



ACI TAT ALGILANMA MEKANİZMASI, SÜT ÜRÜNLERİNDE PEPTİT KAYNAKLI ACILIĞIN GİDERİLMESİ VE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

Hacer Gürkan*, Ali Adnan Hayaloğlu

İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye

Geliş / Received: 19.11.2019; Kabul / Accepted: 22.02.2020; Online baskı / Published online: 13.03.2020

Gürkan, H., Hayaloğlu, A.A. (2020). Acı tat algılanma mekanizması, süt ürünlerinde peptit kaynaklı acılığın giderilmesi ve güncel yaklaşımlar. *GIDA* (2020) 45(2) 299-314 doi: 10.15237/gida.GD19151

Gürkan, H., Hayaloğlu, A.A. (2020). Bitter taste perception mechanism, removal of bitterness caused by peptide in dairy products and current approaches. GIDA (2020) 45(2) 299-314 doi: 10.15237/gida.GD19151

ÖZ

Protein bakımından zengin gıdaların hidrolizasyona uğraması sonucu acı tattan sorumlu peptitler oluşabilmektedir. Acılık algısı, acı tat reseptörlerinin uyarılması ve sinir sistemi ile beyne gönderilen sinyalin yorumlanması ile oluşmaktadır. Süt ürünleri çoğu zaman acı peptitlerle karakterize edilmektedir. Yapılan çalışmalarda peynirde tanımlanan acı peptitlerin genellikle α_{s1} - ve β -kazein kaynaklı olduğu belirtilmiştir. Protein hidrolizatlarının acı tat yoğunluğu peptitin hidrofobitesine, hidrofobik amino asit sayısına ve zincir uzunluğuna bağlı olarak değişmektedir. Peynirlerde olgunlaşmayı hızlandırırken, acı tat kusurlarının oluşumunu engellemek için son zamanlarda aminopeptidaz, karboksipeptidaz ve starter kültürle birlikte yardımcı kültürlerin yer aldığı metotlar kullanılmaktadır. Bu derlemede; acı peptitlerin oluşumu ve algılanma mekanizması açıklanmış ve acılık giderme yöntemleri ile ilgili güncel çalışmalar sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Acı peptit, kazein, starter kültür, proteoliz, kimozin.

BITTER TASTE PERCEPTION MECHANISM, REMOVAL OF BITTERNESS CAUSED BY PEPTIDE IN DAIRY PRODUCTS AND CURRENT APPROACHES

ABSTRACT

Peptides responsible for bitter taste may form, as a result of the hydrolysis of protein-rich foods. The perception of bitterness is formed by the stimulation of bitter taste receptors and the interpretation of the signal sent to the brain through the nervous system. Dairy products are often characterized by bitter peptides. In studies conducted, it has been stated that the bitter peptides identified in cheese are generally originated from α_{s1} - and β -casein. The bitter taste intensity of protein hydrolysates varies depending on the hydrophobicity of the peptide, the number of hydrophobic amino acids and its the chain length. While accelerating ripening in cheeses, methods including aminopeptidase, carboxypeptidase and adjunct cultures with starter culture have been used recently to prevent the formation of bitter taste defects. In this review; the formation and perception mechanism of bitter peptides has been explained and current studies on bitter removal methods have been presented.

Keywords: Bitter peptide, casein, starter culture, proteolysis, chymosin.

* Yazışmalardan sorumlu yazar/Corresponding author:

✉ hcgur@hotmail.com

☎ (+90) 422 377 4802

☎ (+90) 422 341 0046

Hacer Gürkan; ORCID no: 0000-0003-3529-5710

Ali Adnan Hayaloğlu; ORCID no: 0000-0002-4274-2729

GİRİŞ

Protein; karbon, hidrojen, oksijen, azot ve genellikle sülfür içeren peptit bağlantılarındaki amino asit kombinasyonlarından oluşan karmaşık bir organik yapı olarak tanımlanmaktadır (Dorian, 1978). Gıdalardaki proteinlerin en önemli fonksiyonu, gıda maddelerinin kendine özgü karakteristik yapısını sağlamak ve/veya stabilize etmektir (Foegeding ve Davis, 2011). Ayrıca gıda proteinleri, daha fonksiyonel veya besleyici ürünlere enzimatik dönüşüm için iyi bir substrat kaynağıdır (Aluko, 2017). Son zamanlarda tüketilen gıdaların sağlıklı yaşam sürdürmede etkili olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle tüketicilerin besleyici gıda kaynaklarına taleplerini artırması, gıda bileşiminde bulunan proteinlerin türevi olan biyoaktif peptitlerin önemini artırmıştır (Mohan vd., 2015).

Biyoaktif peptitler, proteinlerin enzimatik proteolizi (gastrointestinal sindirim, proteolitik enzimler kullanılarak *in vitro* hidroliz) sırasında ve ayrıca gıda işleme (pişirme, fermentasyon, olgunlaşma) sırasında açığa çıkabilmektedir (Bhopale, 2016; Daliri vd., 2017). Biyoaktif peptitler hipertansiyon, diyabet, obezite ve hatta kanser gibi metabolik bozuklukların etkin bir şekilde yönetimi için ilaçlara karşı doğal terapötik alternatif olarak önerilmiştir. Protein hidrolizi, istenen fonksiyonel veya biyoaktif özelliklere sahip peptitler açığa çıkaracak şekilde düzenlenebilmekte, ancak aşırı ve kontrolsüz hidroliz sonucu arzu edilmeyen lezzette, acı tada sahip peptitler oluşabilmektedir (Aluko, 2017; Aryee vd., 2018; Meng vd., 2018). Normalde, proteinlerin tatsız olduğu kabul edilmekte (Solms, 1969) ancak, bazı enzimlerle proteolize uğraması sonucu açığa çıkan hidrolizatların acı tat verdiği belirtilmiştir (Aluko, 2017). Acı peptit oluşumunda kazein birincil derecede öneme sahiptir (Guigoz ve Solms, 1976). Bu nedenle acı peptitlerin, çoğunlukla süt ürünlerinden izole edildiği belirtilmektedir (Aluko, 2017).

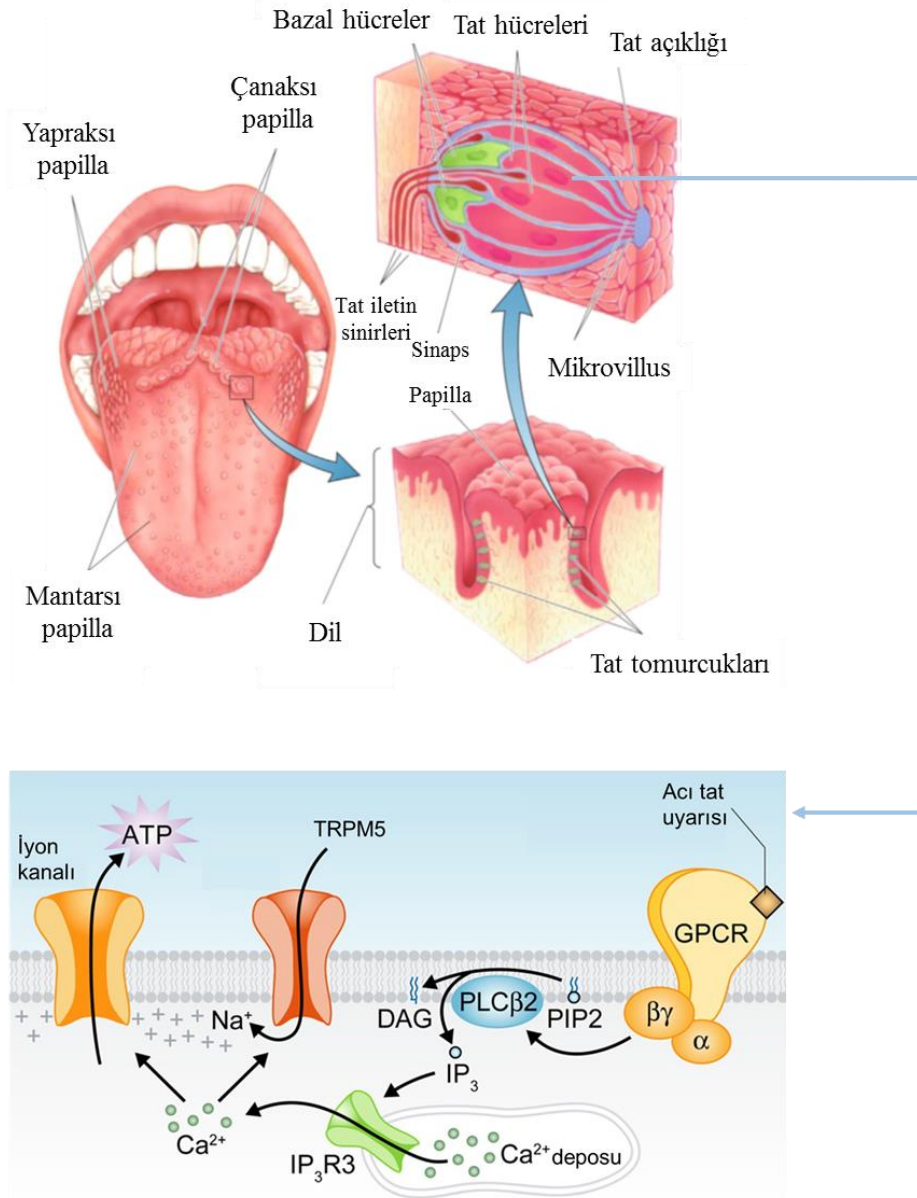
Bu derlemede; acı peptitlerin oluşumu ve algılanma mekanizması, acılık giderme yöntemleri ile süt ürünlerinde yapılan güncel acı peptitler ile ilgili çalışmalar sunulmuştur.

ACI TADIN ALGILANMA MEKANİZMASI

Gıda seçimini ve dolayısıyla beslenme durumunu ve sağlığı önemli derecede etkileyen tat algısı, bireyler arasında büyük ölçüde farklılık göstermektedir (Melis ve Barbarossa, 2017). Tat, dilin yüzeyinde ve ağız ile boğazın dile yakın bölgelerinde bulunan tat tomurcukları ile tat veren bileşiğin sudaki çözeltisinin teması geçmesi ile algılanmaktadır (Karadeniz, 2000). Dil yüzeyine dizilmiş durumda bulunan tat tomurcukları sayısı itibari ile yaş ilerlemesine bağlı olarak azalış göstermekte ve bu sayı bir insanda 4000 ile 9000 arasında değişebilmektedir (Batu, 2017). Tat tomurcukları, tat duyusuna aracılık eden reseptörler içeren dil yüzeyinde bulunan yapılardır (Vummaneni ve Nagpal, 2012). Her bir tat tomurcuğu 50-100 adet tat hücresi içermekte ve her bir hücrenin tepe noktasında tat reseptörleri yer almaktadır (Kazaz vd., 2019). Ancak insanlarda, tat tomurcuklarındaki TAS2R gen ailesinin 25 üyesi acı tat reseptörleri olarak işlev görebilmektedir. Tat algılama yapısı ve tat reseptörlerindeki acı tadın algılanma mekanizması Şekil 1'de gösterilmiştir. Acı tat veren bileşikler, dilin yan ve arka yüzeylerinde foliat ve sirkumvallat papilla içindeki reseptörlerle etkileşime girdiğinde algılanmaktadır (Kim vd., 2014; Fábrián vd., 2015). Acı tadın algılanması, acıyı ortaya çıkaran bileşiklerin tat reseptör hücrelerinin apikal yüzeyindeki tat gözeneginden çıkıntı yapan reseptörlere bağlandıklarında, G proteinine bağlı bir reseptör sınıfı olan GPCR'lerin aktivasyonuna ve ardından $G_{\beta\gamma}$ -alt ünitesinin $G_{\alpha\beta\gamma}$ -hetetrimirik reseptöründen serbest bırakılmasına yol açan kademeli bir sinyal iletimi oluşturduğunda meydana gelmektedir. $G_{\beta\gamma}$ -alt ünitesinin serbest bırakılması ile hücre içi inositol trifosfat (IP_3) ve diaçilgliserol (DAG) üreten fosfolipitler, fosfotidil inositol 4,5-bisfosfat (PIP_2)'ın parçalanmasına yol açan fosfolipaz C ($PLC-\beta_2$)'ı aktive etmektedir. Artan inositol-1,4,5- trifosfat (IP_3) seviyeleri, IP_3 reseptörlerini uyarır ve hücre içi Ca^{+2} depolarının salınımını tetiklemektedir. Buradan, geçici reseptör potansiyel katyon kanalının (TRPM5) aktivasyonu meydana gelmekte, bu da Na^+ akışına ve ardından reseptör hücre depolarizasyonuna neden olmaktadır. Elde edilen bu bilgi daha sonra

nörotransmitterlerin salgılandığı çıktı hücrelerine, yani adenosin trifosfat (ATP)'a iletilmektedir. Nörotransmitterlerin sinir liflerine salınması ile kimyasal sinyali beyindeki bilgi işlem merkezlerine taşıyan bir aksiyon potansiyeli oluşmaktadır. Buradan, beynin limbik sistemi sinyali yorumlamakta ve acı lezzetin kalitesi ve yoğunluğu bilişsel olarak algılanmaktadır (Gaudette ve Pickering, 2013). Sonuç olarak, tat reseptör

hücreleri, dilin yüzeyinde herhangi bir tat maddesi tarafından uyarıldığında tat hücrelerinin içi ve dışı arasındaki mevcut elektrik yükü değişmektedir. Bu değişim ise bir elektriksel sinir impulsu olarak sinirlere iletilerek beyne ulaştırılmakta ve beyinde tat duygusu oluşmaktadır (Müşoğlu ve Hayoğlu, 2005).



Şekil 1. Tat algılama yapısı ve mekanizması (Chaudhari ve Roper, 2010; Wu vd., 2014)

PEPTİT KAYNAKLI ACILIĞIN GİDERİLMESİ VE KONTROL YÖNTEMLERİ

Genellikle acılık giderme işlemine acılık veren peptitlerin seviyesini azaltıcı yöntemler ile yaklaşmıştır. Herhangi bir peptitin acılığını azaltmak için uygulanan yöntemlerden biri, enzimatik hidroliz ile üretilen protein hidrolizatının enzimler ile daha ileri derecede hidrolizidir. Bu işlem, oldukça etkili bir yöntem olmasına rağmen, ilave enzimlerin gerekliliği nedeniyle maliyetlidir. Ayrıca, ileri derece hidrolizasyona bağlı olarak ilk etapta oluşabilecek aktif peptitlerin özelliklerinin yanlışlıkla kaybolması riskini de taşımaktadır (Chakrabarti vd., 2018). Başka bir yöntem ise, acı peptitleri jel ayırma, alkol ekstraksiyonu, silika jel üzerinde kromatografi ve izoelektrik çökeltme gibi bir veya daha fazla teknik içeren kompleks bir karışımdan "elemek" olmuştur. Ancak bu yöntemlerin her birinin yararları olsa da, zaman ve masraf açısından ticari bir üretim programında yer bulamamıştır. Alternatif bir başka yaklaşım ise, çeşitli şekerler, tuzlar ve nükleotitler gibi tat değiştirici ajanların ilavesi yapılarak elemeyi denemek yerine, rahatsız edici tadı değiştirmek, modüle etmek veya maskeleyen olmuştur (Stepaniak, 2004; Chakrabarti vd., 2018). Acı tadın maskelenmesine katkıda bulunan yöntemlerden biri deaminasyon işlemidir. Bu işlem ile spesifik enzimler tarafından amino grupları uzaklaştırılmakta ve umami tat veren peptitlerin artışı söz konusu olmaktadır (Chakrabarti vd., 2018). Biyo-bazlı yöntemler arasında ise, özellikle aminopeptidazlar ve karboksipeptidazları kapsayan proteolitik enzimler ve acı peptitlerin hidrolizini gerçekleştirerek acı peptitlerin kısaltılmasını sağlayan proteinazlar içermektedir (Saha ve Hayashi, 2001). Peynirin olgunlaşma süresini kısaltmak ve acılık ile doku kusurlarını önlemek için, kademeli bir enzim salınımı gereklidir. Peynir matrisinde lipozom içeriğinin kademeli olarak serbest bırakılması, serbest enzimlerin neden olduğu acılığın önüne geçebilmektedir (Mohammadi vd., 2015).

Süt ürünlerindeki acılık, starter veya yardımcı mikrofloranın seçilmesiyle giderilebilmekte veya kontrol edilebilmektedir (Stepaniak, 2004). Laktik

asit bakterilerinin çoğunda ekzo-peptidaz aktivitenin tespit edilmiş ve bu mikroorganizmalar acı tadın giderilmesiyle ilişkilendirilmiştir (Widyastuti vd., 2014). *Lactobacillus bulgaricus* peynirde dipeptidaz aktivitesinin artışı sağlamakta ve bu aktiviteye bağlı olarak acı peptitlerin parçalanması sağlanmaktadır. Bu nedenle Cheddar peyniri ve diğer peynirlerde acı tadı azaltmak için mezofilik starterler ile *Lactobacillus bulgaricus* yardımcı kültür olarak eklenebilmektedir (Teixeria, 2014). Bazı *Lactobacillus* spp. türleri, özellikle *Lb. casei*, güçlü bir acılık giderme aktivitesindeki enzim sistemine sahip olan starter olmayan mikroorganizmalardır. Ayrıca *Pseudomonas fluorescens*'ten gelen proteinaz ve aminopeptidaz da acılık giderme aktivitesi gösterdiği belirtilmektedir (Stepaniak, 2004). Camembert tipi küflü peynirlerin olgunlaşması sırasında *Penicillium camemberti* ve *Geotrichum candidum* sinerjistik bir proteolitik aktivite göstermektedir. *P. camemberti*, acı tat veren hidrofobik peptitler üretme eğilimindedir, ancak *G. candidum*'un aminopeptidazları ile bu peptitler hidrolize uğramakta ve acı tat azalabilmektedir (Desmaures, 2014; Grygier vd., 2017; Krisch vd., 2015). Proline özü endo ve ekzo-peptidazlar, peynirin olgunlaştırılmasında ya da acılığın giderilmesinde ya prolin içeren genellikle acı olan peptitlerin parçalanması ya da prolin çıkarılarak peptitlerin diğer peptidazların etkisine erişilebilir olmasını sağlaması ile önemli rol oynamaktadır. Prolin içeren dipeptitler acı tat vermektedir. PepN, PepP ve PepX tipleri olan aminopeptidazlar ve karboksipeptidazlar süt proteini hidrolizatları, peynirler ve enzimle modifiye edilmiş peynirler için etkili bir acılık giderme maddesi olarak kabul edilmektedir (Stepaniak, 2004). Üretim aşamasında uygulanan işlemler de ürünün acı tadı üzerinde etki göstermektedir. Isıtma ve dondurma/çözündürme işlemleri *Lactobacillus helveticus* CNRZ 32'un hücre içi peptidazlarının hızlı bir şekilde salınımına yol açar ve böylece peynir ortamına geçen bu enzimler acı peptitlerin giderilmesinde katkıda bulunabilmektedir (Yarlagadda, 2014).

Hücre dışı proteinaz acı tattaki α_1 -kazein f1-9 ve β -kazein f193–209'i, hücre içi aminopeptidaz ise

sentetik acı peptitleri degradasyona uğratabilmektedir (Stepaniak, 2004; Yarlagadda, 2014; Widyastuti vd., 2014). Peynir olgunlaşması sırasında, peptidazlar sekonder proteolizden, yani plazmin veya kimoziin tarafından açığa çıkan peptitlerin parçalanmasından, acılık gidermeden ve serbest amino asitlerin üretilmesinden sorumlu tutulmaktadır (Stepaniak, 2004). Sığır pankreasından elde edilen bir ekzopeptidaz olan karboksipeptidaz A, peptit zincirinin C-terminal uçlarındaki hidrofobik amino asitleri uzaklaştırarak acılığı gidermektedir. Bu enzim, protein bileşenleri hidrofobik amino asitler bakımından zengin olan süt endüstrisinde, acılığın giderilmesinde önem arz etmektedir (Cacicedo vd., 2019). Peynir üretiminde kullanılan deve kimoziininin α - ve β -kazeinleri hidrolize edebilmesi ve α ₁-kazeindeki Leu₁₉₂-Tyr₁₉₃ bağıını parçalaması ve β -kazein kaynaklı f193-209 fragmanını açığa çıkarması sonucu peynirde acı tat oluşumu söz konusu olabilmektedir. Ancak süt pıhtılaşma aktivitesinin genel proteolitik aktiviteye oranı bakımından deve kimoziininin sığır kimoziinine göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Böylece peynir üretiminde daha düşük dozda deve kimoziini kullanımı mümkün olabilmektedir. Deve kimoziininin kullanımıyla daha sert yapıda ve daha az acılıkta peynirlerin üretildiği saptanmıştır. Bu nedenle acı tat kusuru meydana gelmeden peynir üretimi için sığır kimoziini yerine deve kimoziininin kullanımı önerilmiştir (Ghnimi ve Kamal-Eldin, 2015; Børsting vd., 2014). Ayrıca sprey kurutma yoluyla peynir altı suyu protein hidrolizatının sodyum aljinat karışımıyla mikrokapsüllemesi ile acılığın giderilmesi mümkün olabilmektedir (Ma vd., 2014). Favaro-Trindade vd. (2010), püskürtmeli kurutma işleminin peptitlerin sudaki çözünürlüklerini düşürücü etkide bulunduğunu ve bu durumun da acı tadın maskelenmesine neden olduğunu belirtmiştir. Son zamanlarda yapılan bir araştırma, sığır proteini hidrolizatlarından spesifik peptitlerin acı tat reseptörü T2R4'ü bloke edebileceğini ve sadece acıyı maskeleyebildiğini göstermiştir (Chakrabarti vd., 2018).

SÜT ÜRÜNLERİNDE YAPILAN GÜNCEL ACI PEPTİT ÇALIŞMALARI

Acılık, dilin arkasına doğru algılanan bir tat hissidir ve peynir, fermente sütler ve kazein hidrolizatları dahil süt ürünleri ile ilişkili bir tat kusurudur. Peynirdeki birçok bileşik, acı bir tada sahip olmasına rağmen peynirdeki acı tat kusurunun, aşırı hidrofobik peptitlerin birikmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Süt ürünlerinde tanımlanan peptitler ve bu peptitlere ilişkin bazı özellikler Çizelge 1'de verilmiştir. Bir peptitin acılığı, ortalama hidrofobisiteye bağlı olduğu gibi hidrofobik amino asit kalıntılarının peptit zinciri boyunca dağılımına da bağlıdır. Kazeinlerin, nispeten hidrofobik proteinler oldukları göz önüne alındığında bu durum peynir için önem arz etmektedir. Acılık, genellikle kısa zincirli hidrofobik peptitler ile ilişkilendirilmektedir. Nispeten hidrofobik olsalar bile, daha büyük peptitler aynı hidrofobisite değerindeki kısa bir peptitten daha az acı olarak algılanmaktadır. Ayrıca ekzopeptidazların etkisiyle kısa zincirli peptitin amino asitlerine parçalanması acı şiddetini azaltmaktadır (McSweeney, 2007; Briand ve Salles; 2016). Peynirdeki acı tat kusuru, hidrofobik kısa peptitlerin ya aşırı üretimi ya da peptidaz aktivitesinin yetersizliğinden dolayı yeterli degradasyon olmaması sonucu yüksek konsantrasyonda birikmesi nedeniyle ortaya çıkmaktadır (McSweeney, 2007). Starter kültürlerin süt üretimindeki önemli rollerinden biri, pıhtılaştırıcı tarafından üretilen peptitleri, küçük peptitlere ve amino asitlere parçalamasıdır. Bununla birlikte, proteolitik enzimlerin birçoğu hücre içi pozisyonda olduğundan, starter kültürlerin hücrelerinin lize uğraması ile peynir matrisine özellikle peptidazların ve amino asit parçalayan enzimlerden oluşan hücre içi enzimlerin salınımı söz konusu olmakta ve bu durum hem protein degradasyonu hem de acılığın kontrolü için önem arz etmektedir (Thierry vd., 2015; Altieri vd., 2017).

Çizelge 1. Süt ürünlerinde belirlenen acı peptitler

| İzole edildiği kaynak | Acı peptit kaynağı | Pozisyonu | Dizilimi | Hidrofobisite (cal/res) | Referans |
|-----------------------|-----------------------|-----------|---|-------------------------|-------------------------|
| Cheddar peyniri | α_{s1} -kazein | f1-7 | Arg-Pro-Lys-His-Pro-Ile-Lys | 1771.0 | Lee vd., 1996 |
| Cheddar peyniri | α_{s1} -kazein | f1-9 | Arg-Pro-Lys-His-Pro-Ile-Lys-His-Gln | | Broadbent vd., 2002 |
| Cheddar peyniri | α_{s1} -kazein | f1-13 | Arg-Pro-Lys-His-Pro-Ile-Lys-His-Gln-Gly-Leu-Pro-Gln | 1363.0 | Lee vd., 1996 |
| Cheddar peyniri | α_{s1} -kazein | f11-14 | Leu-Pro-Gln-Glu | 1367.0 | Lee vd., 1996 |
| Cheddar peyniri | α_{s1} -kazein | f14-17 | Glu-Val-Leu-Asn | 1162.5 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Cheddar peyniri | α_{s1} -kazein | f17-21 | Asn-Glu-Asn-Leu-Leu | 1074.0 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Cheddar peyniri | α_{s1} -kazein | f26-32 | Ala-Pro-Phe-Pro-Glu-Val-Phe | 1930.0 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Cheddar peyniri | α_{s1} -kazein | f26-33 | Ala-Pro-Phe-Pro-Glu-Val-Phe-Gly | 1688.75 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Cheddar peyniri | α_{s1} -kazein | f94-100 | Tyr-Leu-Glu-Gln-Leu-Leu-Arg | 1615.7 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Cheddar peyniri | α_{s2} -kazein | f191-197 | Lys-Pro-Trp-Ile-Gln-Pro-Lys | 2010.0 | Lee vd., 1996 |
| Cheddar peyniri | β -casein | f8-16 | Val-Pro-Gly-Glu-Ile-Val-Glu-Ser-Leu | 1390.0 | Lee vd., 1996 |
| Cheddar peyniri | β -casein | f46-65 | Gln-Asp-Lys-Ile-His-Pro-Phe-Ala-Gln-Thr-Gln-Ser-Leu-Val-Tyr-Pro-Phe-Pro-Gly-Pro-Gln-Asp-Lys-Ile-His-Pro-Phe-Ala-Gln-Thr-Gln-Ser-Leu-Val-Tyr-Pro-Phe-Pro-Gly-Pro-Ile-Pro | 1459.0 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Cheddar peyniri | β -casein | f46-67 | Gln-Asp-Lys-Ile-His-Pro-Phe-Ala-Gln-Thr-Gln-Ser-Leu-Val-Tyr-Pro-Phe-Pro-Gly-Pro-Ile-Pro | 1580.45 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Cheddar peyniri | β -casein | f46-84 | Gln-Asp-Lys-Ile-His-Pro-Phe-Ala-Gln-Thr-Gln-Ser-Leu-Val-Tyr-Pro-Phe-Pro-Gly-Pro-Ile-Pro-Asn-Ser-Leu-Pro-Gln-Asn-Ile-Pro-Pro-Leu-Thr-Gln-Thr-Pro-Val-Val-Val-Met-Ala-Pro-Lys-His-Lys-Glu-Met-Pro-Phe-Pro-Lys-Tyr-Pro-Val-Glu-Pro-Phe | 1508.5 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Cheddar peyniri | β -casein | f102-119 | Ala-Pro-His-Gly-Lys-Glu-Met-Pro-Phe-Pro-Lys-Tyr-Pro-Val-Glu-Pro-Phe | | Karametsi vd., 2014 |
| Cheddar peyniri | β -casein | f103-119 | Ala-Pro-His-Gly-Lys-Glu-Met-Pro-Phe-Pro-Lys-Tyr-Pro-Val-Glu-Pro-Phe | | Karametsi vd., 2014 |
| Cheddar peyniri | β -casein | f109-119 | Met-Pro-Phe-Pro-Lys-Tyr-Pro-Val-Glu-Pro-Phe | | Karametsi vd., 2014 |
| Cheddar peyniri | β -casein | f193-207 | Tyr-Gln-Glu-Pro-Val-Leu-Gly-Pro-Val-Arg-Gly-Pro-Phe-Pro-Ile | | Karametsi vd., 2014 |
| Cheddar peyniri | β -casein | f193-209 | Tyr-Gln-Gln-Pro-Val-Leu-Gly-Pro-Val-Arg-Gly-Pro-Phe-Pro-Ile-Ile-Val | | Broadbent vd., 2002 |
| Cheddar peyniri | β -casein | f199-209 | Gly-Pro-Val-Arg-Gly-Pro-Phe-Pro-Ile-Ile-Val | | Karametsi vd., 2014 |

Acı peptit oluşumunu azaltma yöntemleri

Çizelge 1. devam

| İzole edildiği kaynak | Acı peptit kaynağı | Pozisyonu | Dizilimi | Hidrofobisite (cal/res) | Referans |
|----------------------------------|-----------------------|-----------|---|-------------------------|----------------------------|
| Gouda | β -casein | f58-68 | Leu-Val-Tyr-Pro-Phe-Pro-Gly-Pro-Ile-His-Asn | 1905.0 | Toelstede ve Hofmann, 2008 |
| Gouda | β -casein | f60-69 | Tyr-Pro-Phe-Pro-Gly-Pro-Ile-His-Asn-Ser | 1688.0 | Toelstede ve Hofmann, 2008 |
| Gouda | β -casein | f60-68 | Tyr-Pro-Phe-Pro-Gly-Pro-Ile-His-Asn | 1871.0 | Toelstede ve Hofmann, 2008 |
| Gouda | β -casein | f84-89 | Val-Pro-Pro-Phe-Leu-Gln | 1983.3 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Gouda | β -casein | f193-207 | Tyr-Gln-Gln-Pro-Val-Leu-Gly-Pro-Val-Arg-Gly-Pro-Phe-Pro-Ile | 1686.7 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Gouda | β -casein | f193-208 | Tyr-Gln-Gln-Pro-Val-Leu-Gly-Pro-Val-Arg-Gly-Pro-Phe-Pro-Ile-Ile | 1766.9 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Gouda | β -casein | f193-209 | Tyr-Gln-Gln-Pro-Val-Leu-Gly-Pro-Val-Arg-Gly-Pro-Phe-Pro-Ile-Ile-Val | 1762.4 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Gouda | β -casein | f193-209 | Tyr-Gln-Gln-Pro-Val-Leu-Gly-Pro-Val-Arg-Gly-Pro-Phe-Pro-Ile-Ile-Val | 1762.0 | Toelstede ve Hofmann, 2008 |
| Gouda | | | Tyr-Pro-Phe-Pro-Gly-Pro-Ile-Pro-Asn-Ser | 1900.0 | Toelstede ve Hofmann, 2008 |
| Alpkäse (İsviçre dağ peyniri) | α_{s1} -kazein | f198-199 | Leu-Trp | 2710.0 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Butterkäse | β -casein | f61-69 | Pro-Phe-Pro-Gly-Pro-Ile-Pro-Asn-Ser | 1792.2 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Kazein hidrolizatı/Peynir mayası | α_{s1} -kazein | f19-32 | Pro-Gln-Val-Phe | 1715.0 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Kazein hidrolizatı/Peynir mayası | α_{s1} -kazein | f21-23 | Leu-Arg-Phe | 1933.3 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Kazein hidrolizatı/Peynir mayası | α_{s1} -kazein | f92-99 | Leu-Gly-Tyr-Leu-Glu-Gln-Leu-Leu | 1625.0 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Kazein hidrolizatı/Peynir mayası | α_{s1} -kazein | f99-101 | Leu-Arg-Leu | 1856.7 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Kazein hidrolizatı/Peynir mayası | α_{s1} -kazein | f143-149 | Ala-Tyr-Phe-Tyr-Pro-Glu-Leu | 2101.4 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Kazein hidrolizatı/Peynir mayası | α_{s1} -kazein | f167-179 | Val-Pro-Leu-Gly-Thr-Gln-Tyr-Thr-Asp-Ala-Pro-Ser-Phe | 1304.6 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Kazein hidrolizatı/Peynir mayası | β -casein | f103-105 | Ala-Pro-Lys | 1616.7 | Lemieux ve Simard, 1992 |

Çizelge 1. devam

| İzole edildiği kaynak | Acı peptit kaynağı | Pozisyonu | Dizilimi | Hidrofobisite (cal/res) | Referans |
|--|-----------------------|-----------|---|-------------------------|---------------------------|
| Kazein hidrolizatı/Peynir mayası | β -casein | f128-139 | Thr-Asp-Val-Glu-Asn-Leu-His-Leu-Pro-Pro-Leu-Leu | 1552.5 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Kazein hidrolizatı/Peynir mayası | β -casein | f190-192 | Phe-Leu-Leu | 2496.7 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Kazein hidrolizatı/Peynir mayası | β -casein | f203-208 | Gly-Pro-Phe-Pro-Ile-Ile | 2305.0 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Kazein hidrolizatı/Peynir mayası-Tripsin | β -casein | f203-209 | Gly-Pro-Phe-Pro-Ile-Ile-Val | 2217.1 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Kazein hidrolizatı/Tripsin | α_{s1} -kazein | f23-34 | Phe-Phe-Val-Ala-Pro-Phe-Pro-Glu-Val-Phe-Gly-Lys | 1833.3 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Kazein hidrolizatı/Tripsin | α_{s1} -kazein | f91-100 | Tyr-Leu-Gly-Tyr-Leu-Glu-Gln-Leu-Leu-Arg | 1660.0 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Kazein hidrolizatı/Tripsin | α_{s1} -kazein | f95-99 | Leu-Glu-Gln-Leu-Leu | 1542.0 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Kazein hidrolizatı/Tripsin | α_{s1} -kazein | f145-151 | Phe-Tyr-Pro-Glu-Leu-Phe-Arg | 2070.0 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Kazein hidrolizatı/Tripsin | α_{s2} -kazein | f174-181 | Phe-Ala-Leu-Pro-Gln-Tyr-Leu-Lys | 1888.75 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Kazein hidrolizatı/Tripsin | β -casein | f49-68 | Ile-His-Pro-Phe-Ala-Gln-Thr-Gln-Ser-Leu-Val-Tyr-Pro-Phe-Pro-Gly-Pro-Ile-Pro-Asn | 1.61-1.53* | Bumberger ve Belitz, 1993 |
| Kazein hidrolizatı/Tripsin | β -casein | f49-97 | Ile-His-Pro-Phe-Ala-Gln-Thr-Gln-Ser-Leu-Val-Tyr-Pro-Phe-Pro-Gly-Pro-Ile-Pro-Asn-Ser-Leu-Pro-Gln-Asn-Ile-Pro-Pro-Leu-Thr-Gln-Thr-Pro-Val-Val-Val-Pro-Pro-Phe-Leu-Gln-Pro-Glu-Val-Met-Gly-Val-Ser-Lys | 1.57-1.43* | Bumberger ve Belitz, 1993 |
| Kazein hidrolizatı/Tripsin | β -casein | f191-202 | Leu-Leu-Tyr-Gln-Gln-Pro-Val-Leu-Gly-Pro-Val-Arg | 1.60-1.40* | Bumberger ve Belitz, 1993 |
| Kazein hidrolizatı/Tripsin | β -casein | f203-209 | Gly-Pro-Phe-Pro-Ile-Ile-Val | 2.15-2.21* | Bumberger ve Belitz, 1993 |
| Kazein hidrolizatı/Kimotripsin | α_{s1} -kazein | f145-148 | Phe-Tyr-Pro-Glu | 2172.5 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Kazein hidrolizatı/Kimotripsin | α_{s1} -kazein | f145-150 | Phe-Tyr-Pro-Glu-Leu-Phe | 2293.3 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Kazein hidrolizatı/Kimotripsin | α_{s1} -kazein | f149-150 | Leu-Phe | 2535.0 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Kazein hidrolizatı/Kimotripsin | α_{s2} -kazein | | Val-Glu-Val-Phe-Ala-Pro-Pro-Phe | 1900.0 | Lemieux ve Simard, 1992 |

Çizelge 1. devam

| İzole edildiği kaynak | Acı peptit kaynağı | Pozisyonu | Dizilimi | Hidrofobisite (cal/res) | Referans |
|---|------------------------|-----------|---|-------------------------|-------------------------|
| Kazein hidrolizati/Mikrobiyal proteinaz | α_2 -kazein | | Leu-Val-Pro-Arg-Tyr-Phe-Gly--- | | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Kazein hidrolizati/Mikrobiyal proteinaz | α_2 -kazein | | Val-Tyr-Pro-Phe-Pro-Pro-Gly-Ile-Asn-His | 1853.0 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Kazein hidrolizati/Mikrobiyal proteinaz | β -casein | f167-175 | Gln-Ser-Lys-Val-Leu-Pro-Val-Pro-Gln | 1375.6 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Kazein hidrolizati/Mikrobiyal proteinaz | β -casein | f176-182 | Lys-Ala-Val-Pro-Tyr-Pro-Gln | 1704.3 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Kazein hidrolizati/Mikrobiyal proteinaz | β -casein | f183-193 | Arg-Asp-Met-Pro-Ile-Gln-Ala-Phe-Leu-Leu-Tyr | 1740.9 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Kazein hidrolizati/Mikrobiyal proteinaz | β -casein | f194-207 | Gln-Gln-Pro-Val-Leu-Gly-Pro-Val-Arg-Gly-Pro-Phe-Pro-Ile | 1602.1 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Kazein hidrolizati/Mikrobiyal proteinaz | β -casein | f202-209 | Arg-Gly-Pro-Phe-Pro-Ile-Ile-Val | 2031.25 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Kazein hidrolizati/Papain | β -casein | f53-79 | Ala-Gln-Thr-Gm-Ser-Leu-Val-Tyr-Pro-Phe-Pro-Gly-Pro-Ile-Pro-Asn-Ser-Leu-Pro-Gln-Asn-Ile-Pro-Pro-Leu-Thr-Gln | | Clegg vd., 1974 |
| Kazein hidrolizati/Pronaz | α_2 -kazein | | Glu ₂ , Pro ₃ , Val ₁ , Leu ₁ , Tyr ₄ , Phe ₁ | 2266.7 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Kazein hidrolizati/Pronaz | α_2 -kazein | | Glu ₄ , Pro ₂ , Tyr ₂ , Phe ₂ | 1848.0 | Lemieux ve Simard, 1992 |
| Peynir altı suyu proteini hidrolizat | β -lactoglobulin | | Tyr-Gly-Leu-Phe | | Liu vd., 2014 |
| Peynir altı suyu proteini hidrolizat | Serum albumin | | Ile-Pro-Ala-Val-Phe | | Liu vd., 2014 |
| Peynir altı suyu proteini hidrolizat | β -casein | | Leu-Leu-Phe | | Liu vd., 2014 |

*Peptit diziliminin hidroforbisite birimi kcal/mol cinsinden belirtilmiştir.

Peptitlerin tadı yapılarına ve fizikokimyasal özelliklerine bağlıdır. Acı tattaki peptitler, çok sayıda acı tatta amino asit içermektedir. Peynirde acı peptitler kazein parçalanmasından meydana gelmekte ve disiklo piperazinleri olarak isimlendirilen siklik dipeptitler, lineer homologlarından daha acı algılanmaktadır (Guichard ve Salles, 2016). Acı bileşiklerin proteoliz yoluyla oluşumu dinamik bir işlemdir ve tek bir parametreye yorumlanması doğru bir yaklaşım değildir. Acı bileşikler genellikle β -kazeinin hidrolize uğraması ile açığa çıkan 3-15 amino asit içeren hidroforbik peptitler olup süt

ürünlerindeki acılık, trikloroasetik asitte çözünür azot miktarındaki artışla ilişkilendirilebilir. Acı peptitler genellikle izolösin, lösin, tirozin, valin, triptofan ve fenilalanin ve özellikle prolin varlığı ile karakterize edilmiştir. Ayrıca, bu hidroforbik peptitlerin daha küçük peptitlere ve serbest amino asitlere esas olarak ekzopeptidaz etkisiyle hidrolize edilmesiyle fosfotungustik asitte çözünür azot miktarında artış olduğu ve acılığın azaldığı belirtilmiştir (Bas vd., 2019).

Sütte bulunan plazmin, yoğurttaki kazeinleri hidrolize ederek acı peptitlerin oluşumuna neden

olmaktadır. Süt proteini konsantresi ile takviye edilen yoğurdun acılığı, laktozsuz yoğurt starter bakterilerinin proteolitik aktivitesi ile bağlantılı olabilir (Jørgensen vd., 2019). Orta Doğu beslenmesine özgü süt ürünü olan Kishk yardımıyla üretilen yarı sert peynirde kullanılan rennetin, starter proteinazlar tarafından küçük acı peptitlere indirgenecek olan uzun peptitlerin üretiminden sorumlu olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca bu peynirde acılık kaynağının hidrofobik peptitler ve acı tattan (metiyonin, fenilalanin ve lösin) sorumlu serbest amino asitleri içeren proteoliz türevli ürünler olduğu belirtilmiştir (Hajj vd, 2019).

Peynir üretiminde kullanılan tuzun işlevlerinden biri, proteinlerin acı peptitlere doğru parçalanma aktivitesini inhibe etmesidir. İsrail'de yaygın olarak üretilen taze ve yarı sert Tzfat peyniri ile ilgili yapılan bir çalışmada sodyum içeriğini azaltmak için tuz ikame edici karışımlar kullanılmıştır. Çalışma sonunda tuz içeriği azaltılmamış ile sodyum ve potasyum karışımlarının kullanımıyla toplam sodyum içeriğinin %50'sinin azaltılması ile elde edilen peynirlerin acılıkları aynı seviyede bulunmuştur (Carmi ve Benjamin, 2017). Ancak başka bir çalışmada enzimatik pıhtılaşma ile elde edilen Brezilya'ya özgü ticari Prato peynirlerinde yüksek tuz konsantrasyonu ile acı tattaki peptit (m/z 1536, a_{s1} -kazein f1-13) miktarı arasında bir ilişki bulunmuştur. Çalışmada yüksek tuz içeriğinin *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* ve *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*'in gelişimini inhibe ettiğini ve düşük hidrolizasyona bağlı olarak bu acı peptitin biriktiği kanısına varılmıştır (Baptista vd., 2017). Nuñez vd. (2020), tuz konsantrasyonunun azalmasının β -kazein (f1-189 / 192) hidrofobik acı peptit oluşumunun artmasına neden olduğunu belirtmiştir.

Gouda peynirindeki acı peptitler olarak tanımlanan birçok peptit, genellikle β -kazeinden (193-209) ve özellikle N-terminal β -kazein (57-69) fragmanından kaynaklanabilmektedir. Gouda peynirindeki peptitler peynirin acılık algısında önemli bir rol oynamaktadır. Peynir lezzetinin gelişiminde yardımcı kültürlerin etkinliği suşa özgüdür ve starter kültüre ait hücre içi enzimlerin peynir ortamına salınımında yardımcı kültür

seçiminin önemli bir etkisi bulunmaktadır (Yarlagadda vd., 2014). Peynirdeki kalıntı kimozinin etkisiyle β -kazeinin Leu₁₉₂-Tyr₁₉₃ bağının parçalanmasıyla β -kazein (f193-209) peptiti oluşmaktadır. Toplam 17 amino asidin 13'ünün hidrofobik amino asitten oluştuğu bu peptitin birikmesi olgunlaşmış peynirlerdeki acı tat ile ilişkilendirilmiştir. Bu peptitin [β -kazein (f193-209); m/z 1881] 60 günlük olgunlaşma sırasında hem kontrol peynirinde hem de yardımcı kültür olarak *Lactobacillus helveticus* LH-B02'nin kullanıldığı peynirde yüksek konsantrasyonda bulunması *L. helveticus*'un proteolitik sisteminin bu peptitin yoğunluğunu azaltmadığı sonucuna varılmıştır (Baptista, 2018). Yardımcı kültür olarak *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei*'nin de olduğu starter kültür içeren Manchego peynirinin ticari starter kültür ile üretilen peynire göre proteoliz seviyesi daha yüksek bulunmuştur. Ancak ticari kültür kullanılmadan üretilen çiğ süt peyniri olgunlaşma sırasında daha yüksek bir proteolitik faaliyet göstermekte ve bunun bir sonucu olarak acı peptitler meydana gelmektedir. Bu nedenle çiğ süt peynirinin daha yüksek bir acı tat değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Acı tat kusuru meydana gelmeden endüstriyel Manchego peyniri üretiminde *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei*'nin yardımcı kültür olarak kullanımı mümkündür (Poveda ve Cabezas, 2015).

UHT sütte (<0.2 sn için >150 °C) 20 °C'de 14 haftalık depolama süresince acı peptit oluşumunun gözlemlendiği bir çalışmada plazmin aktivitesine bağlı olarak a_s - ve β -kazein kaynaklı 23'ü potansiyel acı tatta olmak üzere toplam 66 peptit tanımlanmıştır. UHT sütte acılığın büyük olasılıkla a_{s1} - ile a_{s2} -kazeinden meydana gelen peptitlerden kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Rauh vd., 2014). Depolama koşullarının hidrolize-laktoz UHT sütünün raf ömrü üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada oda sıcaklığında yedi aylık bir depolama süresi boyunca sütte peptit ve amino asit seviyelerinin arttığı tespit edilmiştir. Enzimatik (laktoz hidrolizinde kullanılan enzimin proteolitik yan aktivitesi) veya enzimatik olmayan yollarla (ısı ve depolama indüksiyonu) açığa çıkan peptitlerin miktarının artmasına bağlı olarak UHT sütte zaman içinde önemli ölçüde acılık yoğunluğu

artmıştır. Hidrofobisite değeri 1400 kal/mol'den yüksek olan peptitler potansiyel olarak acı peptitlerdir ve bu peptitlerin miktarları 86 ile 116 depolama günlerinde artmıştır. Sütteki acı tadın β -kazein ve a_{s1} -kazein hidrofobik bölgelerinden türetilmiş potansiyel acı peptitlerden kaynaklanabileceği ve süt proteinlerinin proteolizinin, esas olarak, kullanılan laktaz preparasyonundaki kalıntı proteolitik aktiviteden kaynaklandığı ileri sürülmektedir (Nielsen vd., 2017).

Peynirdeki enzimatik veya mikrobiyal kaynaklı kusurlar yüksek basınç uygulamaları ile kontrol edilebilmektedir (Nuñez vd., 2020). Yüksek basınç işleminin (200 MPa, 20 °C ve 20 dakika) doğrudan salamura Beyaz peynir ya da üretimde kullanılan starter kültürü (*Streptococcus thermophilus*: *Lactococcus lactis*: *Lactobacillus bulgaricus* 2:1:1) üzerindeki etkisi incelendiğinde yüksek basınç uygulanmış starterlerle yapılan peynirlerde sekonder proteolizinin arttığı tespit edilmiştir. Yüksek basınç uygulaması, acı tattan sorumlu bazı peptitlerin daha fazla parçalanmasına katkıda bulunan starterlerin proteolitik enzimlerini aktive edebilmekte ve bu peynirlerin aminopeptidaz aktivitelerinde artış görülmektedir. Peynir üretiminde kullanılan starter kültürlerin yüksek basınç ile muamele edilmesi, peynirin duyuşal özelliklerinin gelişimine katkıda bulunan hücre içi peptidazların aktivitesini artırarak olgunlaşmayı hızlandırabilmektedir (Giannoglou vd., 2016). Buzdolabı koşullarında depolanan ve aşırı olgunlaşmayı önlemek için 600 MPa yüksek basınç uygulaması ile muamele edilen Brie peynirinde önemli düzeyde kalıntı kazein konsantrasyonu tespit edilmiştir. Ayrıca kontrol peynirinde 21. günden 60. güne hidrofobik peptitlerde 7.6 kat artış ve yüksek basınç ile muamele edilmiş peynirlerde 0.8-1.6 kat artış belirlenmiştir (Calzada vd., 2014). Çiğ koyun sütünden üretilen İspanyol peyniri olan Torta del Casar peynirine 5 ve 20 dakikalık 200 MPa ile 600 MPa büyüklüğünde basınç uygulaması sonucunda peynirlerin acılık özelliği değerlendirilmiştir. Yüksek basınç uygulanmayan kontrol peynirinin 6°C'de olgunlaşmanın 180. gününe kıyasla 20 dakika 600 MPa basınç uygulanan peynirlerde olgunlaşmanın 120 ve 240. günlerinde acılık

puanlarının daha düşük olduğu saptanmıştır (Delgado-Martínez vd., 2019).

Cheddar peynirinin acı tadından sorumlu olan peptitlerin β -kazein kaynaklı olduğu belirtilen bir çalışmada beş adet GPVRGPFPIIV, YQEPVLGPVRGPFPI, MPFPKYPVEP, MAPKHKEMPFPKYPVEPF ve APHGKEMPFPKYPVEPF dizilimine sahip peptitler saptanmıştır. Tanımlanan peptitlerden ilk üçünün konsantrasyonunun olgunlaşma sırasında sırasıyla 28.7, 3.1 ve 1.8 kat arttığı belirtilmiştir. Cheddar peynirinin acı tat algısına önemli ölçüde katkıda bulunan GPVRGPFPIIV dizilimine sahip peptit olduğu bildirilmiştir (Karametsi vd., 2014). Peynir altı suyu proteini hidrolizatında acı peptitlerin tanımlandığı bir çalışmada α -laktalbumin, β -lactoglobulin, serum albumin ve β -kazein kaynaklı acı peptitler belirlenmiştir. Bu acı peptitlerin dizilimleri sırasıyla YGLF (0.66 g/kg toz), IPAVF (0.58 g/kg toz), LLF (1.33 g/kg toz) ve YFPFGPIPN (2.64 g/kg toz) olduğu saptanmıştır (Liu vd., 2014). Çiğ süttten üretilen Meksika peynirleri doğal mikroflorasının proteolize etkileri incelendiğinde hafif acı tat özelliğinde IPPL fragmanları içeren peptitler tespit edilmiştir (Paul vd., 2014).

Acı peptitler genellikle a_{s1} - ve β -kazeinin hidrolize uğraması ile meydana gelse de κ -kazein kaynaklı da oluşabilmektedir. Peynir örneklerinin peptit profilinin incelendiği bir çalışmada β -kazeinden f102-119, f169-182, f170-175, f78-91, f133-138, f133-140 ve f134-141 olmak üzere yedi adet, κ -kazeinden öncü olarak f17-24, f43-50, f96-106, f107-131 ve f122-131 olmak üzere beş adet, a_{s1} -kazein kaynaklı f25-35, f31-40, f56-60, f70-78 ve f81-88 olmak üzere beş adet acı peptit belirlenmiş olsa da a_{s2} -kazein kaynaklı acı peptitin saptanamadığı belirtilmiştir. Çalışmada ayrıca a_{s1} -kazein f25-35 peptit oluşumunun kimozen ya da katepsin D faaliyeti, a_{s1} -kazein f31-40, f70-78 ve f81-88 peptitlerinin oluşumunun ise sırasıyla kimozen, plazmin ve daha sonra laktokokal proteinazın faaliyeti ile meydana geldiği ifade edilmiştir. Laktokokal proteinazın faaliyeti ile κ -kazein kaynaklı f96-106 ve f107-131 ile β -kazein f102-119, f133-138, f133-140 ve f169-182 peptitleri de açığa çıkmıştır (Sebald vd., 2018).

SONUÇ

Tat algısı, tat tomurcuklarının işlevini yerine getirmesine bağlı olarak oluşmaktadır. Acı tat duyusu ise tat tomurcuklarının içindeki ilgili tat reseptörlerinin uyarılması ve oluşan elektriksel sinir impulsunun sinirlerle beyne iletilmesi ile oluşmaktadır. Fonksiyonel gıdalardaki son gelişmeler, protein hidrolizatlarının üretiminin artmasına neden olmuştur. Ancak yapılan çalışmalarda pıhtılaştırıcı enzimler, starter ve starter olmayan kültürler ya da süt kaynaklı enzimler tarafından kazeinin hidrolize olması sonucu açığa çıkan hidrolizatlarda acı tat oluşabileceği ifade edilmiştir. Oluşan bu tat kusurunun ise nispeten kontrolsüz koşullarda üretim yapılmasından kaynaklandığı bildirilmiştir. Son yapılan çalışmalarda, biyoaktif özellik gösteren peptitlerde tüketici tercihini olumsuz etkileyen acılığın giderilmesi söz konusudur. Bunun için peptit acılığını azaltma ya da gidermede aktif karbon uygulama, alkol ekstraksiyonu, çökeltme ve kromatografi yöntemlerinden ziyade endo ve ekzopeptidazların kullanımını içeren biyoteknolojik yöntemler tercih edilmektedir.

Süt ürünlerinde, özellikle peynir üretimi ve olgunlaşması esnasında oluşan acılığın kontrolü kültür seçimi, yardımcı kültür kullanımı, üretim koşullarının iyileştirilmesi, farklı pıhtılaştırıcı ajanların kullanımı, enzimatik faaliyetlerin kontrolü ile mümkün olabilmektedir. Günümüzde, peynirde hızlı olgunlaştırma tekniklerinin uygulanmasına bağlı olarak oluşan acı tat kusurunun giderilmesine yönelik çalışmalar mevcuttur. Bu alanda araştırma faaliyetlerine devam edilmesiyle acı peptit üretmeyen kültür ve/veya kültür karışımının belirlenmesi ve protein hidrolizatlarının acılığını giderme potansiyeli olabilecek proteaz kaynaklı plastesin gibi yeni maddelerin tespiti ve bu maddelerin kullanım olanaklarının belirlenmesi mümkün olabilir. Ayrıca acı peptit oluşumunun engellenemediği durumlarda acı tadın algılanma mekanizmasını bloke eden metabolitlerin üzerine detaylı çalışmalar da yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Altieri, C., Ciuffreda, E., Di Maggio, B., Sinigaglia, M. (2017). Lactic acid bacteria as starter cultures. In: *Starter Cultures in Food Production*, Speranza, B., Bevilacqua, A., Corbo, M.R., Sinigaglia, M. (eds.), 1st Edition, John Wiley & Sons, the UK, pp. 1-15, doi: 10.1002/9781118933794.
- Aluko, R.E. (2017). Structural characteristics of food protein-derived bitter peptides. In: *Bitterness: Perception, Chemistry and Food Processing*, Aliani, A., Eskin, M.N.A. (eds.), 1st Edition, The Institute of Food Technologists Press, the UK, pp. 105-129.
- Aryee, A.N.A., Agyei, D., Udenigwe, C.C. (2018). Impact of processing on the chemistry and functionality of food proteins. In: *Proteins in Food Processing*, Yada, R.Y. (ed.), 2nd Edition, Woodhead Publishing, the UK, pp. 60-89.
- Baptista, D.P., Araújo, F.D.S., Eberlin, M.N., Gigante, M.L. (2017). A survey of the peptide profile in Prato cheese as measured by MALDI-MS and capillary electrophoresis. *J Food Sci*, 82(2): 386-393, doi: 10.1111/1750-3841.13618.
- Baptista, D.P., Galli, B.D., Cavaleiro, F.G., Negrãoi, F., Eberlin, M.N., Gigante, M.L. (2018). *Lactobacillus helveticus* LH-B02 favours the release of bioactive peptide during Prato cheese ripening. *Int Dairy J*, 87: 75-83, doi: 10.1016/j.idairyj.2018.08.001.
- Bas, D., Kendirci, P., Salum, P., Govce, G., Erbay, Z. (2019). Production of enzyme-modified cheese (EMC) with ripened white cheese flavour: I-effects of proteolytic enzymes and determination of their appropriate combination. *Food Bioprod Process*, 117: 287-301, doi: 10.1016/j.fbp.2019.07.016.
- Batu, A. (2017). Moleküler gastronomi bakış açısıyla gıdaların tat ve aroma algıları. *Aydın Gastron*, 1(1): 25-36.
- Bhopale, G.M. (2016). Bovine milk derived peptides: A comprehensive review. *Eur J Pharm Med Res*, 3(3): 167-170, ISSN: 3294-3211.
- Børsting, M.W., Qvist, K.B., Ardö, Y. (2014). Influence of pH on retention of camel chymosin in curd. *Int Dairy J*, 38(2): 133-135, doi: 10.1016/j.idairyj.2014.01.001.

- Briand, L., Salles, C. (2016). Taste perception and integration. In: *Flavor From Food to Behaviors, Wellbeing and Health*, Etiévant, P., Guichard, E., Salles, C., Voilley, A. (eds.), 1st Edition, Woodhead Publishing, the UK, pp. 101-119, ISBN-10: 0081002955.
- Broadbent, J.R., Barnes, M., Brennand, C., Strickland, M., Houck, K., Johnson, M.E., Steele, J.L. (2002). Contribution of *Lactococcus lactis* cell envelope proteinase specificity to peptide accumulation and bitterness in reduced-fat Cheddar cheese. *Appl Environ Microbiol*, 68(4): 1778-1785, doi: 10.1128/AEM.68.4.1778-1785.2002.
- Bumberger, E., Belitz, H.D. (1993). Bitter taste of enzymic hydrolysates of casein. I. Isolation, structural and sensorial analysis of peptides from tryptic hydrolysates of β -casein. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 197(1): 14-19, doi: 10.1007/BF01202693.
- Cacicedo, M.L., Manzo, R.M., Municoy, S., Bonazza, H.L., Islan, G.A., Desimone, M., Bellino, M., Mammarella, E.J., Castro, G.R. (2019). Immobilized enzymes and their applications. In: *Advances In Enzyme Technology Series: Biomass, Biofuels, Biochemicals*, Pandey, A. (Chief ed.), 1st Edition, Elsevier, the UK, pp. 169-200, ISBN: 978-0-444-64114-4.
- Calzada, J., del Olmo, A., Picon, A., Gaya, P., Nuñez, M. (2014). Effect of high-pressure-processing on the microbiology, proteolysis, texture and flavour of Brie cheese during ripening and refrigerated storage. *Int Dairy J*, 32(2): 64-73, doi: 10.1016/j.idairyj.2014.03.002.
- Carmi, I.K., Benjamin, O. (2017). Reduction in sodium content of fresh, semihard Tzfat cheese using salt replacer mixtures: taste, texture and shelf life evaluation. *Int J Dairy Technol*, 70(3): 354-364, doi: 10.1111/1471-0307.12369.
- Chakrabarti, S., Guha, S., Majumder, K. (2018). Food-derived bioactive peptides in human health: Challenges and opportunities. *Nutrients*, 10(11): 1738; doi: 10.3390/nu10111738.
- Chaudhari, N., Roper, S.D. (2010). The cell biology of taste. *J Cell Biol*, 190(3): 285-296, doi: 10.1083/jcb.201003144.
- Clegg, K.M., Lim, C.L., Manson, W. (1974). The structure of a bitter peptide derived from casein by digestion with papain. *J Dairy Res*, 41(2): 283-287, doi: 10.1017/S0022029900019695.
- Daliri, E.B-M., Oh, D.H., Lee, B.H. (2017). Bioactive peptides. *Foods*, 6(5): 32, doi: 10.3390/foods6050032.
- Delgado-Martínez, F.J., Carrapiso, A.I., Contador, R., Ramírez, M.R. (2019). Volatile compounds and sensory changes after high pressure processing of mature “Torta del Casar” (raw ewe's milk cheese) during refrigerated storage. *Innov Food Sci Emerg*, 52: 34-41, doi: 10.1016/j.ifset.2018.11.004.
- Desmaures, N. (2014). Mold-Ripened Varieties. In: *Encyclopedia of Food Microbiology*, Batt, C.A. (Chief ed.), 2nd Edition, Volume 1, the UK, pp. 409-415, doi: 10.1016/B978-0-12-384730-0.00060-4.
- Dorian, A.F. (ed.), (1978). *Dictionary of science and technology*. 1st Edition, Elsevier Science Publishing, New York, the USA, 1411 p.
- Fábián, T.K., Beck, A., Fejérdy, P., Hermann, P., Fábián, G. (2015). Molecular mechanisms of taste recognition: considerations about the role of saliva. *Int J Mol Sci*, 16(3): 5945-5974, doi: 10.3390/ijms16035945.
- Favaro-Trindade, C.S., Santana, A.S., Monterrey-Quintero, E.S., Trindade, M.A., Netto, F.M. (2010). The use of spray drying technology to reduce bitter taste of casein hydrolysate. *Food Hydrocoll*, 24(4): 336-340, doi: 10.1016/j.foodhyd.2009.10.012.
- Foegeding, E.A., Davis, J.P. (2011). Food protein functionality: A comprehensive approach. *Food Hydrocoll*, 25: 1853-1864, doi: 10.1016/j.foodhyd.2011.05.008.
- Gaudette, N.J., Pickering, G.J. (2013). Modifying bitterness in functional food systems. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 53(5): 464-481, doi: 10.1080/10408398.2010.542511.
- Ghnimi, S., Kamal-Eldin, A. (2015). Casein variants and challenges in the valorization of camel milk as a healthy alternative to cow milk. *J*

- Bioequiv Availab*, 7(4): 10000e67, doi: 10.4172/jbb.10000e67.
- Giannoglou, M., Karra, Z., Platakou, E., Katsaros, G., Moatsou, G., Taoukis, P. (2016). Effect of high pressure treatment applied on starter culture or on semi-ripened cheese in the quality and ripening of cheese in brine. *Innov Food Sci Emerg*, 38: 312-320, doi: 10.1016/j.ifset.2016.07.024.
- Grygier, A., Myszka, K., Rudzińska, M. (2017). *Galactomyces geotrichum* – moulds from dairy products with high biotechnological potential. *Acta Sci Pol Technol Aliment*, 16(1): 5-16, doi: 10.17306/J.AFS.2017.2017.0445.
- Guichard, Salles, C. (2016). Retention and release of taste and aroma compounds from the food matrix during mastication and ingestion. In: *Flavor From Food to Behaviors, Wellbeing and Health*, Etiévant, P., Guichard, E., Salles, C., Voilley, A. (eds.), 1st Edition, Woodhead Publishing, the UK, pp. 3-22, ISBN-10: 0081002955.
- Guigoz, Y., Solms, J. (1976). Bitter peptides, occurrence and structure. *Chem senses flavor*, 2(1): 71-84, doi: 10.1093/chemse/2.1.71.
- Hajj, E., Yaacoub, R., Al-Arja, N., Scandar, S., Dib, H. (2019). Development of a culture-ripened semi-hard Kishk-cheese containing *Bourghol* or Semolina. *J Food Res*, 8(1): 21-31, doi: 10.5539/jfr.v8n1p21.
- Jørgensen, C.E., Abrahamsen, R.K., Rukke, E.-O., Hoffmann, T.K., Johansen, A.-G., Skeie, S.B. (2019). Processing of high-protein yoghurt – a review. *Int Dairy J*, 88: 42-59, doi: 10.1016/j.idairyj.2018.08.002.
- Karadeniz, F. (2000). Lezzet algılama mekanizması. *Gıda*, 25(5): 317-324, ISSN: 1300-3070.
- Karametsi, K., Kokkinidou, S., Ronningen, I., Peterson, D.G. (2014). Identification of bitter peptides in aged Cheddar cheese. *J Agric Food Chem*, 62(32): 8034-8041, doi: 10.1021/jf5020654.
- Kazaz, Ç., Ocağ, M., Mesut, B., Özsoy, Y. (2019). Ağzda dağılan tabletlerde formülasyon tasarımı ve tat değerlendirilmesi. *FABAD J Pharm Sci*, 44(2): 169-178.
- Kim, K.-S., Egan, J.M., Jang, H.-J. (2014). Denatonium induces secretion of glucagon-like peptide-1 through activation of bitter taste receptor pathways. *Diabetol*, 57: 2117–2125, doi: 10.1007/s00125-014-3326-5.
- Krisch, J., Csanádi, J., Vágvölgyi, C. (2015). Fungi in and on dairy products. In: *Fungi from Different Substrates*, Misra, J.K., Tewari, J.P., Deshmukh, S.K., Vágvölgyi, C. (eds.), 1st Edition, CRC Press, Boca Raton, pp. 159-169, doi: 10.1201/b17646.
- Lee, K.D., Lo, C.G., Warthesen, J.J. (1996). Removal of bitterness from the bitter peptides extracted from Cheddar cheese with peptidases from *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* SK11. *J Dairy Sci*, 79(9): 1521-1528, doi: 10.3168/jds.S0022-0302(96)76512-8.
- Lemieux, L. Simard, R.E. (1992). Bitter flavour in dairy products. II. A review of bitter peptides from caseins: their formation, isolation and identification, structure masking and inhibition. *Lait*, 72(4): 335-382, doi: 10.1051/lait:1992426.
- Liu, X., Jiang, D., Peterson, D.G. (2014). Identification of bitter peptides in whey protein hydrolysate. *J Agric Food Chem*, 62(25): 5719-5725, doi: 10.1021/jf4019728.
- Ma, J.-J., Mao, X.-Y., Wang, Q., Yang, S., Zhang, D., Chen, S.-W., Li, Y.-H. (2014). Effect of spray drying and freeze drying on the immunomodulatory activity, bitter taste and hygroscopicity of hydrolysate derived from whey protein concentrate. *LWT - Food Sci Technol*, 56(2): 296-302, doi: 10.1016/j.lwt.2013.12.019.
- McSweeney, P.L.H. (2007). Cheese manufacture and ripening and their influence on cheese flavour. In: *Improving the flavour of cheese*, Weimer, B.C. (ed.), 1st Edition, Woodhead Publishing, England, pp. 1-25.
- Melis, M., Barbarossa, I.T. (2017). Taste perception of sweet, sour, salty, bitter, and umami and changes due to l-arginine supplementation, as a function of genetic ability to taste 6-n-propylthiouracil. *Nutrients*, 9(6):E541, doi: 10.3390/nu9060541.
- Meng, F., Chen, R., Zhu, X., Lu, Y., Nie, T., Lu, F., Lu, Z. (2018). Newly effective milk-clotting

- enzyme from *Bacillus subtilis* and its application in cheese making. *J Agric Food Chem*, 66: 6162-6169, doi: 10.1021/acs.jafc.8b01697.
- Müışoğlu, D., Hayoğlu, İ. (2005). Tat eşik değerlerinin alđılanması, tanınması ve derecelendirilmesi. *J Agric Fac HR U*, 9(2): 29-35.
- Mohammadi, R., Mahmoudzadeh, M., Atefi, M., Khosravi-Darani K., Mozafari, M.R. (2015). Applications of nanoliposomes in cheese technology. *Int J Dairy Technol*, 68(1): 11-23, doi: 10.1111/1471-0307.12174.
- Mohan, A., Udechukwu, M.C., Rajendran, S.R.C.K., Udenigwe, C.C. (2015). Modification of peptide functionality during enzymatic hydrolysis of whey proteins. *RSC Adv*, 5: 97400-97407, doi: 10.1039/C5RA15140F.
- Nielsen, S.D., Jansson, T., Le, T.T., Jensen, S., Eggers, N., Rauh, V., Sundekilde, U.K., Sørensen, J., Andersen, H.J., Bertram, H.C., Larsen, L.B. (2017). Correlation between sensory properties and peptides derived from hydrolysed-lactose UHT milk during storage. *Int Dairy J*, 68: 23-31, doi: 10.1016/j.idairyj.2016.12.013.
- Nuñez, M., Calzada, J., del Olmo, A. (2020). High pressure processing of cheese: Lights, shadows and prospects. *Int Dairy J*, 100: 104558, doi: 10.1016/j.idairyj.2019.104558.
- Paul, M., Nuñez, A., Van Hekken, D.L., Renye, J.A.Jr. (2014). Sensory and protein profiles of Mexican Chihuahua cheese. *J Food Sci Technol*, 51(11): 3432-3438, doi: 10.1007/s13197-012-0868-8.
- Poveda, J.M., Cabezas, R.C.L. (2015). Biogenic amine content and proteolysis in Manchego cheese manufactured with *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* as adjunct and other autochthonous strains as starters. *Int Dairy J*, 47: 94-101, doi: 10.1016/j.idairyj.2015.03.004
- Rauh, V.M., Johansen, L.B., Ipsen, R., Paulsson, R., Larsen, L.B., Hammershøj, M. (2014). Plasmin Activity in UHT milk: Relationship between proteolysis, age gelation, and bitterness. *J Agric Food Chem*, 62(28): 6852-6860, doi: 10.1021/jf502088u.
- Saha, B.C., Hayashi, K. (2001). Debittering of protein hydrolyzates. *Biotechnol Adv*, 19(5): 355-370, doi: 0.1016/s0734-9750(01)00070-2.
- Sebald, K., Dunkel, A., Schäfer, J., Hinrichs, J., Hofmann, T. (2018). Sensoproteomics: A new approach for the identification of taste-active peptides in fermented foods. *J Agric Food Chem*, 66(42): 11092-11104, doi: 10.1021/acs.jafc.8b04479.
- Solms, J. (1969). The taste of amino acids, peptides, and proteins. *J Agric Food Chem*, 17(4): 686-688, doi: 10.1021/jf60164a016.
- Stepaniak, L. (2004). Dairy enzymology. *Int J Dairy Technol*, 57(2/3): 153-171, doi: 10.1111/j.1471-0307.2004.00144.x.
- Teixeira, P. (2014). *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*. In: *Encyclopedia of Food Microbiology*, Batt, C.A. (Chief ed.), 2nd Edition, Volume 2, the UK, pp. 425-431, doi: 10.1016/B978-0-12-384730-0.00060-4.
- Thierry, A., Valence, F., Deutsch, S.-M., Even, S., Falentin, H., Loir, Y.L., Jan, G., Gagnaire, V. (2015). *Strain-to-strain differences within lactic and propionic acid bacteria species strongly impact the properties of cheese—A review*. *Dairy Sci Technol*, 95(6): 895-918, doi: 10.1007/s13594-015-0267-9.
- Toelstede, S., Hofmann, T. (2008). Sensomics mapping and identification of the key bitter metabolites in Gouda cheese. *J Agric Food Chem*, 56(8): 2795-2804, doi: 10.1021/jf7036533.
- Vummaneni, V., Nagpal, D. (2012). Taste masking technologies: An overview and recent updates. *Int J Res Pharm Biomed Sci*, 3(2): 510-524, ISSN: 2229-3701.
- Widyastuti, Y., Lisdiyanti, P., Tisnadajaja, D. (2014). Role of *Lactobacillus helveticus* on flavor formation in cheese: Amino acid metabolism. *Ann Bogor*, 18(1): 1-11, doi: 10.14203/ann.bogor.2014.v18.n1.1-11.
- Wu, C., Du, L., Zou, L., Zhao, L., Huang, L., Wang, P. (2014). Recent advances in taste cell- and receptor-based biosensors. *Sensor Actuat B-Chem*, 201: 75-85, doi: 10.1016/j.snb.2014.04.021.

Yarlagadda, A.B. (2014). Assessment of different novel approaches to accelerate cheese ripening for a range of applications. Ph.D. Dissertation, University of Limerick, Limerick, Ireland, 350 p.

Yarlagadda, A.B., Wilkinson, M.G., O'Sullivan, M.G., Kilcawley, K.N. (2014). Utilisation of

microfluidisation to enhance enzymatic and metabolic potential of lactococcal strains as adjuncts in Gouda type cheese. *Int Dairy J*, 38(2): 124-132, doi: 10.1016/j.idairyj.2014.01.007.