

DONDURARAK DEPOLAMA VE VAKUM AMBALAJLAMANNIN MOTAL PEYNİRİNDE LİPOLİZ VE ORGANİK ASİT DEĞİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Seval Andiç*¹ Yusuf Tunçtürk¹, Hüseyin Genççelep²

¹Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü Van

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Samsun

Geliş tarihi / Received: 02.02.2010

Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 03.05.2010

Kabul tarihi / Accepted: 28.05.2010

Özet

Motal peyniri, ülkemizde üretilen Tulum peyniri çeşitlerinden birisidir. Bu çalışmada iki farklı depolama sıcaklığı (4 ± 1 °C ve -18 ± 1 °C) ve ambalajlama şeklinin (vakum ve normal) 180 günlük depolama süresince Motal peynirinin yağ oranı, lipoliz ve pH değerleri ile organik asit içeriği üzerine etkisi incelenmiştir. Peynir örneklerinin yağ içerikleri uygulamalardan önemli düzeyde etkilenmemiştir. Lipoliz tüm örneklerde depolama süresi boyunca artmıştır. Ancak 4 °C'de depolanan örneklerdeki lipoliz artışı, -18 °C'de depolanan örneklerdeki artıştan çok daha yüksek bulunmuştur ($P<0.01$). Buzdolabında vakumsuz olarak depolanan peynir örneklerinin pH değerleri depolama süresince artarken, diğer örneklerdeki pH değişimi sınırlı kalmıştır. Organik asitler genellikle depolama süresi boyunca artmıştır. Ancak en yüksek artışlar 4 °C'de depolanan vakum ambalajlı örneklerde olmuştur. Motal peyniri örneklerinin sitrik, laktik, formik, asetik ve propiyonik asit içerikleri depolama sıcaklığı tarafından önemli düzeyde ($P<0.05$) etkilenmiştir. Depolama süresi sonunda, bütirik asit dışındaki organik asitlerin ambalajlama şekli tarafından önemli düzeyde ($P<0.05$) etkilendiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Motal peyniri, organik asit, lipoliz

EFFECT OF FROZEN STORAGE AND VACUUM PACKAGING ON CHANGES OF LIPOLYSIS AND ORGANIC ACIDS IN MOTAL CHEESE

Abstract

Motal cheese is one kind of the Tulum cheese produced in Turkey. In this research the effect of two storage temperatures (4 ± 1 °C and -18 ± 1 °C) and two packaging methods (vacuum and non vacuum) on fat content, lipolysis, pH and organic acid contents of Motal cheese were investigated during 180 d-storage time. Fat contents of cheeses were not significantly affected by applications. Lipolysis increased in all samples during storage period. However, increase of ADV in the samples stored at 4 °C was higher than the samples stored at -18 °C ($P<0.05$). While the pH values of the samples stored at refrigerator with non-vacuum packaging increased during storage, changes of pH values of other samples remained limited. In general, organic acids of Motal cheese increased during storage period. However, the highest increase of organic acids was in the samples stored at 4 °C with vacuum packaging. Citric, lactic, formic, acetic and propionic acid contents of Motal cheese were significantly affected ($P<0.05$) by storage temperature. It was determined that packaging methods significantly affected ($P<0.05$) organic acids except butyric acid at the end of storage time.

Keywords: Motal cheese, organic acids, lipolysis

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ sevalandic@yyu.edu.tr ☎ (+90) 432 225 1701 📠 (+90) 432 225 1704

GİRİŞ

Aynı ad altında üretilmesine karşın, farklı yörelerde farklı işleme teknikleriyle üretilen Tulum peynirleri Türkiye'nin önemli peynir çeşitleri arasındadır. Motal peyniri, Muş ve yöresinde üretilen kuru Tulum peyniri çeşitlerinden birisidir. Yapımında çiğ koyun sütünden işlenmiş ve salamura içerisinde 3 ay olgunlaştırılmış Beyaz peynir, çiğ inek sütünden işlenmiş ve salamura içerisinde 3 ay bekletilmiş Çeçil peyniri ve isteğe bağlı olarak da tereyağı kullanılmaktadır. Motal peyniri daha çok Muş ili ve civarında ikamet eden Kafkas kökenli aileler tarafından işlenmektedir (1). İzmir Tulumu hariç, Tulum peynirleri teleminin parçalanarak, işlenmiş keçi ya da koyun derilerine veya son yıllarda olduğu gibi, plastik esaslı ambalajlara boşluk kalmayacak şekilde doldurulmasıyla hazırlanmakta ve yaklaşık 3 ay olgunlaştırıldıktan sonra tüketime sunulmaktadır (2). Kuru Tulum peynirleri doğal karakteristik küflü tat ve aromalarıyla bilinir ve tercih edilirler. Peynirin işleme ve olgunlaşma sürecinde doğal yollarla bulaşan küfler, peynirin olgunlaşma seyrini etkilediği gibi depolama süresinin de çok kısa olmasına neden olmaktadır. Ayrıca kuru tip Tulum peynirleri çiğ süttten işlendiği için olgunlaşma seyri kontrolsüz olarak gerçekleşmekte ve bazen aşırı lipolizden kaynaklanan istenmeyen tat ve aroma kusurları meydana gelebilmektedir. Kuru Tulum peynirleri için belirlenecek uygun üretim ve depolama koşulları, ülkemizde çok sevilerek tüketilen bu peynirin sağlıklı koşullarda uzun süre depolanmasını ve piyasada bulunmasını sağlayacaktır. Ayrıca sınırlı bir sürede elde edilen koyun sütü ile üretilen peynirlerin yıl boyu tüketimde olmasını sağlayacaktır.

Erdoğan ve ark. (3), Erzurum ilinden aldıkları 12 küflü Tulum peyniri örneğinden izole ettikleri küflerin farklı sıcaklıklarda toksin üretebildiklerini bildirmişlerdir. Yine küflü tulum peynirleri üzerinde yapılan bir çalışmada peynirlerde en baskın fungal floranın *Penicillium spp.* olduğu ve *Escherichia coli*, *Salmonella spp.* ve *Staphylococcus aureus* gibi potansiyel patojenler bulunduğu tespit edilmiştir (4). Tulum peynirlerinin mikrobiyal olarak kötü kalitede olmaları üretim, depolama ve satış aşamalarında hijyen kurallarına uyulmaması ve bu aşamalarda olabilecek bulaşmalardan kaynaklan-

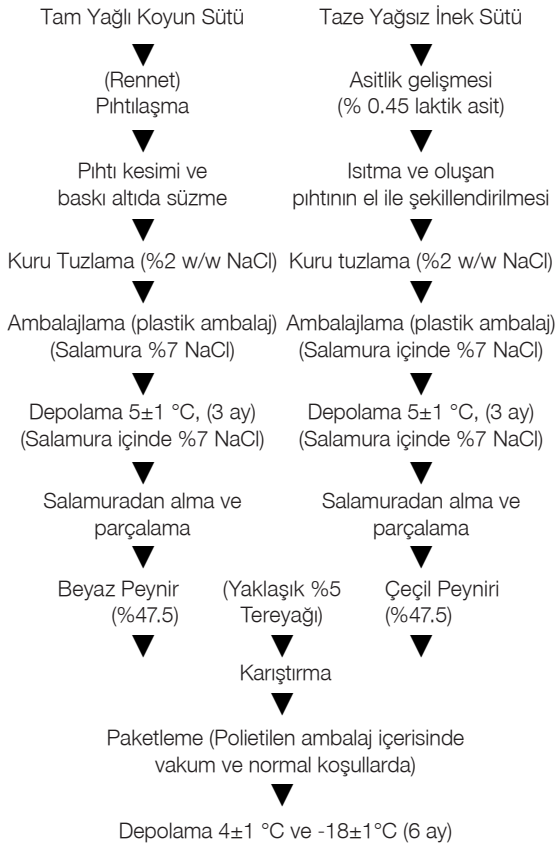
maktadır. Bu nedenle Tulum peynirlerinin uygun koşullarda üretilmesi kadar, depolama koşullarının da iyileştirilmesi gerekmektedir. Kısmen olgunlaştırılmış veya tam olgun bazı peynir çeşitlerinde dondurarak depolama üzerinde çalışılmış ve bazı peynir çeşitlerinde başarılı sonuçlar elde edilmiştir (5 - 8). Bu çalışmanın ilk bölümünde dondurarak depolamanın, Motal peynirinin bazı özellikleri (biyojen aminler, olgunlaşma parametreleri, bazı mikrobiyolojik özellikler) üzerine etkisi araştırılmış ve bu özellikler açısından peynirin güvenli olarak en az 180 gün dondurularak depolanabileceği belirlenmiştir (9).

Süt ürünlerinin tat ve aroması üzerine önemli etkisi olan organik asitler, laktik asit bakterilerinin süt şekerini parçalaması aşamasında oluşan başlıca maddelerdir ve bazı organik asitler peynirin olgunlaşması aşamasında bakteriyel gelişim ve starter aktivitesi için gösterge olarak kabul edilmektedir (10, 11). Park ve Lee (10) dondurma işleminin, yumuşak keçi ve Monterey Jack peynirlerinin çeşitli organik asitlerinin oluşumu üzerine etkili olduğunu ancak, peynirlerin duyuusal özelliklerinde bir farklılığa neden olmadığını bildirmişlerdir. Mozzarella peynirinin tüketilmeden önce 14-21 gün olgunlaştırılması koşuluyla -20 °C'de depolanabileceği bildirilmiştir (12). Bu çalışmada, ön olgunlaşması tamamlanmış Motal peynirinde farklı depolama sıcaklıkları ve ambalajlama şeklinin 180 günlük depolama süresince, organik asit oluşumu, lipoliz, yağ ve pH değişimlerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Çalışma materyalini oluşturan Motal peynirinin yapım aşamaları Şekil 1'de verilmiştir. Hazırlanan Motal peyniri iki kısma ayrılmış, birinci grup polietilen torbalar içinde vakumlu, ikinci grup ise normal olarak ambalajlanmıştır. Vakumlu ve normal ambalajlanan örneklerin yarısı -18±1 °C'de, diğer yarısı ise 4±1 °C'de 180 gün süre ile depolanmıştır. Örneklerde depolamanın 0, 30, 60, 120 ve 180 günlerinde yağ, lipoliz (ADV) pH ve organik asit (bütirik, sitrik, laktik, formik, asetik, propiyonik) analizleri yapılmıştır.



Şekil 1. Motal peynirinin yapım aşamaları

Yöntem

Kimyasal ve Biyokimyasal Analizler

Motal peyniri örneklerinin yağ içeriği AOAC (13) tarafından belirtilen yöntemle, lipoliz değerleri ise BDI metoduna göre belirlenmiş ve ADV (Acid Degree Value) olarak ifade edilmiştir (14). Örnek pH değerlerinin okunmasında Hanna marka pH metre (HANNA Instruments, İtalya) kullanılmıştır.

Organik Asitlerin Belirlenmesi

Organik asit analizlerinde kullanılan standartlar (sitrik, formik, asetik, propiyonik, laktik ve bü-tirik) Sigma firmasından (St. Louis, MO, ABD), kromotografik saflıktaki H_2SO_4 ise Merck firmasından (Darmstadt, Almanya) temin edilmiştir. Standartların ve örneklerin hazırlanmasında Milli-Q su (Bedford, MA, ABD) kullanılmıştır. Organik asitlerin ekstraksiyonunda Bevilacqua

ve Califano (15) tarafından verilen metot modifiye edilerek kullanılmıştır. Yaklaşık 100 g örnek parçalanmış (A-10 Analytical Mill, Tekmar, ABD) ve her bir örnekten 7 g santrifüj tüplerine tartılmıştır. Bu örnekler üzerine 50 ml 0.009 N H_2SO_4 eklenmiş ve homojen hale getirilmiştir (Heidolph Silent Crusher M, Almanya). Daha sonra çalkalayıcı (Heidolph Unimax 1010, Germany) üzerinde 1 saat karışması sağlanmış ve 5 dakika 7000 x g'de santrifüjlenmiştir (Hettich Zentrifugen Universal 32 R, Almanya). Santrifüjde ayrılan sulu kısım önce kaba filtre kâğıdından, daha sonra iki kez 0.45 µm membran filtreden (Millipore Millex-HV Hydrophilic PVDF, Millipore, ABD) süzümüştür. Organik asitler, Bevilacqua ve Califano (15) tarafından verilen yöntem kullanılarak HPLC cihazında (Agilent HPLC 1100 series G 1322 A, Almanya) analize tabi tutulmuştur. HPLC sisteminde Aminex HPX - 87 H, 300 mm x 7.8 mm kolon (Bio-Rad Laboratories, Richmond, CA, ABD), kullanılmış ve cihaz Agilent paket program içeren bilgisayarla kumanda edilmiştir. Sistemdeki detektör 214 ve 280 nm dalga boylarına ayarlanmıştır. Çalışmada mobil faz olarak 0.45 µm membran filtreden geçirilen 0.009 N H_2SO_4 kullanılmıştır. Miktar belirlemeleri, pik alanları kullanılarak harici standart metoduyla yapılmış ve sonuçlar mg/kg olarak belirtilmiştir.

İstatistiksel Analiz

Denemeden elde edilen veriler arasındaki farklılıkları belirlemek için varyans analizi uygulanmıştır. Ortalama değerler Tukey çoklu karşılaştırma testi-ne tabi tutulmuştur (16).

BULGULAR VE TARTIŞMA

İki farklı depolama sıcaklığı ve ambalajlama şeklinin Motal peynirinin yağ, ADV ve pH değişimleri üzerine etkisi Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi, depolama sıcaklığı ve ambalaj şekli farklılığının örneklerin yağ içeriği üzerindeki etkisi önemli bulunmamıştır. Benzer sonuçlar Yılmaz ve ark. (17), tarafından da rapor edilmiştir. Peynir örneklerinin ADV değerleri genel olarak zamana bağlı bir artış göstermiş, ancak 4 °C'de depolanan örneklerdeki artışın -18 °C'de depolanan

örneklerdeki artıştan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. ADV değerlerinin, her dört örnekte de depolamanın 30. gününe kadar istatistiksel olarak farklılık göstermediği, değişimlerin bu süreye kadar sadece depolama süresi bazında önemli düzeyde ($P<0.05$) gerçekleştiği görülmektedir (Çizelge 1). Depolamanın 60 ve 180. günleri arasında ise ADV değerleri hem depolama sıcaklığı ve ambalaj şekline, hem de depolama süresinden önemli ($P<0.05$) düzeyde etkilenmiştir. 4 °C'de depolanan vakum ve normal ambalajlı Motal peyniri örneklerinde depolama sonunda belirlenen ADV değerleri literatür değerlerinden yüksek bulunmuştur (18 - 20). Ancak -18 °C'deki vakum ve normal ambalajlı örneklerin ADV değerlerinin, çiğ inek ve keçi sütünden yapılan Urfa peyniri (18), Feta peyniri (19) ve Motal peyniri (21) için bildirilen ortalama ADV değerlerinden düşük olduğu tespit edilmiştir. Peynirde lipoliz, sütün doğal lipoprotein lipazı, starter veya çiğ süt mikroflorasından kaynaklanan lipaz veya esteraz veya süte ilave edilen pregastrik esterazlar tarafından gerçekleştirilir. Lipoliz, proteolizle birlikte, peynir tat ve aromasının oluşmasında rol alan en önemli biyokimyasal olaydır. İleri derecede lipoliz ransit tada sebep olduğu için, bazı peynir çeşitleri için arzu edilmemektedir (22, 23). Oysa bazı İtalyan peynirlerinde, küflü peynirlerde, mavi damarlı peynirlerde ve keçi sütü peynirlerinde arzulan tipik tat ve aromanın oluşması için lipoliz çok önemlidir (24).

Depolama sonunda, pH değerlerinin, -18 °C'de depolanan peynirlerde başlangıç değerlerine göre bir azalış, 4°C'de depolanan örneklerde ise bir artış gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 1). Benzer olarak, Hayaloğlu ve ark (25) iki farklı işletmede üretilen ve 4-6 °C'de 150 gün depolanan Tulum peynirlerinde pH'nın düzensiz bir değişim gösterdiğini ve depolama sonucunda başlangıç değerlerine göre yükseldiğini bildirmişlerdir. Prados ve ark. (6), dondurarak 9 ay depoladıkları Manchego tipi peynirde pH'nın başlangıç değerlerine göre önemli bir değişim göstermediğini saptamışlardır. Çalışmamızda 4 °C'de depolanan normal ambalajlı örneklerin pH'larındaki önemli artış, bu örneklerde aşırı miktarda küf üretmesi ile açıklanabilir. Peynirde starter olarak kullanılan veya sonradan kontamine olan *Penicillium roqueforti*, *P. camamberti* gibi küfler, hem ortamdaki asidik molekülleri asimile eder ve aynı zamanda salgıladıkları ekstraselüler proteinazlar aracılığı ile α 1 ve β -kazeini parçalayarak tamponlama yapan bileşikler oluşturabilirler (26, 27).

Organik Asitler

İki farklı depolama sıcaklığında (-18 °C ve 4 °C) normal ve vakum ambalaj içinde 180 gün depolanan Motal peynirinde belirlenen organik asitlere (bütirik, sitrik, laktik, formik, asetik ve propiyonik)

Çizelge 1. Farklı depolama sıcaklığı, ambalajlama şekli ve depolama süresinin Motal peynirinin yağ oranları, ADV ve pH değerleri üzerine etkisi (Ort. \pm SS)

Özellik	Depolama sıcaklığı ve ambalaj şekli	Depolama süresi (gün)				
		0	30	60	120	180
Yağ (%)	-18 °C V	19.75 \pm 0.35 ^{aA}	19.75 \pm 0.35 ^{aA}	19.75 \pm 0.35 ^{aA}	20.50 \pm 0.71 ^{aA}	19.00 \pm 0.00 ^{aA}
	-18 °C N	19.50 \pm 0.71 ^{aA}	19.75 \pm 0.35 ^{aA}	19.25 \pm 0.35 ^{aA}	20.50 \pm 0.71 ^{aA}	20.50 \pm 0.71 ^{aA}
	4 °C V	19.25 \pm 0.35 ^{aA}	19.25 \pm 0.35 ^{aA}	20.00 \pm 1.41 ^{aA}	20.25 \pm 0.35 ^{aA}	20.50 \pm 0.71 ^{aA}
	4 °C N	19.50 \pm 0.70 ^{aA}	19.75 \pm 0.35 ^{aA}	20.50 \pm 2.12 ^{aA}	20.25 \pm 0.35 ^{aA}	19.50 \pm 0.71 ^{aA}
ADV (meq/100g yağ)	-18 °C V	3.61 \pm 0.07 ^{aB}	3.79 \pm 0.05 ^{aAB}	4.07 \pm 0.17 ^{bAB}	4.16 \pm 0.16 ^{bAB}	4.37 \pm 0.12 ^{bA}
	-18 °C N	3.66 \pm 0.07 ^{aC}	3.91 \pm 0.09 ^{aBC}	4.01 \pm 0.04 ^{bB}	4.21 \pm 0.01 ^{bAB}	4.49 \pm 0.04 ^{bA}
	4 °C V	3.54 \pm 0.01 ^{aD}	5.13 \pm 0.21 ^{aCD}	8.45 \pm 0.67 ^{aBC}	9.19 \pm 0.15 ^{aAB}	10.31 \pm 0.28 ^{baA}
	4 °C N	3.61 \pm 0.05 ^{aD}	6.26 \pm 0.21 ^{aC}	9.36 \pm 0.34 ^{aBC}	11.29 \pm 0.52 ^{aAB}	13.47 \pm 0.14 ^{aA}
pH	-18 °C V	4.99 \pm 0.08 ^{aA}	4.85 \pm 0.03 ^{aB}	4.89 \pm 0.02 ^{aB}	4.89 \pm 0.04 ^{aB}	4.80 \pm 0.02 ^{aB}
	-18 °C N	4.92 \pm 0.03 ^{aAB}	4.90 \pm 0.04 ^{b^aAB}	4.96 \pm 0.04 ^{b^aCA}	4.91 \pm 0.04 ^{b^aAB}	4.84 \pm 0.01 ^{aB}
	4 °C V	4.86 \pm 0.05 ^{aB}	4.99 \pm 0.03 ^{b^aA}	5.05 \pm 0.03 ^{b^aA}	5.03 \pm 0.02 ^{b^aA}	5.02 \pm 0.01 ^{b^aA}
	4 °C N	4.97 \pm 0.08 ^{aD}	5.35 \pm 0.04 ^{aC}	5.43 \pm 0.04 ^{aC}	6.02 \pm 0.05 ^{aB}	6.35 \pm 0.01 ^{aA}

Açıklama: ^{a-c}: Aynı kolon ve aynı bölümde, farklı harflerle işaretlenmiş örnekler istatistikî olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

^{A-D}: Aynı satırda farklı harflerle işaretlenmiş örnekler istatistikî olarak birbirinden farklıdır

($P<0.05$). SS: standart sapma; V: vakum; N: normal.

ait sonuçlar Çizelge 2, organik asitlere ait geri alım değerleri ise Çizelge 3'te verilmiştir.

Bütirik asit her iki depolama sıcaklığı ve ambalaj şeklinde de depolama süresi boyunca artış göstermiştir. Ancak yalnızca 4 °C'de depolanan, vakum ve normal ambalajlı örneklerdeki bütirik asit artışları istatistiksel olarak ($P<0.05$) önemli bulunmuştur. Soğutucuda depolanan örneklerin 60. güne ait değerleri hariç, her iki depolama sıcaklığında da ambalajlama şeklinin değişimler üzerine istatistiksel olarak önemli bir etki yapmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Çeşitli araştırmacılar Beyaz (28), Monterey Jack ve yumuşak keçi sütü (10, 5) peynirlerinde depolama süresi boyunca bütirik asit miktarının arttığını bildirmişlerdir. Bütirik asit farklı kaynaklardan (süt, starter ve starter olmayan bakteriler) gelen lipaz enzimleri tarafından oluşturulur (29).

Sitrik asit, -18 °C'de depolanan vakum ve normal ambalajlı örneklerde ve 4 °C'de depolanan vakum

ambalajlı örneklerde depolama süresi boyunca istatistiksel olarak önemli bir değişim göstermemiştir. Yalnızca 4 °C'de depolanan normal ambalajlı örneklerin sitrik asit miktarı, depolama süresinden ($P<0.05$) etkilenmiş ve miktarı depolama süresinin başlangıcından 60. güne kadar artmıştır. Bu dönemden sonra bu örnekteki sitrik asit konsantrasyonu hızlı bir şekilde azalarak, 180. günde en düşük değerine gerilemiştir (Çizelge 2). Sitrik asit miktarındaki bu azalış, sitrik asidin laktik asit bakterileri tarafından uçucu aroma bileşenlerine (asetik asit, diasetil, asetoin ve 2,3-butanediol) katabolize edilmesi ile açıklanabilir (27). Yine sitratlar bazı fakültatif heterofermentatif starter olmayan lactobasil türleri tarafından da asetoin, asetat ve diasetile dönüştürülebilmektedir (30). Thomas (31), sitrat miktarının Cheddar peynirinde 6 aylık depolama süresi boyunca azaldığını ve bu azalışın, muhtemelen starter olmayan laktobasiller tarafından meydana getirildiğini bildirmiştir. Monterey Jack ve Beyaz peynirin depolanması aşamasında da

Çizelge 2. Farklı depolama sıcaklığı, ambalajlama şekli ve depolama süresinin Motal peynirinin organik asit içeriği üzerine etkisi (Ort. ± SS)

Organik asit (mg/kg)	Depolama sıcaklığı ve ambalaj şekli	Depolama süresi (gün)				
		0	30	60	120	180
Bütirik asit	-18 °C V	603.4±103.0 ^{aA}	632.1±97.4 ^{aA}	654.6± 61.4 ^{bA}	730.0 ± 123.5 ^{bA}	734.6 ± 125.6 ^{bA}
	-18 °C N	627.6±138.8 ^{aA}	719.5±39.5 ^{aA}	646.3± 46.6 ^{bA}	793.9 ± 29.0 ^{bA}	796.4 ± 51.1 ^{bA}
	4 °C V	578.4±81.9 ^{aC}	952.9±57.1 ^{aBC}	1188.3± 44.9 ^{aBC}	1498.3 ± 47.0 ^{aB}	1649.7 ± 62.8 ^{aA}
	4 °C N	555.9±34.1 ^{aC}	821.5±77.6 ^{aBC}	824.5± 46.3 ^{abBC}	1409.2 ± 9.5 ^{aB}	1858.1 ± 213.5 ^{aA}
Sitrik asit	-18 °C V	145.8±4.0 ^{aA}	129.4±0.4 ^{bA}	121.8± 25.7 ^{bA}	103.1 ± 13.4 ^{aA}	138.8 ± 26.9 ^{abA}
	-18 °C N	134.1±12.6 ^{aA}	129.0±15.7 ^{bA}	146.2±3.2 ^{bA}	105.8±19.3 ^{aA}	144.4±19.0 ^{abA}
	4 °C V	158.53±13.6 ^{aA}	168.2±16.3 ^{bA}	195.2±24.7 ^{bA}	197.7±12.9 ^{bA}	179.7±7.3 ^{bA}
	4 °C N	149.3±12.2 ^{aBC}	250.2±26.4 ^{aAB}	349.3±5.3 ^{aA}	200.7±74.1 ^{aBC}	79.2±12.2 ^{bc}
Laktik asit	-18 °C V	4504.0±967.3 ^{aA}	5419.1±712.8 ^{aA}	4859.0±233.1 ^{bA}	3529.7±121.7 ^{bcA}	5588.8±904.6 ^{aA}
	-18 °C N	5061.7±1527.3 ^{aA}	5162.0±712.8 ^{aA}	4881.8±255.9 ^{bA}	5595.8±1242.2 ^{abA}	5625.3±187.4 ^{aA}
	4 °C V	4322.6±814.6 ^{aB}	4747.8±206.4 ^{aAB}	5956.6±366.8 ^{aAB}	6381.9±270.1 ^{aA}	6221.9±122.7 ^{aA}
	4 °C N	3966.7±325.8 ^{aA}	1871.6±304.7 ^{bB}	2085.7±78.4 ^{cB}	1616.5±115.4 ^{cB}	504.7±222.1 ^{bc}
Formik asit	-18 °C V	104.8±9.7 ^{aA}	103.3±19.9 ^{bA}	30.2±8.4 ^{bB}	25.7±5.5 ^{bB}	59.0±3.0 ^{bB}
	-18 °C N	112.3±28.5 ^{aB}	93.4±29.3 ^{bB}	129.5±22.0 ^{bB}	140.7±18.6 ^{bB}	318.9±34.9 ^{bA}
	4 °C V	145.7±16.2 ^{aB}	1137.7±83.0 ^{aA}	1311.5±159.7 ^{aA}	1164.2±154.2 ^{aA}	1181.6±93.5 ^{aA}
	4 °C N	116.4±18.5 ^{aB}	482.8±175.5 ^{bA}	193.7±35.6 ^{abB}	44.6±26.5 ^{bB}	20.2±28.5 ^{bB}
Asetik asit	-18 °C V	1412.4±133.9 ^{aA}	1155.9±213.2 ^{abB}	1595.4±404.2 ^{bA}	369.0±14.6 ^{bcB}	198.7±22.4 ^{cC}
	-18 °C N	1349.7±446.2 ^{aA}	1054.4±183.0 ^{ba}	1250.0±118.4 ^{ba}	825.6±157.6 ^{ba}	1132.0±108.1 ^{ba}
	4 °C V	1513.3±44.6 ^{aB}	5061.7±119.6 ^{aA}	5100.5±276.1 ^{ba}	4939.3±143.6 ^{aA}	5057.9±216.1 ^{aA}
	4 °C N	1354.1±2 02.4 ^{aA}	1598.1±24.5 ^{ba}	1300.2±197.8 ^{aA}	192.6±59.6 ^{cb}	272.2±213.8 ^{cb}
Propiyonik asit	-18 °C V	70.5±2.1 ^{aA}	79.6±7.6 ^{ba}	94.0±26.0 ^{ba}	84.6±18.8 ^{ba}	126.4±13.7 ^{ba}
	-18 °C N	68.5±16.3 ^{aA}	95.4±30.0 ^{ba}	69.8±5.1 ^{ba}	83.5±42.8 ^{ba}	74.5±30.0 ^{ba}
	4 °C V	86.0±11.0 ^{aC}	279.6±12.8 ^{abC}	378.6±30.6 ^{abB}	541.8±49.3 ^{aA}	517.9±103.7 ^{aA}
	4 °C N	74.4±16.5 ^{aA}	73.4±6.1 ^{ba}	69.5±3.6 ^{abB}	75.6±3.0 ^{ba}	17.3±24.4 ^{bb}

Açıklama: ^{a-c}: Aynı kolon ve aynı bölümde, farklı harflerle işaretlenmiş örnekler istatistik olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$).
^{A-C}: Aynı satırda farklı harflerle işaretlenmiş örnekler istatistik olarak birbirinden farklıdır.
(P<0.05). SS: standart sapma; V: vakum; N: normal.

çalışmamızda elde edilen sonuçlara benzer olarak, sitrik asit miktarında bir azalış olduğu rapor edilmiştir (10, 28). Ambalaj farklılığı, -18 °C'de depolanan örneklerde sitrik asit değişimi üzerine önemli bir etki yapmazken, 4 °C'de depolanan örnekler ambalaj farklılığından önemli derecede etkilenmiştir. Soğutucuda depolanan vakum ambalajlı örneklerde sitrik asit miktarının değişmemesi, ortamda oksijen bulunmamasına, dolayısı ile sitrati metabolize eden laktobasil türlerinin faaliyetlerinin sınırlandırılmasına bağlanabilir (32).

Laktik asit tüm Motal peyniri örneklerinde en baskın organik asit olmuştur (Çizelge 2). Peynir üretiminde temel reaksiyonlardan biri de laktik asit bakterileri tarafından laktozdan laktik asit oluşturulmasıdır. Reaksiyon, karbonhidratların heksoz-difosfat yolu ile pirüvik asite dönüşümü ile başlar ve daha sonra oluşan pirüvik asitten laktik asit meydana gelir (33). Peynirlerde laktik asit oluşumu uygun bir üretimin yapıldığının göstergesi olduğu gibi, aroma oluşması, olgunlaşmanın düzenli olması ve kalitenin devamı için de gereklidir (15, 34). Genelde laktik asit miktarı -18 °C'de depolanan örneklerde süre ve ambalaj farklılığından (120. gün hariç) önemli düzeyde etkilenmemiştir. Ancak 4 °C'de depolanan örneklerde hem depolama süresi, hem de ambalaj farklılığı laktik asit miktarındaki değişimlerde etkili ($P<0.01$) olmuştur. Depolamanın sonunda -18 °C'deki her iki örnek ve 4 °C'deki vakum ambalajlı örnek arasında laktik asit açısından önemli bir fark tespit edilemezken, 4 °C'de depolanan normal ambalajlı örneklerle diğer örnekler arasındaki farkın önemli düzeyde olduğu bulunmuştur ($P<0.05$). Laktik asit konsantrasyonunun 4 °C'de depolanan normal ambalajlı örneklerde olgunlaşma süresi sonunda düşmesi, bu örneklerde yüksek sayıda küf gelişmesine bağlanabilir. Laktat peynir olgunlaşmasında meydana gelen reaksiyonlar için çok önemli bir bileşiktir ve peynirin olgunlaşması aşamasında *Penicillium camamberti* tarafından CO_2 ve H_2O 'ya katabolize edilebilmektedir.

Ayrıca ortamda oksijen varlığı durumunda starter olmayan laktik asit bakterileri özellikle *Pediococcus* spp. tarafından format ve asetata okside edilebilir (33). Bevilacqua and Califano (15) laktik asidin olgun peynirlerde yüksek miktarda bulunduğunu ve konsantrasyonunun çeşitli peynirlerde 1.94 ila 17.4 mg/g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda bulunan laktik asit konsantrasyonları da bu aralıkta bulunmaktadır. Beyaz, Monterey Jack ve keçi sütü peynirlerinde laktik asit, çalışmamızdaki sonuçlara benzer şekilde organik asitler içerisinde en baskın asit olarak bulunmuş ve Monterey Jack ve Beyaz peynirde depolamaya bağlı olarak bir miktar azaldığı tespit edilmiştir (10, 28). Söz konusu çalışmalarda laktik asidin azalma seyri, 4 °C'de depolanan normal ambalajlı Motal peyniri örneklerindeki laktik asit değişimiyle uyum göstermektedir.

Dondurularak depolanan Motal peyniri örneklerinin vakum paketli olanlarında formik asit miktarı 120. güne kadar önemli bir azalış göstermiş, depolama sonunda ise bir miktar artmıştır. Normal ambalajlı örneklerde ise depolama sonunda önemli düzeyde ($P<0.05$) bir artış göstermiştir. 4° C'de depolanan örneklerin formik asit miktarı, vakum ambalajlı olanlarda artış, normal ambalajlı olanlarda ise azalış göstermiştir (Çizelge 2). Monterey Jack peynirinde hem kontrol, hem de dondurulup çözündürülen peynirlerin 28 günlük depolanma aşamasında formik asit miktarı azalmıştır. Benzer sonuçlar Califano and Bevilacqua (35) tarafından da bildirilmiştir. Beyaz peynirle yapılan çalışmada ise formik asit miktarının, depolamanın 60. gününe kadar artış daha sonraki dönemde düşük düzeyde bir azalış seyri gösterdiği tespit edilmiştir (28). Formik asit miktarındaki artış, peynir örneklerinde heterofermantatif laktik asit bakterilerinin bulunması ve laktozdan formik asit üretmesi, miktardaki azalış ise asetil-CoA ile olan dönüşümlü reaksiyon ile açıklanabilir (31, 36).

Asetik asit miktarı, dondurularak depolanan normal ambalajlı örneklerde depolama süresinden etkilenmezken, vakum ambalajlı örneklerdeki miktar, 60. günden sonra önemli düzeyde ($P<0.05$) azalış göstermiştir. Soğutucuda depolanan örneklerdeki asetik asit miktarı ise vakum ambalajlı olanlarda ilk 30 gün içerisinde önemli bir artış göstermiş, daha sonra depolama süresi sonuna kadar, neredeyse konsantrasyonu değişmeden kalmıştır. Normal ambalajlı örneklerde ise 60. güne kadar başlangıçtaki değerini korumuş, bundan sonra ise önemli

Çizelge 3. Organik asitlerin geri alınma yüzdeleri

Organik asit	Geri alma oranı (%)
Formik asit	88.3
Laktik asit	91.5
Asetik asit	90.2
Sitrik asit	87.9
Propiyonik asit	94.3
Bütirik asit	86.4

bir azalış göstermiştir. Depolama sonucunda oluşan değerlere bakıldığında (Çizelge 2) asetik asit miktarlarının depolama sıcaklığı ve ambalajlamadan etkilendiği ($P<0.05$) görülmektedir. Manolaki ve ark. (11), Feta peynirinin olgunlaşması sırasında asetik asit miktarının arttığını bildirmişlerdir. Park ve Lee (10), hem kontrol örneğinde, hem de dondurulduktan sonra çözündürerek depoladıkları Monterey Jack peynirinde asetik asit miktarının arttığını, yumuşak keçi peynirinde ise asetik asit miktarının kontrol grubu örneklerde arttığını, buna karşın dondurulup çözündürülen örneklerde depolama süresince azaldığını tespit etmişlerdir. Asetik asit hem laktik asit bakterilerinin laktoz metabolizması, hem de laktik asit ve sitrik asit metabolizması veya amino asit katabolizması sonucu oluşur (27). Peynirde homofermantatif laktik asit bakterilerinin başlıca ürünleri laktik asit olduğu halde, heterofermantatif laktik asit bakterileri laktik asidin yanı sıra önemli düzeyde asetik asit ve diğer bileşenleri de oluştururlar (2, 37)

Motal peyniri örneklerinin dondurularak depolanana her iki grubundaki propiyonik asit miktarlarında zamana bağlı olarak önemli olmayan bir artış olduğu tespit edilmiştir. Yine bu grup örneklerde ambalajlama farklılığı önemli bir değişim meydana getirmemiştir. Park ve Drake (38), dondurularak depolanan yumuşak keçi sütü peynirinde depolanmanın 3. ayından sonra propiyonik asit miktarının arttığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada soğutucuda depolanan örneklerden vakum ambalajlı olanlarda, propiyonik asit miktarı zamana bağlı önemli seviyede artış göstermiş, normal ambalajlı örneklerde ise depolama sonunda başlangıç değerine göre ($P<0.05$) bir azalış tespit edilmiştir. Bu grup örneklerde ambalajlama farklılığı propiyonik asit değişimlerini önemli düzeyde ($P<0.05$) etkilemiştir. Park ve Lee (10), 28 gün depolanan Monterey Jack ve yumuşak keçi sütü peynirinde propiyonik asit miktarının başlangıç değerine göre azaldığını tespit etmişlerdir. Propiyonik asit, başlıca Propionibacterium cinsi bakteriler tarafından glukozun fermentasyonu sonucu oluşturulur (37).

SONUÇ

Tulum peynirleri ülkemizde çok sevilen bir peynir çeşidi olmasına rağmen, mikrobiyal bozulmalar nedeniyle kısa süre depolanabilmekte ve yılın belli sürelerinde (özellikle kışın) tüketilebilmektedir. Bundan dolayı, bu peynir çeşidinde raf ömrünün

uzatılması büyük önem arz etmektedir. Yapılan bu çalışma sonucunda dondurularak depolanan Motal peynirinde enzimatik faaliyetlerin sınırlı bir şekilde devam ettiği, ancak bu reaksiyonların peynirin başlangıçtaki karakteristik özelliklerini etkileyecek düzeyde olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca, dondurularak depolanan Motal peyniri örneklerinde sınırlı düzeyde ADV artışı olduğu ve buna bağlı olarak aşırı lipolizden kaynaklanan istenmeyen ransit tadın da önlenebileceği görülmüştür. Vakum ambalajlamanın da, peynirin incelenen özelliklerinin korunmasında kısmen yararlı olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak, incelenen özellikler açısından, dondurularak depolamanın bu peynir çeşidi için en az 180 gün süreyle uygun olduğu, böylece peynirin bozulmadan, uzun bir raf ömrüne sahip olabileceği söylenebilir.

Teşekkür

Bu çalışma Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından desteklenen 2006-ZF-YTR.36 nolu projenin bir bölümüdür.

KAYNAKLAR

1. Andiç S. 1999. Farklı Depolama sıcaklığı ve ambalaj materyali ve üretim metodunun Motal peynirinin bileşim ve kalitesine etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Van, Türkiye, 85 s.
2. Üçüncü M. 2004. A'dan Z'ye Peynir Teknolojisi. Cilt-I. Meta Basım Matbaacılık, İzmir, Türkiye, 544 s.
3. Erdoğan A, Gürses M, Sert S. 2003. Isolation of moulds capable of producing mycotoxins from blue mouldy Tulum cheeses produced in Turkey. *Int J Food Microbiol*, 85: 83–85.
4. Hayaloğlu AA, Kırbağ S. 2007. Microbial quality and presence of moulds in Kufllu cheese. *Int J Food Microbiol*, 115: 376–380.
5. Park YW, Lee JH, Arora KL. 2004. Effect of six months prolonged frozen-storage on changes in organic acid composition of plain soft goat milk cheese. *S Afr J Anim Sci*, 34 (Supplement 1).
6. Prados F, Antonio P, Rincón F, Vioque M, Fernández-Salguero J. 2006. Influence of the frozen storage on some characteristics of ripened Manchego-type cheese manufactured with a powdered vegetable coagulant and rennet. *Food Chem*, 95: 677–682.
7. Tejada L, Gómez R, Vioque M, Sánchez E, Mata C, Fernández-Salguero J. 2000. Effect of freezing and frozen storage on the sensorial characteristics of Los Pedroches, a Spanish ewe cheese. *J Sensory Stud*, 15: 251–262.

8. Tejada L, Sánchez E, Gómez R, Vioque M, Fernández-Salguero J. 2002. Effect of freezing and frozen storage on chemical and microbiological characteristics in sheep milk cheese. *J Food Sci*, 67: 126–129.
9. Andiç S, Gençcelep H, Tunçtürk Y, Köse Ş. 2010. The effect of storage temperatures and packaging methods on properties of Motal cheese. *J Dairy Sci*, 93: 849-859.
10. Park YW, Lee JH. 2006. Effect of freezing on organic acid contents and lipolytic index of plain soft and Monterey Jack goat milk cheeses. *Small Ruminant Res*, 63: 58–65.
11. Manolaki P, Katsiari MC, Alichanidis E. 2006. Effect of a commercial adjunct culture on organic acid contents of low-fat Feta-type cheese. *Food Chem*, 98: 658-663.
12. Bertola NC, Califano AN, Bevilacqua AE, Zaritzky NE. 1996. Effect of freezing conditions on functional properties of low moisture Mozzarella cheese. *J Dairy Sci*, 79: 185-190.
13. AOAC, 1995. Official Methods of Analysis. 15th Edition, Washington DC, USA.
14. IDF. 1991. Routine methods for determination of free fatty acids in milk. Bulletin of the IDF, No: 265 p: 20-32.
15. Bevilacqua AE, Califano AN. 1989. Determination of organic acids in dairy products by high performance liquid chromatography. *J Food Sci*, 54: 1076–1079.
16. SPSS 1999. SPSS software, version 10.0, Chicago, IL
17. Yılmaz G, Ayar A, Akın N. 2005. The effect of microbial lipase on the lipolysis during the ripening of Tulum cheese. *J Food Eng*, 69: 269–274.
18. Atasoy AF, Türkoğlu H. 2009. Lipolysis in Urfa cheese produced from raw and pasteurized goats' and cows'milk with mesophilic or thermophilic cultures during ripening. *Food Chem*, 115: 71–78.
19. Georgala A, Moschopoulou E, Aktypis A, Massouras T, Zoidou E, Kandarakis I, Anifantakis E. 2005. Evolution of lipolysis during the ripening of traditional Feta cheese. *Food Chem*, 93: 73–80.
20. Mallatou H, Pappa E, Massouras T. 2003. Changes in free fatty acids during ripening of Teleme cheese made with ewes', goats', cows' or a mixture of ewes' and goats' milk. *Int Dairy J*, 13: 211–219.
21. Coşkun H, Andiç S, Öztürk B. 1998. Motal peynirinin yapılışı ve özellikleri üzerine bir araştırma. Gıda Mühendisliği Kongresi, 16-18 Eylül, Gaziantep, Türkiye, 309-315.
22. Molimard P, Spinnler HE. 1996. Compounds involved in the flavor of surface mold-ripened cheeses: origins and properties. *J Dairy Sci*, 79: 169-184.
23. Fox PF, Wallace JM. 1997. Formation of flavor compounds in cheese, *Adv Appl Microbiol*, 45: 17–85.
24. Beuvier E, Buchin S. 2004. Raw Milk Cheeses. In: *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, Fox PF, McSweeney PLH, Cogan TM, Guinee TP (chief ed), Volume 1, Third Edition, Academic Press, UK, pp. 319-345.
25. Hayaloğlu AA, Çakmakçı S, Brechany EY, Deegan KC, McSweeney PLH. 2007. Microbiology, biochemistry, and volatile composition of Tulum cheese ripened in goat's skin or plastic bags. *J Dairy Sci*, 90: 1102–1121.
26. Walstra P, Geurts TJ, Nooten A, Jellema A, Van Boekel MAJS. 1999. *Dairy Technology: Principles of Milk, Properties and Processes*. Marcel Dekker, Inc. New York-Basel, USA, 726 p.
27. McSweeney PLH, Sousa MJ. 2000. Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review. *Lait*, 80: 293-324.
28. Akalın AS, Gönç S, Akbaş Y. 2002. Variation in organic acids content during ripening of pickled White cheese. *J Dairy Sci*, 85: 1670–1676.
29. Buffa M, Guamis B, Saldo J, Trujillo AJ. 2004. Changes in organic acids during ripening of cheeses made from raw, pasteurized or high-pressure-treated goats' milk. *Lebensm-Wiss Technol*, 37:2, 247-253.
30. Palles T, Beresford T, Condon S, Cogan TM. 1998. Citrate metabolism in *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus plantarum*. *J Appl Microbiol*, 85: 147-154.
31. Thomas TD. 1987. Acetate production from lactate and citrate by non-starter bacteria in Cheddar cheese. *NZ J Dairy Sci Technol*, 22: 25-38.
32. Collins YF, McSweeney PLH, Wilkinson MG. 2004. Lipolysis and Catabolism of Fatty Acids in Cheese. In: *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, Fox PF, McSweeney PLH, Cogan TM, Guinee TP (chief ed), Volume 1, Third Edition, Academic Press, UK, pp. 373-389.
33. McSweeney PLH, Fox PR. 2004. Metabolism of Residual Lactose and of Lactate and Citrate. In: *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, Fox PF, McSweeney PLH, Cogan TM, Guinee TP (chief ed), Volume 1, Third Edition, Academic Press, UK, pp. 361-371.
34. Wong NP. 1974. Cheese Chemistry. In: *Fundamentals of Dairy Chemistry*, Webb BH, Johnson AH, Alford JA (chief ed), The Avi Publishing Company, USA, pp. 719-752.
35. Califano AN, Bevilacqua AE. 1999. Freezing low moisture Mozzarella cheese: changes in organic acid content. *Food Chem*, 64: 193-198.
36. Marth EH. 1974. Fermentations. In: *Fundamentals of Dairy Chemistry*, Webb BH, Johnson AH, Alford JA (chief ed), The Avi Publishing Company, USA, pp. 772-872.
37. Metin M. 2001. Süt Teknolojisi: Sütün Bileşimi ve İşlenmesi. 4. Baskı, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, Türkiye, 795 s.
38. Park YW, MA. Drake. 2005. Effect of 3 months frozen-storage on organic acid contents and sensory properties, and their correlations in soft goat milk cheese. *Small Ruminant Res*, 58: 291–298.