	S1	S2	S3
20-22°C	2	7,89±0,11B	8,00±0,11A	8,22±0,01A	8,00±0,11B
24-26°C	2	8,50±0,39A	7,50±0,06A	8,00±0,11A	8,61±0,06A

^ Sonuçlar ortalama değer ± standart hata olarak verilmiştir.
*İlgili sütunda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,05).

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Gülşah BİLGE
Doğum Yeri : Kdz. Ereğli
Doğum Tarihi: 23.05.1985
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu: (Kurum ve Yıl)

Lise : Kdz. Ereğli Anadolu Lisesi (1996-2003)
Lisans : Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü (2003-2007)
Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı (2007-200*)

Yayınları (SCI ve Diğer): --