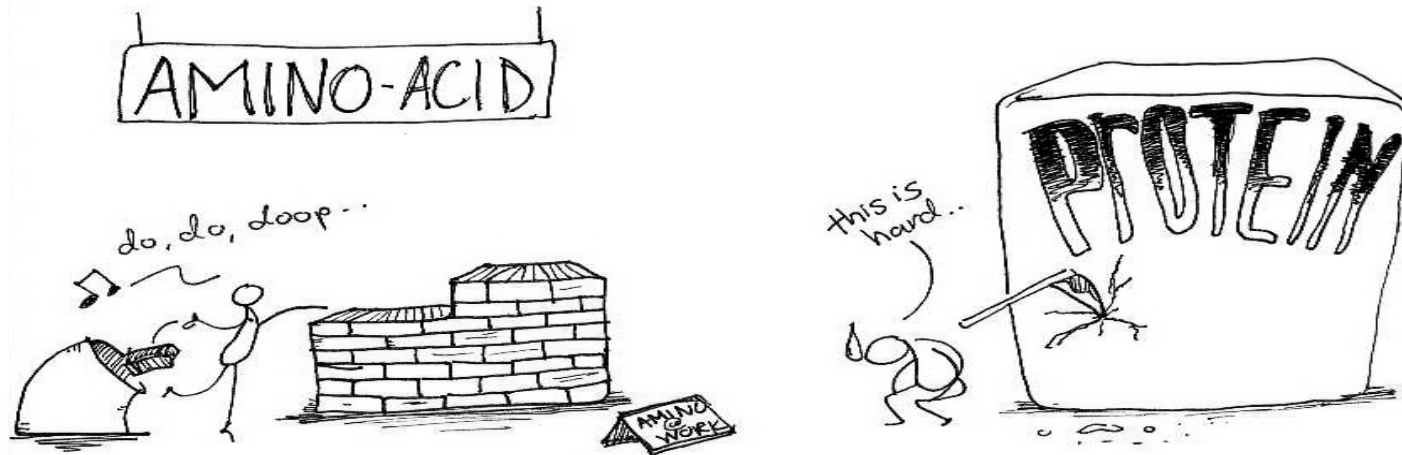
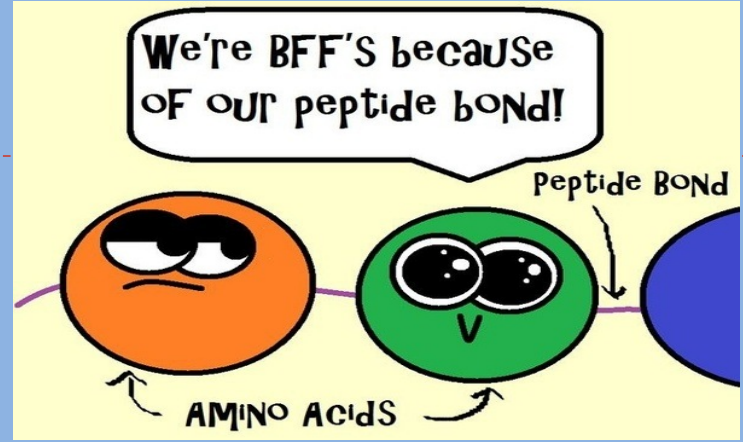


SÜT PROTEİNLERİ



- **Proteinler** yaklaşık 20 **aminoasitten** oluşmakla birlikte bunlardan 18'i süt proteinlerinde bulunmaktadır.
- 18 aminoasidin zincirde yaklaşık 100 ile 200 aminoasitlik dizilimdeki kombinasyonları neredeyse sınırsız olmakla birlikte farklı özelliklere sahip protein sayısı da benzer şekilde sınırsızdır.
- Beslenme açısından önemli olan 8'i (yenidoğanlar için 9) insan organizması tarafından sentezlenememektedir.
- Esansiyel aminoasitlerin hepsi birden süt proteinlerinde bulunmaktadır.

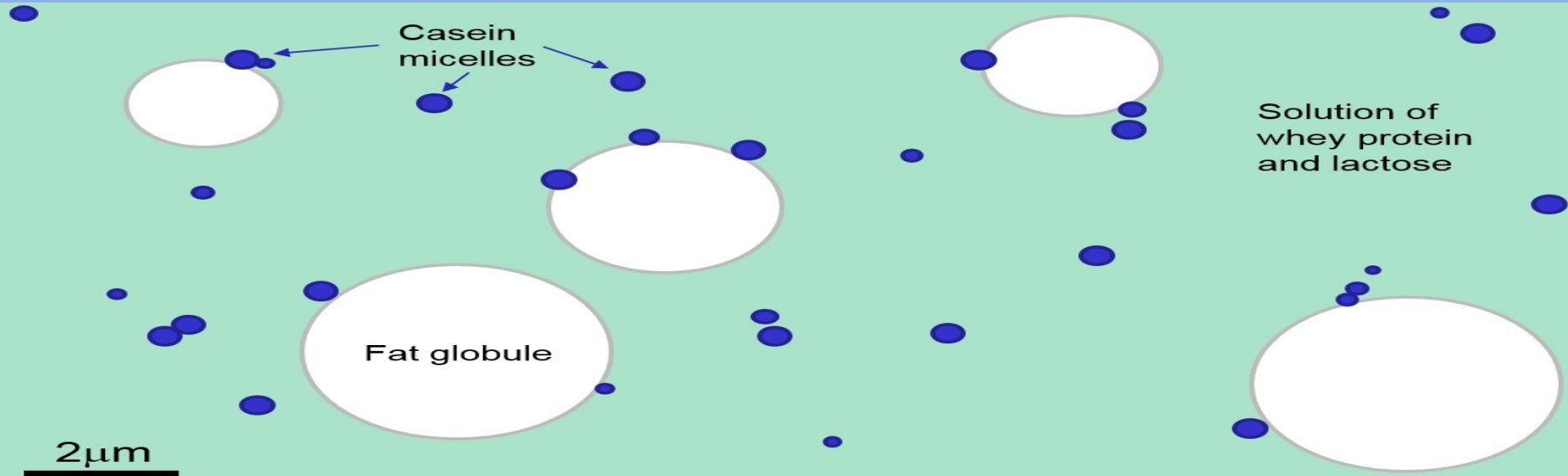




- Süt normal pH'da iken protein molekülü net bir şekilde **negatif** yüklüdür.
- Süte hidrojen iyonu eklendiğinde bunlar protein molekülleri tarafından adsorbe edilir. Proteinin pozitif yükü negatif yüküne eşit olduğu pH değerinde proteinin total yükü sıfırdır. Bu olayın gerçekleştiği pH değerine proteinin **izoelektrik noktası** denir.
- Protein molekülleri artık birbirini itmez bununla birlikte moleküldeki pozitif yükler komşu moleküldeki negatif yüklere bağlanır ve büyük protein dizileri oluşur. Bu durumda protein solüsyondan ayrılarak **presipite** olur.



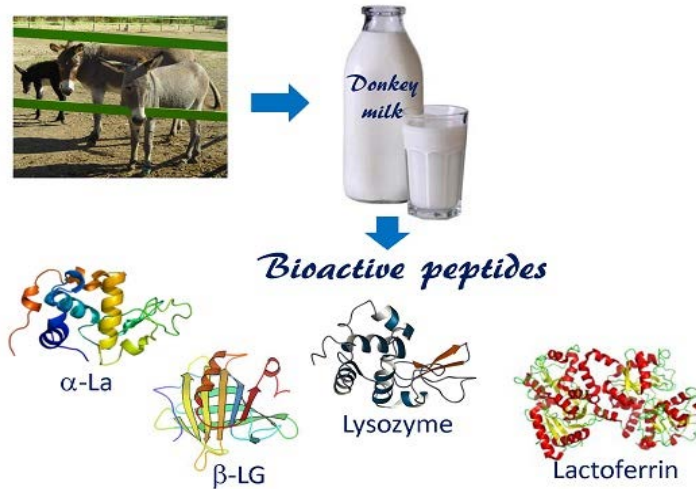
- Yüksek biyolojik değerlikleri ve herhangi bir antinutrisyonel faktör içermemeleri (alerjenik aktiviteleri hariç) süt proteinleri özellikle formüle gıda teknolojilerinde birçok uygulama alanı bulmaktadır.
- **Kazeinler** süttten çok farklı yollarla ayrılabilirken **serum proteinleri** genellikle solusyonda kalır.
- **Yağ globul membran proteinleri**, globul yüzeylerine yapışık haldedir ve sadece kremanın tereyağına dönüştürülebilmesi gibi mekanik yollarla ayrışabilir.



Süt proteinlerinin sütteki konsantrasyonları

	Sütteki konsantrasyon (g/kg)	Total protein yüzdesi (w/w)
Kazein		
α_{s1} -kazein*	10.0	30.6
α_{s2} - kazein *	2.6	8.0
β - kazein **	10.1	30.08
K- kazein	3.3	10.1
Total Kazein	26.0	79.5
Peynir Altı Suyu Proteinleri		
α -laktalbumin	1.2	3.7
β -laktoglobulin	3.2	9.8
Kan Serum Albumini	0.4	1.2
Immunoglobulinler	0.7	2.1
Miseller (Proteose-Pepton)	0.8	2.4
Total Peynir Altı Suyu Proteinleri	6.3	19.3
Yağ Globul Membran proteinleri	0.4	1.2
Total Protein	32.7	100
* α_s -kazein de denir. ** γ -kazein dahil		

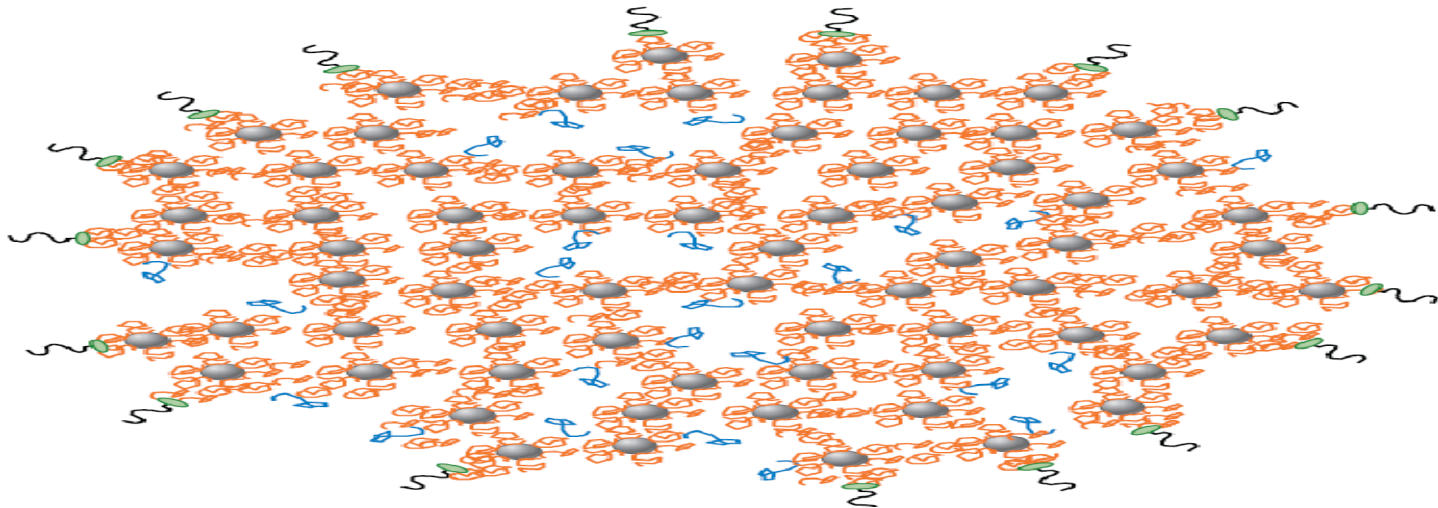
- Süt proteinleri, büyüme ve vücudun sağlıklı bir döngüye sahip olabilmesi için ve aynı zamanda hidrolizlerinden sonra **biyoaktif peptitlerin ve esansiyel aminoasitlerin** karşılanabilmesi için büyük önem arz eder.
- Süt proteinlerinin hidrolizi sonucu elde edilen biyoaktif peptitler; antihiperkolestolemik, hipotensif, antikarsinojenik ve immunmodulator etkiler yaratırlar.
- Yapılan bir çalışmada süt kaynaklı peptitlerin özellikle genç atletlerde kas kazanımının artırılması ve yaşlılarda kasların güçlendirilmesine ilişkin aminoasit artışını stimule ettiği ortaya konulmuştur.
- Süt ürünlerinin sporcu beslenmesi açısından önemi de çok iyi bilinmektedir.



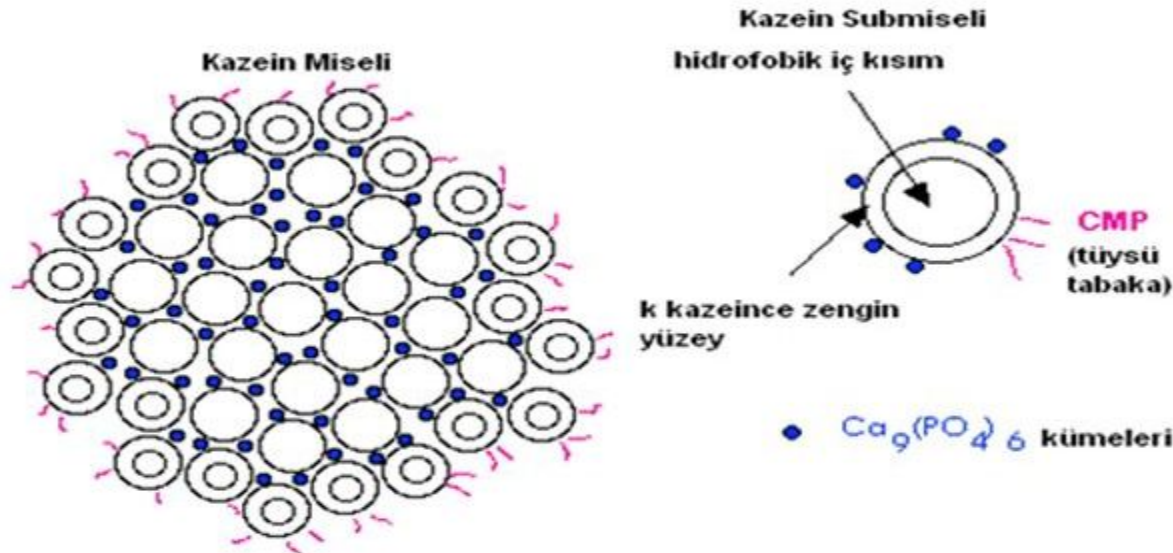
- Sütteki azotun yaklaşık %95'i protein formundadır.
- Süt proteinleri komplike bir karışım halindedir, saf bileşenler halinde ayrıştırılmaları oldukça zordur.
- Bazı proteinlerin genetik yapısı elektroforetik hareketliliğinde farklılıklar yaratır. Özellikle karışım halindeki sütler ve hatta tek bir sığırdan alınan sütler, gen açısından heterozigotsa genetik varyantlar söz konusudur.
- Bunun yanı sıra seperasyon ve pürifikasyon sırasında süt proteinlerinde çeşitli değişiklikler meydana gelebilir. Süt proteinleri, birçok çalışma için model teşkil etmektedir.

Kazein

- Kazein yaklaşık 4.6 pH'da presipite olan bir protein olarak bilinir. İzoelektrik pH'sında çözünmez haldedir.
- Kazein globuler bir protein değildir. Sütte kalsiyum fosfat da içeren ve kazein miselleri adı verilen büyük kümeler halinde bulunur.
- Asidifikasyon işlemi ile kolloidal kalsiyum fosfat dağılır. Elektroforez işlemi ile kazeinin çeşitli komponentleri ortaya konabilir. En temel moleküler komponentler α_{s1-} , α_{s2} , β ve κ - kazein'dir.
- Dört farklı peptit zinciri α_{s1} , α_{s2} , β ve κ olmak üzere molar ağırlıkları yaklaşık 4:1:4:1.6 olarak ölçülmüştür.



- α_{s1} , α_{s2} , β kazeinler ise fosfoprotein yapılarında olup fosfat grupları da serine esterlenmiş haldedir ki kalsiyum iyonları ile presipite olabilir. Bununla birlikte κ - kazein, miseli bu presipitasyondan korur. κ -kazeinin miselde bulunması miseli stabil kılar.
- κ - kazein kimozin enzimi tarafından kolaylıkla tutulur ki, enzim κ -kazein molekülünün bir parçasını ortamdaki çeker ve bu durumda misel korunmuş kolloid özelliğini kaybeder. Sonuç olarak tüm kazein, kalsiyumlar ile birlikte presipite olur.
- Bu reaksiyon sütün peynir mayası ile pıhtılaştırılması ve peynir yapım işleminin temelini teşkil eder. Bu şekilde değişikliğe uğrayan kazeine **para-kazein** denir.





Şekil1. Asit ve alkalinin kazein üzerine etkisi

- Kazeinler **hidrofobik** yapıdadır ve fazlaca prolin, az miktarda sistin kalıntıları ile yüklüdür.
- Kısa uzunlukta α -heliks yapıdan ve küçük tersiyer bir yapıdan ibarettir. Kazein molekülleri, çok zor denature olurlar ki bunun nedeni ikincil ve üçüncül yapıda olmalarıdır.
- Fosfat grupları Ca^{2+} gibi divalent iyonlara özellikle yüksek pH'larda bağlanır. Dolayısıyla kalsiyum bağlama işlemi bu grupların varlığına bağlıdır.
- Kazein ısı işleminden kolayca etkilenmez. Bununla birlikte **120°C**'nin üstündeki ısı işlemleri kazeini yavaş yavaş **çözünmez** hale dönüştürür. Sütte pH'ın düşürülmesi, ısı duyarlılığını artırır.



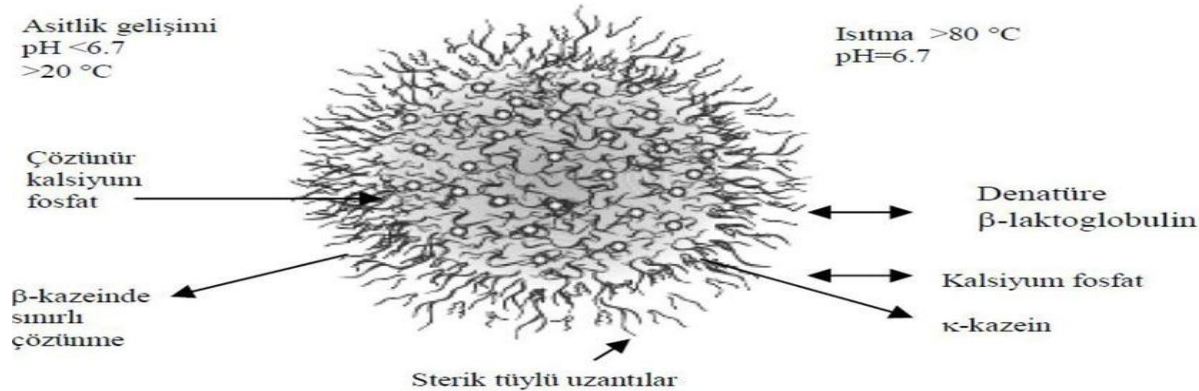
- Kazein, %0.7-0.9 oranında fosfor içermektedir.
- Geçmişte, süt sistemindeki kazeinin en önemli fizyolojik rolü, neonatın büyümesi için gerekli olan aminoasit kaynağı olarak bilinirken şimdilerde kazein miselinin meme dokusundaki patolojik kalsifikasyonları önleyen önemli bir rolü belirlenmiştir.
- Kazeinlerden elde edilen biyoaktif peptidlerin sinir, kardiyovasküler, sindirim ve immun sistem üzerine sayısız pozitif etkileri kanıtlanmıştır .



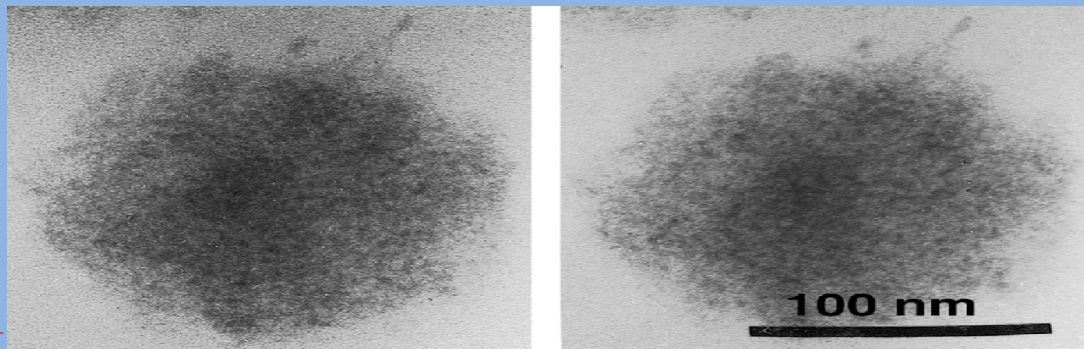
- Kazein, sütü **kalsiyum fosfat** ile süper doymuş hale getirir. Kalsiyum fosfatı meme bezinden güvenli bir şekilde taşıyarak süt emen yeni doğanın kemik ve diş gelişimi için kazein miseli medyumu içerisinde yavruya taşır.
- Kalsiyum fosfatı böylesine bir paket içerisinde yavruya taşımak, kazein miselinin en temel biyolojik fonksiyonudur.
- Sütün mideye ulaşması ile birlikte kalsiyum fosfat ortama salınır ve bu sütün en temel özelliğidir.



- Sayıları, postnatal dönemde memelilerin büyümesi için kalsiyum fosfat gerekliliğinin önemini kanıtlayacak niteliktedir. Fosforin kümeleri haricinde kazein molekülleri belirgin bir şekilde hidrofobik özelliktedir. Kazeinde bulunan hidrofilik ve hidrofobik kalıntılar kazeine tam bir amfipatik yapı kazandırır ki bu da kazeinin su içindeki yağ emülsiyonlarına benzer şekilde başarılı bir stabilizatör yetenek kazandırır.



- Elektron mikroskop görüntüleri kazein misellerinin genel olarak 50-500 nm çapında değişen ve moleküler ağırlıklarının ortalama 108 Da olduğunu göstermektedir.
- Miselin büyüklüğü içerdiği kalsiyum iyonlarına bağlıdır. Kalsiyum miseli terk ederse (dializ ile) misel küçük miselciklere parçalanır. Orta ölçekli bir misel birbirine bağlı halde bulunan yaklaşık 400 ila 500 küçük miselciklerden oluşmaktadır.
- Süt beyazlığı kazein misellerinin kolloidal dağılımı sonucu, gelen ışığı büyük oranda yansıtmasına bağlı olarak şekillenmektedir.



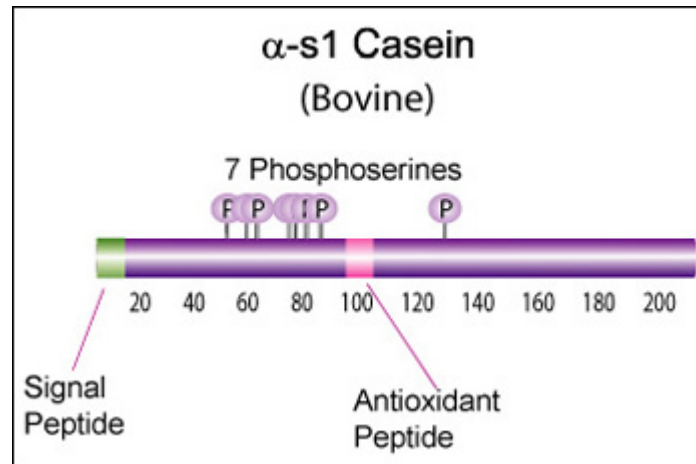
- Kazein misel yapısı sabit değil dinamiktir. Misel çevresinde gelişen sıcaklık, basınç gibi değişkenlere yanıt verir.
- Memeden 37°C' de çıkan süt, buzdolabı sıcaklıklarına taşındığında β ve κ - kazeinde çözünürlük artar.
- Kazein miselindeki α_{s1} ve α_{s2} -kazein miktarları azalır. Isıyı tekrar 37 °C' ye getirmek prosesi geriye döndürür. β -kazeinde meydana gelen bu hareketlilik miselin iç yapısında herhangi bir hasara yol açmaz.
- Misel yapısında meydana gelen önemli harabiyet ancak aşağıdaki durumlarda şekillenebilir:
 - i) güçlü kalsiyum sekestrant ilavesi (EDTA)
 - ii) Üre ilavesi
 - iii) Fosfat içermeyen tampon çözeltilerle diyaliz
 - iv) Yüksek basınç maruz bırakarak pH'yı artırmak
 - v) 70°C 'de etanol ilavesi



- ▶ Misel yüzeyinde yer alan κ -kazeinin hidrofilik C terminali bölünmüş haldedir. Örneğin rennet ile birleştiğinde miseller çözünübilirliğini yitirerek kazein pıhtısı halinde ayrışır. Bütünlüğü bozulmamış bir miselde negatif yük fazlalığı vardır bu nedenle birbirlerini iterler. κ -kazeinin hidrofilik bölgeleri su tutar ki bu kazeinin solüsyon içindeki dengesinde önemli bir rol oynar. Bu hidrofilik bölgeler uzaklaştırılırsa su bu yapıdan uzaklaşır. Yani bağlar oluşur.
- ▶ Kalsiyumun aktif olduğu tuz bağları ikincil olarak da hidrofobik tipte yeni bağlar oluşur. Bu bağlar su salınımını artırır ve yeni yapı daha yoğun bir pıhtı halinde çöker. Düşük sıcaklıklarda β -kazein zincirleri dissosiyeye olur ve kalsiyum hidroksi fosfat misel yapısını terk eder. Bu fenomenin açıklaması şöyledir ki β -kazein en hidrofobik kazeindir ve düşük sıcaklıklarda hidrofobik interaksiyonlar çok zayıflar. Bu durumda düşük sıcaklıklardaki süt peynir yapımı için uygun değildir pıhtılaşma süresi uzar ve pıhtı gevşek şekillenir. β -kazein miseli terk ettikten sonra birçok proteaz tarafından kolaylıkla hidrolize edilebilir.
- ▶ β -kazeinin γ -kazein ve proteaz peptonlara hidrolize olması peynir randımanını azaltır çünkü proteaz pepton fraksiyonları PAS'a geçiş yapar. β -kazeinin parçalanması peynirde acı bir tat ve ciddi aroma problemlerine sebebiyet verir. Örneğin 5°C'de 20 saat muhafaza edilen sütte miselden ayrılan β -kazein miktarı oldukça fazladır.
- ▶ Bu durumda altı çizilmesi gereken önemli nokta çiğ veya pastörize edildikten sonra soğukta muhafaza edilen sütler 62-65 °C'de yaklaşık 20 saniye kadar ısı işlemine tabi tutulduğunda β -kazein ve kalsiyum hidroksifosfat misele geri dönerek süte orijinal özelliğini tekrar kazandırır .

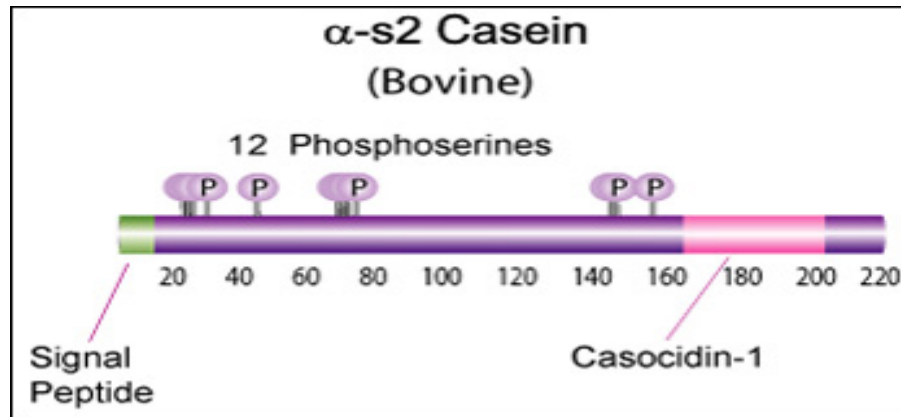


- **α_{s1} kazein**
- α_{s1} kazein iki aşamada; pH 6.6 ve 0.05 M iyonik güçte, güçlü bir bağ oluşturur. Öte yandan iyonik gücü azaltmak ve hidrostatik çekim etkisini artırmak da birleşme oranını azaltır. Bu birleşmede hidrofobik interaksionlarda etkilidir. Yüksek pH'larda (kazein konsantrasyonu ve iyonik güç yüksek olsa da) birleşme oranı azalır ve neticede yok olur.

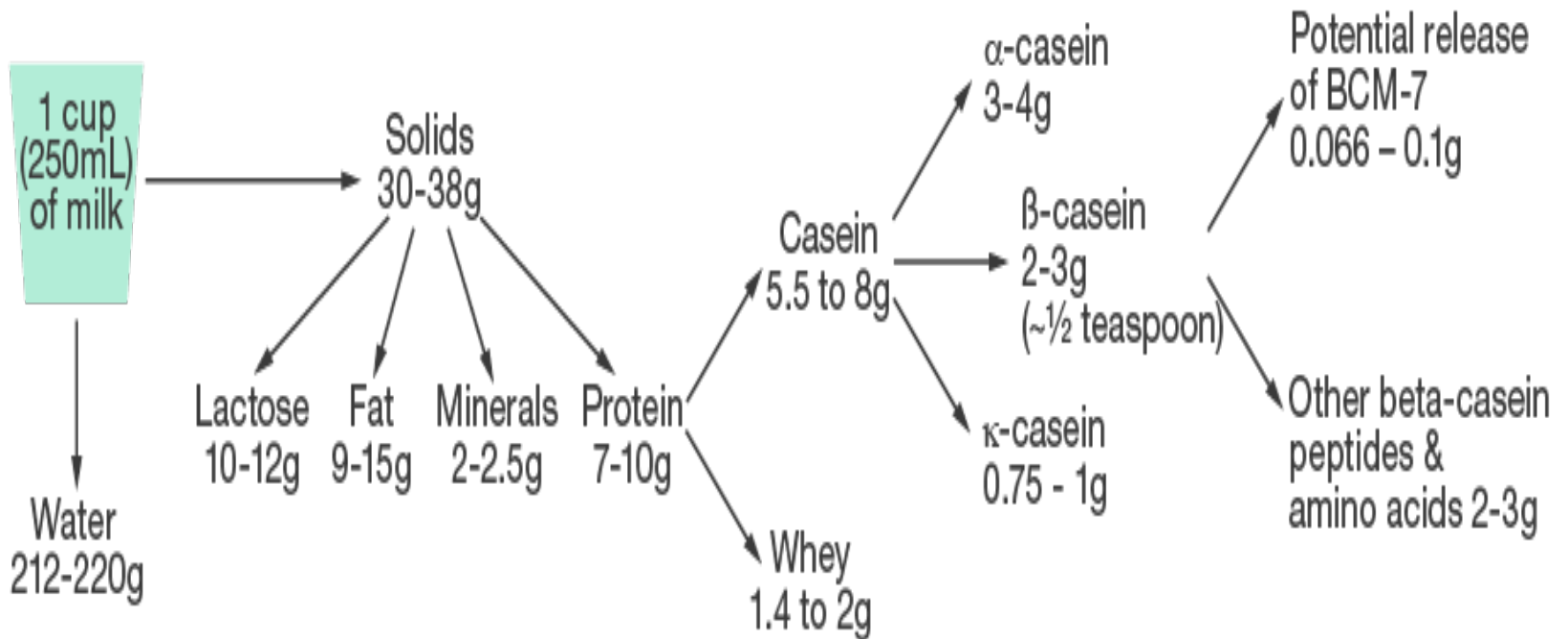


- α_{s2} kazein

- Bu proteinin çeşitli varyantları vardır. Ester fosfat grup sayılarına göre farklılık gösterirler. α_{s2} kazein , iki sistein kalıntısı içerir ve karbonhidrat grubu bulunmamaktadır. Bunun yanı sıra kalsiyuma oldukça duyarlıdır.

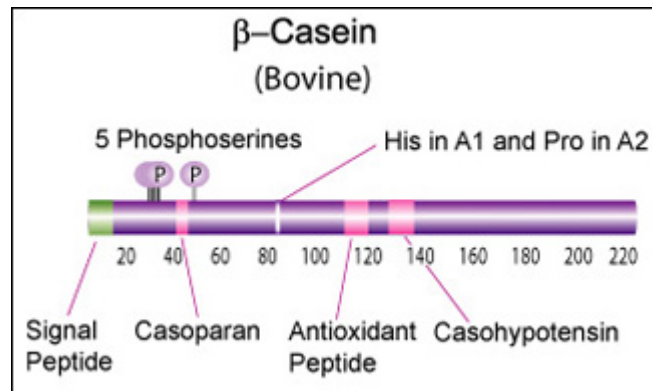


Milk and Beta-casein



- **β -kazein**

- β -kazein en hidrofobik kazein fraksiyonudur ve çok sayıda prolin kalıntısına sahiptir.
- β -kazein, hidrofilik ve uzun zincirli apolar kuyruğu olan bir sabun molekülü gibidir. 5 ° C' nin altında β -kazein birleşmesi yoktur.
- Sütte, β -kazeinin bir kısmı, düşük sıcaklıkta çözelti haline gelir, böylece sütün viskozitesini artırır. Bu değişiklikler geri dönüşümlüdür, ancak çok yavaş şekillenir .
- Sütte, 15°C'nin altındaki sıcaklıklarda kazein miselindeki hidrofobik çekimler azalır ve β -kazein misel dengesini, monomer tarafa doğru değiştirir.
- Süt buzdolabı sıcaklığına düşürüldüğünde, β -kazein, kazein miselinden büyük fraksiyonlar halinde ayrılır. Sıcaklığın tekrar başlangıç değerlere yükseltilmesi prosesi tersine çevirerek β -kazeinin tekrar misel yapısına katılmasına neden olur. Oda ısısında dahi, kazein miselindeki denge durumu sürekli değişken haldedir.

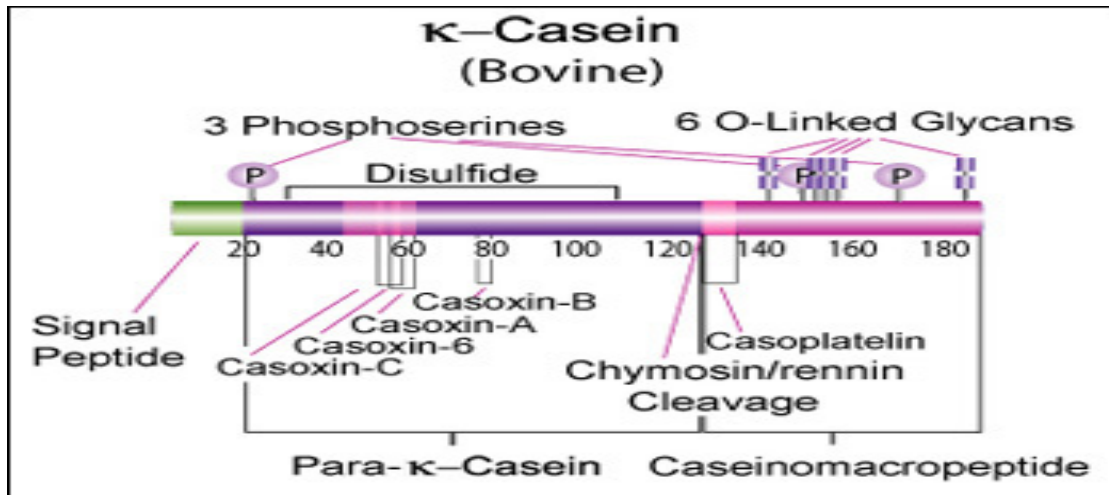


- **γ -kazein**

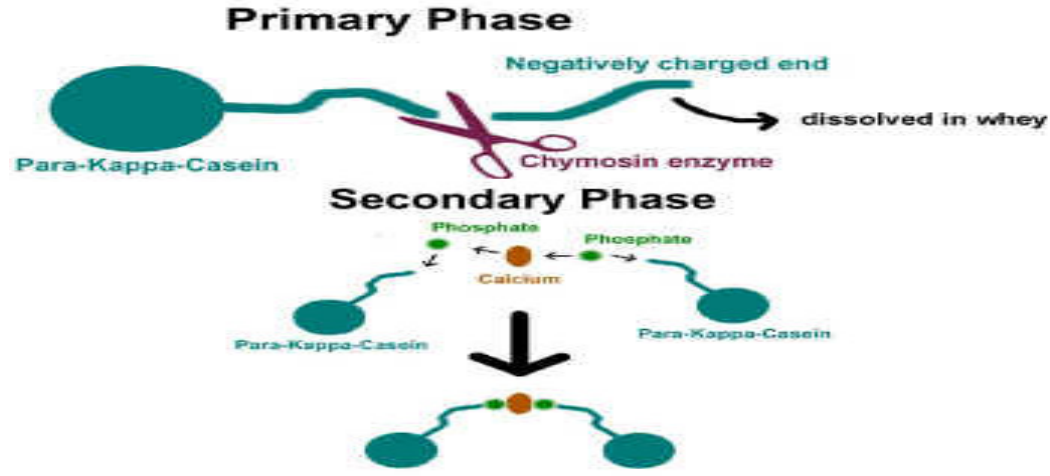
- γ -kazein, β -kazeinin bir degradasyon ürünüdür.
- Bu γ -kazein dizisinin 29-209 aminoasit kalıntılarına, diğer bir deyişle daha hidrofobik kısma karşılık gelir. Buna bağlı olarak, etanolde (% 50 etanol) tam anlamıyla çözünür.
- Bölünme, sütte bulunan plazmin enziminden kaynaklanır.
- γ -kazeinlerin miktarı, sütün sıcaklığına bağlı olarak büyük ölçüde değişebilir. Bölünmüş parçalar proteoz-peptonların çoğunu oluşturur.

- **κ-kazein**

- Moleküller arası disülfid bağlar oluşturabilen iki sistein kalıntısı vardır.
- Bu nedenle, κ-kazein sütte 5-11 monomer içeren oligomerler olarak ortaya çıkar. Moleküllerin yaklaşık üçte ikisi, treoninlerden birine (131, 133, 135 veya 142) sahip olan ve galaktozamin, galaktoz ve bir veya iki N-asetilneurinik aside sahip olan bir karbonhidrat grubu içerir.
- Bu grupların her biri bir veya iki negatif yüke sahiptir ve oldukça hidrofildir. Ayrıca bazı küçük konfigürasyonlar da ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle κ-kazein molekülleri arasında belirgin farklılıklar vardır. 105 ve 106. kalıntılar arasındaki peptid bağı hızla enzimler tarafından hidrolize edilir. Bu bölgenin yakınında pozitif yüklü bir bölge bulunur. κ-kazein ayrıca, çıkıntılı karbonhidrat grupları dahil olmak üzere 30'un üzerinde molekülü içeren miseller üretmek için güçlü bir şekilde birleşir .



- κ -kazein, kazein miselinin yüzeyinde yer alarak miselin total yüzel alanını ve büyüklüğünü kontrol altında tutar.
- κ - kazeinin yüzeyde lokalize olması; bu proteinin kimozin veya benzeri proteazlarla hızlı ve spesifik hidroliz olarak peynir yapım aşamasında pıhtı şekillendirmeye yönelik için kolay ulaşılabilir olması ile ilişkilendirilebilir.
- κ - kazeinin yüzey lokalizasyonu aynı zamanda, κ -kazeinin ısı işlemiyle sütteki beta laktoglobulin ile kompleks oluşturarak miselin rennet veya asit ile koagule olma özelliğini değiştirmesi için de gereklidir.
- Genel olarak bakıldığında misel modelinde κ - kazeinin yüzeyde lokalize olması çok temel bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır .



Kazeinin presipitasyonu

Misel içindeki kazeinin presipitasyonu şu şekillerde gerçekleştirilebilir:

- **Rennet kazein**
- **Asit kazein**

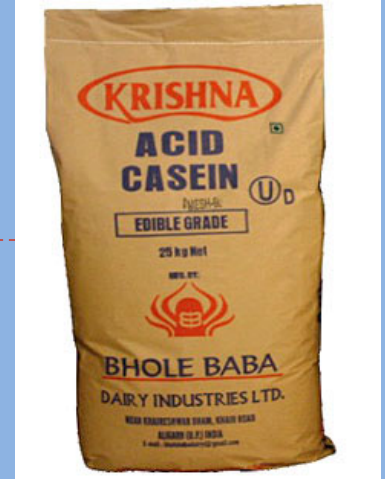
Rennet kazein

- Süte rennet ilave edilmesiyle izole edilir. Rennet ile pıhtılaştırılmış kazein, kalsiyumdan zengin ve kalsiyum varlığında düşük çözünübilirliğe sahip olmaktadır.
- PAS proteinlerinin ısı ile denaturasyonu ve asit ve kalsiyum tuzlarının eklenmesi sonucu kazein ve PAS proteinlerini ihtiva eden presipitatlar, besinsel değer açısından asitle ve peynir mayası ile elde edilen pıhtıdan çok daha değerlidir.



- ▶ κ - kazein hidrolizini sağlayan kimozin aktivitesiyle para- κ -kazein ve the glikomakropeptit üretimi, PAS ve pıhtı oluşumu ile sonuçlanan peynir üretiminin başlangıç aşamasıdır. Rennet kazein asit kazein arasında bileşen bakımından temel fark, rennet kazeinde bozulmamış κ - kazein olmaması ve kolloidal kalsiyum fosfat ve bağlı kalsiyumun varlığıdır.
- ▶ K-kazein molekülünü oluşturan aminoasit zinciri 169 aminoasitten oluşmaktadır. Enzimatik açıdan bakıldığında 105 (Fenilalanin) ile 106. (Metionin) aminoasit arasındaki bağ proteolitik enzimler için kolaylıkla ulaşılabilir durumdadır. Bazı proteolitik enzimler bu bağı hedefleyerek zinciri parçalayabilirler. Çözünabilir amino sonu 106 ile 169 aminoasit içerir ki hidrofilik özelliği oluşturan polar amino asitler ve karbonhidratlardan oluşmaktadır. κ -kazein molekülünün bu bölgesi glikomakropeptid olarak isimlendirilir ve peynir yapımı esnasında PAS'a geçer.
- ▶ κ -kazeinin geri kalan kısmı 1 ile 105 amino asit içermektedir ve çözülme formunda α s ve β -kazein ile birlikte peynir pıhtısında kalır. Bu kısma para- κ -kazein adı verilir.





○ Asit kazein

- Laktik asit, hidroklorik asit (çoğunlukla) veya sülfürik asit ilavesiyle yağsız sütün karıştırılması ile elde edilir.
- Kazein, izoelektrik pH'sında presipite olur.
- Uygulanan sıcaklık oldukça kritiktir. Yüksek sıcaklık kuruması zor olan büyük topaklara neden olurken düşük sıcaklık, ayrılması zor olan bir çok hacimli presipitatlara neden olur. Düşük sıcaklıkta, asit kazein jelleri çok az sinerez gösterir ve presipitat esasen jel topaklarından oluşur.
- Süt genellikle oldukça düşük sıcaklıkta asitlendirilir.
- Asit kazeinler, polielektrolitler olup pH değişimlerinden kolayca etkilenirler. pH 4.6'ken net yüke sahip olmayıp bu değer onun için izoelektrik noktasıdır.
- Yağsız sütün 6.7'den 4.6'ya olan pH değişimi, kazeinlerin makroskopik düzeyde kümeleşmesine yol açar. Kazein bileşenin pH'ya bağlı tutumu, kazeinin konsantre hale gelmesine ve sütteki diğer komponentlerin uzaklaştırılmasına izin verir. Sütteki kazeinin izoelektrik çöktürme ile destabilizasyonu asit kazein üretimi için başlangıç aşamasıdır.
- HCl , kaba presipitatların oluşumu ile sonuçlanan sütün pH'ının izoelektrik noktasına getirilmesinde sıklıkla kullanılır. Fakat, H₂SO₄ de kullanılmasıyla birlikte *Lactobacillus spp.* ile laktik asit üretimi için sütün doğal fermentasyonu da seçenekler arasındadır.

-
- Süte asit ilave edildiğinde veya asit üreten bakteriler sütte ürettiğinde pH düşecektir. Bu durum kazein misellerinin etrafındaki çevresel koşulların değişmesine neden olur ki bu iki şekilde gerçekleşir. İlk olarak kazein miselinde bulunan kolloidal kalsiyum hidroksifosfat çözünür hale gelir ve iyonize kalsiyum oluşturur ki bu yapı misel yapısına penetre olarak güçlü kalsiyum bağları oluşturur. İkinci olarak solüsyonun pH'sı kazeinin izoelektirik noktasına yaklaşır. Her iki olayda miselde önemli değişikliklerin başlamasına neden olur ki misel agregasyon yolu ile büyür ve sonuç olarak daha yoğun veya az yoğun koagulum şekillenir. Son pH değerine bağlı olarak koagulum ya kazein tuzu formunda kazein veya izoelektirik noktada kazein halinde bir koagulumdur.
 - Kazein komponentlerinin izoelektirik noktaları solüsyondaki diğer iyonların iyonların varlığına bağlıdır. Tuz solüsyonlarında sütte olduğu gibi optimum presipitasyon aralığı 4.5 ila 4.9 arasında değişmekle birlikte kazeinin süttten ayrılarak presipite olduğu kabul gören değer 4.6'dır.
-



Serum Proteinleri

- Peynir altı suyu proteinleri (PAS) genellikle süt serum proteinleri olarak bilinir. Yağsız sütten kazein, presipitasyon yöntemi ile ayrıldığında (Örneğin mineral asit ilavesi) solüsyonda geriye kalan protein grupları süt serum proteinleridir.
- Süt serum proteinlerinin eldesi genellikle ısı ve pH uygulamalarının kombinasyonu ile gerçekleştirilmektedir .
- Serum proteinlerinin çoğu tipik olarak globuler proteinlerdir.
- Yüksek hidrofobik özellikte ve peptit bağlarına sıkıca bağlı haldedirler ve katlı peptit zincirlerine sahiptirler. Serum proteinlerinin çoğu α -heliks yapısındadır ve yük dağılımları homojendir.
- Süt ısıtıldığında denature olarak çözünmez hale gelirler. Denaturasyon, pıhtılaşma olarak değil, proteinlerin kazein miselleri üzerinde presipitasyonu ve dağılması şeklindedir. Çok yüksek miktarda serum proteini içeren kolostrum, ısıyla tıpkı yumurta akının beyazlaşması gibi jel haline dönüşür.



- Protein fraksiyonunun %50'si β -laktoglobulin, %25'i α -laktoalbumin, %25'ide immunoglobulin, proteoz pepton, sığır serum albumini ve β -kazeinden oluşan diğer protein unsurlarıdır.
- İşlenmemiş PAS özellikle pH 'sı da yüksekse, mikrobiyal üremeyi destekler. Dolayısıyla kontaminasyonu minimize etmek için bütün önlemlerin alınması gerekir.
- Sık aralıklarla kontrol edilmek suretiyle PAS, buz dolabı sıcaklığında muhafaza edilmelidir.
- Özellikle peynir işleminden sonra elde edilen PAS çok fazla miktarda starter mikroorganizma içereceğinden ısı işlemiyle bunların yok edilmesi gerekecektir. Bunun yanı sıra PAS'ın bozulmasını önlemek için benzoik asit (pH: 3-4.2'ye ayarlanmış) hidrojenperoksit, propiyonik asit ve sorbat gibi antimikrobiyel bileşikler de tavsiye edilmektedir. Öte yandan birçok ülkede antimikrobiyel bileşiklerin kullanılmasına izin verilmemektedir.



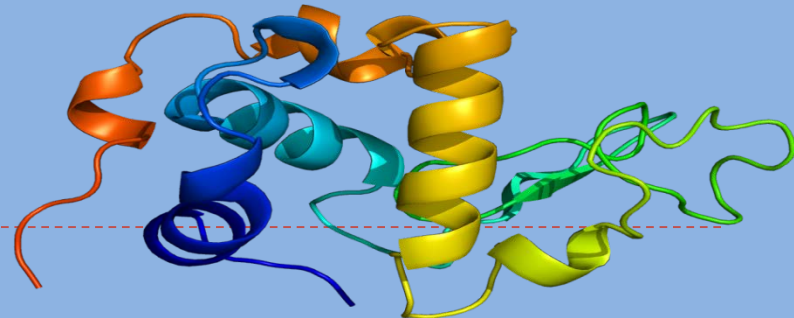
- 30 yılı aşkın bir süredir PAS proteinleri, formüle ürünlerde önemli hale gelmiştir. PAS proteinleri, genellikle PAS protein konsantratlari (%80 protein içerikli) ve izolatları (%90 protein içerikli) olarak tedarik edilir. PAS proteinleri diğeri sütçülük ürünlerinin işlenmesiyle elde edilen yan ürünlerdir.
- Bebek formülleri, sporcu beslenme ürünleri gibi özel diyetler için PAS proteinleri, önemli bir protein denge sağlayıcısıdır. Jelleşme, su tutma kapasitesi ve köpük ve emülsiyonda oluşan ara yüzü stabilize etme yeteneğinden dolayı PAS proteinleri, fonksiyonel olarak da faydalıdır.



- PAS protein konsantratu ve izolatındaki en önemli protein β -laktoglobulindir. İnek sütünde, PAS proteinlerinin yarısını, total proteinlerin %12'sini oluşturur.
- PAS protein konsantratlari, klarifiye edilmiş PAS'ın ultrafiltrasyon yöntemi ile işlenmesi sonucu elde edilir.
- Ultrafiltrasyon işlemi ile protein, kuru maddede %80'e kadar ulaşabilir.

○ α -Laktoalbumin

- Alfa laktoalbumin, 123 aminoasitten oluşan 14.2 kDa molekölür ağırlığında küçük **globuler** bir protein olup bütün memelilerin sütünde bulunur. Sığır proteini kalsiyum bağlama yeteneğindedir. Meme epitelinin golgi aparatında alfa laktoalbumin **laktoz sentez kompleksinin düzenleyici** komponentidir.
- Kimyasal olarak α -laktoalbumin lizozime benzer bununla birlikte bakterisidal etkisi bulunmamaktadır.
- Biyolojik fonksiyonu laktoz sentezinde koenzim olarak yer almaktır. Laktoz miktarı, α -laktoalbumin miktarı ile doğrudan ilişkilidir.
- α -laktoalbumin, termal denaturasyonun geri dönüşümlü olması dolayısıyla diğer proteinlerden ayrılır. Termal işlemden sonra denature olan α -laktoalbumin, ürünün soğutulması ve pH'nın 7'ye ayarlanması ile doğal formuna döner. Tekrar çözünebilir hale getirilen α -laktoalbumin mikrofiltrasyon ile diğer lipoproteinlerden ayrılabilir .



- Bunun yanısıra β -laktoglobuline oranla α -laktoalbuminin alerji geliştirme potansiyeli çok daha düşük olup **çocuk beslenmesinde** büyük öneme sahiptir.
- α -laktoalbuminin hidrolizi sonucu açığa çıkan peptidler **immunomodulator** etkilidir. Bunlardan bazıları makrofajların fagozitozunu uyararak özellikle solunum sistemindeki nötrofilleri stimule eder. Dolayısıyla antimikrobiyel (sıklıkla gram pozitiflere karşı etkili olmakla birlikte gram negatiflere karşı etkisi daha zayıftır) ve **stres azaltma yönünde** biyoaktif etkileri de bulunmaktadır.
- Benzer şekilde beyinde serotonin artışı kortizol konsantrasyonlarında düşüş ve stres altında motivasyon sağlama gibi etkilerinin yanısıra **anti-ülseratif** etkisinden de bahsedilmektedir.
- İnek sütünde bulunan α -laktoalbuminin insan sütündeki α -laktoalbumine olan benzerliğinden ötürü β -laktoglobulin içeriği azaltılmış ve α -laktoalbumin ile zenginleştirilmiş bebek mamaları, bebek beslenmesi için çok daha ideal bir protein kaynağı olarak görülmektedir. α -laktoalbuminin gıda ve gıda saplamalarında **prebiyotik olarak kullanılabileceği** belirtilmektedir .
- α - laktorfin (α -laktoalbuminin hidrolizi sonucu açığa çıkan ürün) , kan basıncını düşürerek **kanser oluşumunu engellemektedir**. α -laktoalbuminin kolon adenokarsinom hücreleri üzerinde **anti-proliferatif etkileri** vurgulanmaktadır.

- **Triptofan** beyin seretonini için bir öncül madde olup stresle başa çıkabilme kabiliyeti yaratmaktadır. Nötral aminoasitler triptofanı kan beyin bariyerinden geçirme işlevi taşır. α -laktoalbuminin beyindeki triptofan ve serotonin aktivitesini artırarak stres altında kognitif performansı artırdığı belirtilmektedir.
- Benzer şekilde α -laktoalbuminin yetişkinlerde görülen beslenme bozukluğuna bağlı uyku problemlerini gidermek içinde kullanılabileceği belirtilmektedir.
- Bütün bu bilgilerden öte; süt ve süt ürünleri insan sağlığı açısından değerlendirildiğinde, sağlık yararından bahsedilen komplekslerin, çoğu in vitro modifikasyonlar sonucu elde edilmiş olup, sindirimin herhangi bir aşamasında oluşup oluşmayacağına ilişkin bilgiler spekülatiftir. Dolayısı ile konu ile ilgili klinik, bilimsel ileri araştırmalara ihtiyaç vardır.

- Süt, bazı serum proteinlerini denatüre edecek sıcaklıklarda ısıtıldığında, serum proteinleri denatüre olarak kazein ile kompleks oluşturur. Bu şekilde kazeinin peynir mayası ile etkileşimini ve kalsiyumu tutma kabiliyetini azaltırlar. Sütün çok yüksek sıcaklıklarla ısıtılmasıyla elde edilen pıhtı peynir altı suyunu bırakmaz. Bunun nedeni kazein molekülleri arasında çok az sayıda şekillenen kazein köprüleridir.
- Serum proteinleri genel olarak (özellikle α -laktalbumin) çok yüksek besinsel değere sahiptir. Aminoasit kompozisyonları biyolojik olarak optimum kabul edilen değerlere çok yakındır. Serum protein derivatları gıda endüstrisinde de çok geniş bir kullanım alanı bulmuştur.

- **β -laktoglobulin**

- β -laktoglobulinler, 162 aminoasitten oluşup 18.3 kDa moleküler ağırlığa sahiptir. β -laktoglobulinlerin küçük hidrofobik moleküllere bağlanma kabiliyeti vardır dolayısı ile **vitamin A gibi retinoid türlerin transport proteini** olarak görev yapar. β -laktoglobulin, çoğu memelinin sütünde en çok bulunan serum proteini (total proteinin %10'u, serum proteinin %50'si) olmakla birlikte insan, rodent ve lagomorfların sütünde bulunmamaktadır. İnsan sütünün dominant serum proteini α -laktoalbumindir.



- Sütün asitleştirilmesi ile presipite olmaz. β -laktoglobulin saf suda çözünmez. Sütte dimer olarak bulunur ve bu iki molekül birbirine sıkıca bağlıdır ki bu durum hidrofobik interaksiyondan kaynaklanır. Dimer yapı yüksek sıcaklıklarda dissosiyasyon olur .
- β -laktoglobulinin bilinen 10 genetik varyantı bulunmaktadır.
- Diğer yandan PAS proteinlerinin % 50 'sini oluşturan β -laktoglobulin, ısıya oldukça duyarlıdır. Denatürasyon **65 °C'de başlayarak 90 °C'de, 5 dakikalık** ısı işlemiyle total denatürasyon şekillenir. Isı işlemi ile β -laktoglobulin, denatüre olarak, dönüşümsüz bir şekilde κ - kazein fraksiyonuna sülfür köprüleriyle bağlanır.

- Peynir yapılacak olan süte uygulanacak olan pastörizasyon 72 °C'de 15-20 saniyeyi geçmemesi gerekirken, yoğurt yapılacak olan süte PAS proteinlerinin denatürasyonu ve kazeinle interaksyonu için 90- 95 °C'de 3-5 dk'lık ısı işlemi uygulaması, üründe sineresisin azalması ve viskozitenin sağlanması açısından kalite unsurlarına önemli katkı sağlayacaktır.
- 75 °C'de, 20-60 sn ısı işlemi gören sütte, pişmiş tat ve koku oluşmaya başlar. Bu durum β -laktoglobulin ve diğer sülfür içeren proteinlerden salınan sülfür bileşenlerinden kaynaklanmaktadır.

- β -laktoglobulin biyolojik rolü tam olarak bilinmemekle birlikte **yeni doğanlara pasif immunitenin taşınması ve meme bezinde fosfor metabolizmasının regülasyonu** olarak özetlenebilir.
- β -laktoglobulin aynı zamanda retinol ve diğer küçük hidrofobik bağlara bağlanmak suretiyle **vitamin A oluşumuna ve absorpsiyona** yardımcı olmaktadır.
- Aynı zamanda etkili bir **emülgatör ve immunomodulator** görevi görmektedir.
- β -laktoglobulinin biyoaktif rollerinin yanı sıra bazı fizyolojik fonksiyonları da bulunmaktadır.



- In vivo veya in vitro enzimatik proteoliz sonucu salınan β -laktoglobuline ait biyoaktif peptidler, **antihipertensif, antirombotik, opioid, antimikrobiyel, immunomodulant ve hipokolesterolemik** özelliktedir.
- Aynı zamanda bütün β -laktoglobulin türevi peptidler, **serbest radikalleri uzaklaştırma** özelliğindedir.
- β -laktoglobulinin proeolitik degradasyonu sonucu oluşan **β -laktotensin, düz kasların kontraksiyonunu** stimule eder.
- Bunun yanı sıra β -laktoglobulin çocukların yaklaşık %2 ile 3'ünü etkileyen **süt alerjilerinden sorumlu** tutulmakla birlikte, alerji durumu çocuk 3 yaşına ulaştığında kaybolur.

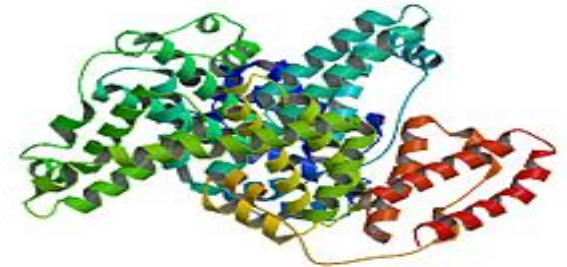
- β -laktoglobulinin in vivo ortamda endopeptidazlar ile kısmi sindirimi sonucu açığa çıkan peptitlerin antimikrobiyel etkinliğe sahip olduğu, yine β - laktoglobulinin alkalaz, pepsin veya tripsin aktivasyonu sonucu oluşan peptid fragmentlerinin *E.coli*, *Bacillus subtilis* ve *S.aureus*'a karşı **bakteriostastik** etkili olduğu belirtilmektedir.
- Yine birçok çalışmada kimyasal olarak modifiye edilen β -laktoglobulinin; **HIV1, HIV2, simyan immun etkili virüs, herpes virüsü ve klamidya enfeksiyonlarına karşı etkili olduğu** belirtilmekle birlikte, **rotavirus replikasyonunu önlediği** belirtilmektedir. Enfeksiyonun başlangıç aşamasında patojenlerin kolonizasyonunun önleyerek enfeksiyonun etkisini azalttığı bilinmektedir. β - laktoglobulin, patojenlerin insan iliostami glikoproteinlerine bağlanmasını engelleyerek **patojenlerin adezyonuna engel olmaktadır**. Bununla birlikte β - laktoglobulinler yüksek ısı işlemiyle anti adezyon aktivitelerini yitirmektedirler.

- Süt proteinlerinden özellikle PAS proteinleri diğer proteinlere nazaran (et, soya proteini) genç ratlarda **intestinal tümörlerin yavaşlatılmasında** oldukça etkili bulunmuştur. Yine diyetle birlikte saplement olarak alınan β -laktoglobulinin, bağırsak duvarındaki tümör öncüllerinin gelişimini engelleyerek koruyucu etki gösterdiğinden bahsedilmektedir. Bu özellikleri kükürtlü aminoasit içerikleriyle ilişkilendirilmektedir.
- PAS proteinin içeren gıdaların duysal anlamda kabul edilebilirlikleri yüksektir. PAS proteini içeren fonksiyonel gıdaların geliştirilmesi açısından tatlandırılmış süt, makarna, dondurma, puding ve çeşitli tatlılar β -laktoglobulin ile zenginleştirilebilir.
- B-laktoglobulinin mutojenik heterosiklik aminlere bağlanarak bunların karsinojenik özelliklerine karşı insan sağlığını koruduğu belirtilmektedir. Benzer şekilde sığır sütüne ait β -laktoglobulinlerin melanogenezis açısından değerlendirildiği çalışmalarda β -laktoglobulinin depigmentasyon etkisi yarattığı ve hasta hücrelerdeki tirozinaz akivitesini baskıladığı ortaya konmuştur. In vitro çalışmalarda ise β -laktorfinin vasküler relaksasyonu desteklediği belirtilmektedir.

- β -laktoglobulin sadece toynaklı hayvanlarda bulunmakla birlikte inek sütü proteinlerinin ana komponentidir.
- Süt 60 °C'nin üzerinde ısı işlemi görürse denatürasyon başlayarak β -laktoglobulinin sülfür aminoasit reaktivitesi şekillenir. Sülfür bağları, β -laktoglobulin molekülleri arasında, β -laktoglobulin ve κ -kazein molekülleri arasında ve β -laktoglobulin ile α -laktalbumin arasında şekillenmeye başlar. Yüksek sıcaklıklara ulaşıldığında sülfür bileşikleri peyderpey ortama salınır.
- Isı işlemi görmüş sütün pişmiş tadı ortama salınan sülfür bileşiklerinden kaynaklanmaktadır.
- Yaklaşık 6.2 pH'da ve 55 ile 65°C' de kalsiyumun dissosiyeye olmasına ve hidrofobik interaksiyonlara bağlı olarak laktalbumin izoelektrik presipitasyona uğrar.
- Diğer küçük çaptaki PAS proteinleri de presipite olurken çözünebilir β -laktoglobulin ayrışır, ultrafiltrasyon ile konsantre edilerek nötralize edilerek sprey yöntemi ile kurutulabilir. Bu ürünün et ürünlerindeki su tutma kapasitesi ve jelleştirme özelliği oldukça yüksektir.
- β -laktoglobulin 60°C ve pH 8' in üstündeki çözünmeyen kümeler oluşturarak denature olur. Bu durum PAS izolatlarının pastörize ürünlerde kullanımını sınırlayan bir durumdur. β -laktoglobulin'in termal stabilitesi hidroliz kontrol altına alınarak artırılabilir. Jelasyon, kümelerin oluşumu ile devam eder. 30-65°C aralığında jel yapısı stabil kalır. PAS proteinlerinin diğer denature olamamış formları ise köpük stabilizatörü ve jelleştirme ajanı olarak kullanılabilir .

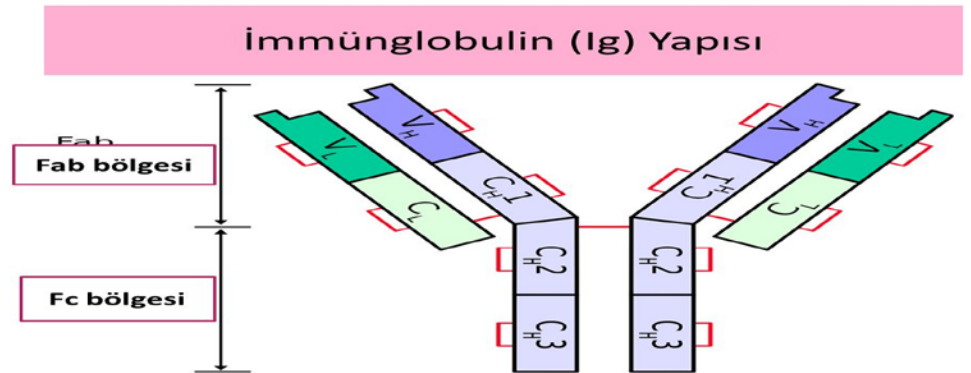
o Serum albumin

- o Tahminen süte kan serumundan geçmekte olup memelilerin sütünde ve kan serumunda bulunan 580 kalıntı proteinden oluşmaktadır.
- o Sığır serum albumininin tümör gelişimini önleyici etkisi özellikle insan göğüs kanseri üzerine yoğunlaşmaktadır.
- o İnek serum albumini sütte ve PAS proteinlerinde çeşitli miktarlarda bulunur. Meme bezi hücrelerindeki sıkı bağlantı noktalarında kan serumundan proteinlerin sızması sonucu süte geçer .



• İmmünglobulinler

- İmmünglobulinler, spesifik antijenlerin stimülasyonuna cevap olarak sentezlenen, kanda bulunan antikordur.
- Tipik olarak globular proteinlerdir ve ısıya duyarlıdır.
- Tek bir alt grupta bile oldukça heterojen bir yapıya sahip, büyük protein molekülleridir.
- Çok farklı salgı hücreleri tarafından oluşturulmaları ve her birinin farklı peptit zincirleri oluşturmaları olağandır. İlaveten, molekülün bir kısmı, özel bir antijeni nötralize etmek için spesifik olarak oluşturulmuştur.



- Sütteki immunglobulinlerin çeşitli sınıfları tanımlanmıştır, Bunlar;
- G (gamaglobulin), A ve M (makroglobulinler)'dir.
- **IgG** birçok antijene karşı etki göstermekle birlikte bakteriyel üremeyi engeller.
- **IgM**, polisakkarit gruplara (bakteri hücre duvarında yer alır) ve özellikle bakteri ve virüs içeren partiküllere karşı bir antikordur.
- IgM partiküller üzerine yoğunlaşır. Tek bir IgM molekülü iki etkeni etkisiz hale getirebilir (molekülün dış kısmındaki reaktif bölgelerle). Bu yoğunlaşma işlemi aglütinasyon olarak tanımlanır ve bu durumda IgM aglütinindir.
- Aglütinasyon reaksiyonu antijene spesifiktir ve pH ve iyonik güç ile yakından ilişkilidir .

- Sütteki immunglobulinler bağırsak mukozasını patojenlere karşı korur. Özellikle inek sütünde **en yaygın bulunan immunglobulin proteini IgG1** dir.
- Kolostrum süte oranla 40-300 kez fazla immunglobulin içerir ki bunların temel görevi yeni doğana kendi immun sistemini geliştirene kadar pasif immunité sağlamaktır.
- Immunglobulinlerin çok sayıda fonksiyonu vardır ki bunlardan bazıları komplementi aktif etmek, **bakteriyel opsonizasyon** (Bakteri hücrelerini immun yanıtı duyarlı hale getirmek) ve aglütinasyonu sağlamaktır.
- Bakterilerin yüzeyindeki spesifik bölgelere bağlanmak suretiyle, bakterileri inaktive ederler. Farklı türlere ait sütlerde farklı miktarlarda ve çok değişken familyalara ait immunglobulinler bulunabilmekle birlikte bireysel değişiklikler de söz konusudur. İnsan kolostrumu ve sütü sığır sütüne oranla daha az IgG içermekle birlikte daha fazla IgA içermektedir.



- Sütteki immunglobulinlerin bazı propionik asit bakterini inhibe ettiği bilinmektedir. Sütteki IgM, içerdiği laktenin L1 ve L3'den dolayı gram pozitif bakterilerinin inhibisyonunda önemli bir rol oynar.
- Bu lakteninler aynı zamanda aglütinlerdir.
- L1 özellikle *Streptococcus pyogenes*'in, L3 ise *Lactococcus lactis*'in alttürleri üzerine etkilidir. Bunların aglütinatif etkileri oldukça spesifiktir.
- Doğumdan sonraki ilk birkaç güne kadar buzağı doğal yolla aldığı immunglobulinleri kolostrum vasıtasıyla kana geçirir.
- Kolostrum proteolitik enzimleri özellikle tripsini inhibe eden bir içeriğe sahiptir. Bunun ötesinde immunglobulinleri etkilemeyen kimozin yeni doğanların abomasumunda bulunan proteolitik bir enzimdir ve pepsinden bu yönüyle oldukça farklıdır. Buzağı büyüdükçe daha fazla pepsin üretilir.



- İmmunglobulinler sütte yüksek konsantrasyona ilk birkaç saatte ulaşır ki (%20) takip eden 48-72. saatlerde %0.5'e kadar düşerek laktasyon periyodu boyunca bu seviyede kalır.
- İnek kolostrumu ve serum protein konsantrat ve izolatları, özellikle immun sistemi desteklemek ve atletlerde kas gelişimini attırmak amacıyla sıklıkta marketlerde yer almaktadır .
- Kolostrumla beslenen buzağuların bakterilere karşı antikor düzeyleri önemli ölçüde artarak hastalıklara duyarlılıkları azalır.
- Patojenlere karşı etkilerinden öte, fagositoz stimülasyonunu artırıcı, mikrop adeztonunu engelleyici ve virus ve toksinleri nötralize edici etkileri bulunmaktadır. İmmunglobulinler hücre içi glutatyon seviyelerinin artırarak antioksidan özellik kazandırırılar.
- İmmunglobulinler arasında IgA, nonsoesifik bir mekanizma ile infeksiyöz ajanları çevreleyerek patojenlerin mukozal adezyonlarına engel olur.
- İnek sütündeki immunoglobulinler, kan immunoglobulinleri ve meme bezinde üretilen immunoglobulinlerin karışımıdır.
- Ig seviyelerinin kolostrumda oldukça yüksek (60g/ml) olması kolostrum ve kolostrum kaynaklı PAS' ın işlenmesini zorlaştırmaktadır.
- Ig'lere proses uygulanacağı zaman düşük sıcaklıklar kullanılmalıdır.

► **Proteoz pepton**

- Isıya dirençli, pH 4.6'da presipite olmayan ve %12'lik trikloroasetik asitte presipte olan bir unsurdur. Nötral pH'larda proteoz peptonların önemli bir bölümünde kazein miseli içerisinde yer almaktadır. Bu durumda peynir altı suyunda proteoz pepton bulunmazken asitle pıhtılaştırılan süt serumunda bulunmaktadır.

► **Lizozim**

- Bakteri hücre duvarının polisakkarit yapısını hedef alan bir enzimdir. Sütteki lizozimin antimikrobitel aktivitesi bakterinin hücre duvarına ilişkin lizis mekanizması ile ilişkilendirilmektedir. Sütteki konsantrasyonu genellikle çok düşük olmakla birlikte insan sütü lizozim açısından daha zengindir⁵. Lizozim hem gram negatif hem de gram pozitif bakteriler üzerinde oldukça etkilidir .





- **Laktoferrin**

- Laktoferrin monomer yapıda, globuler ve demir bağlayan bir glikoprotein olup 680 aminoasitten oluşan ve 80 kDA moleküler ağırlığa sahip bir yapıdır. Transferrin familyasında olmasına karşın demir taşıdığına ilişkin bir kanıt bulunamamıştır.
- Bununla birlikte multifonksiyonel bir protein olup N-terminalinde bulunan arjininden zengin fragmentleri güçlü antimikrobiyel, antiparaziter ve antiviral etki gösterir.
- Sığır laktoferrini ve bundan elde edilen kısmen parçalanmış peptidler infant mamalarında, çeşitli saplementlerde, ağız bakım ürünlerinde ve hayvan beslemede kullanabilmektedir.
- Bunun yanısıra antioksidan özelliklerinden dolayı kozmetik sanayinde de kullanılmaktadır. Bu protein memede sentezlenmekle birlikte süttten başka diğer ekzokrin sıvılarda da bulunabilmektedir.

- Laktoferrin multifonksiyonel bir proteindir. Antimikrobiyel, antiinflammatuar, antikarsinojenik, immunomodulator ve kemik büyüme faktörü özellikleri gösterir.
- Laktoferrin, *Bacillus stearothermophilus* ve *Bacillus subtilis* gibi bazı bakterilerin inhibisyonunda yer alır. Bu inhibisyon serumda demir iyonlarının uzaklaştırılması ile gerçekleşir. Antimikrobiyel etkisi, üremek için demire ihtiyaç duyan mikroorganizmalar üzerine yoğunlaşır.
- Serbest demir nükleik asit yanısına oksidatif bir hasar vererek mutajenik etki yaratabilmektedir.
- Sığır laktoferrini dokulardaki demiri bağlayarak bu oksidant yoluyla tetiklenen karsinomaları ve kolon kanser riskini azaltmaktadır. Akciğer, mesane, dil ve özefagus kanserlerine ilişkin de benzer sonuçlar bildirilmiştir.

- Yenidoğanların fekal florasında *Bifidobacterium* sayılarında ve serum ferritin düzeylerinde artış sağlamak için bebek mamalarının laktoferrin ile zenginleştirilmesi önerilmektedir. Yenidoğanın iki hafta boyunca sığırlaktoferrini ile zenginleştirilmiş formüllerle beslenmesi sonucu özellikle düşük ağırlıklı yeni doğanların fekal florasında *Bifidobacterium* türlerinin artarak *Enterobacteriaceae*, *Streptococcus* ve *Clostridium* türlerinde azalma eğilimi görüldüğü belirtilmektedir. İnek sütünde laktoferrin konsantrasyonu çok düşük, insan sütünde ise oldukça fazladır.
- Laktoferrinin patojenlere karşı vücut savunmasında direk bir rol oynadığına ilişkin çalışmalarda, nötrofil laktoferrin düzeyleri düşük olan bireylerin enfeksiyona daha duyarlı oldukları ortaya konmuştur. Bazı çalışmalarda *Helicobacter pylori* eradikasyonu için PAS protein konsantratlarının etkili olduğu belirtilmektedir.
- *Helicobacter pylori* enfeksiyonları düdenal ülserlerin % 90 'ından sorumlu tutulmaktadır. *Helicobacter pylori* hastalarına farklı doz ve sürelerde uygulanan antibiyotikle birlikte laktoferrin uygulamalarının 7 gün içerisinde %100 eradikasyon ile sonuçlandığı belirtilmektedir.

► **Kazeinin parçalanması ile PAS'a geçen proteinler**

Gliko makro peptitler (GMP) bazı karaciğer hastalıklarının kontrolüne yönelik diyetlerde kullanılmaktadır. Bunun ötesinde PAS proteinlerinin yoğun olarak kullanıldığı formüllerle beslenen bebeklerde hipertreoninemia şekillendiği dolayısı ile erken doğan infantlar için bu formüllerden treoninden zengin GMP nin uzaklaştırılması ve bu yolla insan sütüne daha yakın bir formülasyon ile infant gelişiminin desteklenmesi tavsiye edilmektedir .



▶ Membran proteinleri

- ▶ Membran proteinleri yağ globüllerinin etrafını sararak koruyucu bir katman oluşturmak suretiyle emülsiyon halini kalıcılığını sağlayan protein gruplarıdır. Bazı proteinler lipid kalıntıları içerirler ve bunlara lipoproteinler denir.
- ▶ Lipitler ve bu proteinlerin hidrofobik aminoasitleri hidrofobik kısımları yağ yüzeyinde getirmek, zayıf hidrofobik kısımları su temas yüzeyine çevirmek suretiyle denge sağlarlar. Zayıf hidrofobik membran proteinleri bu proteinlerin katmanlarını hedef alarak yağ yüzeyinden suya doğru dereceli bir hidrofobi şekillendirirler. Membranda şekillenen hidrofobi; hidrofobik karakterdeki tüm moleküllerin tutunması için ideal bir yer teşkil eder.
- ▶ Membran yüzeyine fosfolipitler ve lipolitik enzimler tutunma imkanı bulur. Yapı bozulmadığı müddetçe enzimler ile substratlar arasında herhangi bir reaksiyon şekillenmezken yapı bozulduğu anda enzimler kendi substratlarını bularak reaksiyona başlarlar. Bu tarz bir enzimatik reaksiyona örnek vermek gerekirse sütün soğuk iken hatalı şekilde pompalanması sonucu yağ asitlerinden lipolitik enzim salınması veya pastörizasyon olmaksızın soğuk sütün homojenizasyon işlemine alınması verilebilir. Yağ asitleri veya bu enzimatik reaksiyona sebebiyet verecek diğer maddeler süt ürününe acı bir tat verirler .



▶ **Sütteki enzimler**

- ▶ Enzimler yaşayan organizmalar tarafından üretilen proteinlerdir. Kimyasal reaksiyonları tetikleme ve reaksiyonları hızlandırma ve etkileme yetenekleri vardır. Bu sebeple bunlara biyokatalizör de denilmektedir. Bir enzimin işlevi spesifiktir ve her bir enzim sadece bir çeşit reaksiyonu katalize eder.
- ▶ Enzimatik reaksiyonu etkileyen iki önemli etken vardır ki bunlar sıcaklık ve pH'dır. Genel bir bilgi olarak enzimlerin en aktif olduğu aralık 25° ila 50° C'dir. Aktiviteleri, optimum sıcaklıkların üzerine çıktığında (50° ila 120°C) tamamen son bulur. Bu sıcaklıklarda enzimler ya tamamen ya da kısmen denatüre olarak inaktive hale gelirler. İnaktivasyon derecesi bir enzimden diğerine değişiklik gösterir. Bu gerçekten yola çıkarak sütün pastörizasyon dereceleri belirlenir. Enzimlerin bazıları asit solüsyonda bazıları alkali çevrelerde optimum aktivasyon gösterebilir.
- ▶ Sütteki enzimler memeden veya bakterilerden gelir; memeden gelenler sütün normal bileşenleridir ki bunlara orijinal enzimler denir. Bakteriyel enzimler ise sütteki bakteri tipine, yoğunluğuna ve populasyon yapısına göre değişir. Sütte bulunan bazı enzimler sütün kalite değerlendirmesinde ve kontrolünde kullanılmaktadır. En önemlileri arasında peroksidaz, katalaz, fosfataz ve lipaz bulunmaktadır.



▶ **Peroksidaz**

- ▶ Peroksidaz, hidrojen peroksitteki oksijeni diğer maddelere taşır. Süt 80°C'nin üzerinde birkaç saniye ısı işlemi gördüğünde bu enzim inaktive olur. Dolayısıyla sütte peroksidaz varlığı, sütün 80° C üzerinde ısı işlemi görüp görmediğini belirlemek amacıyla test edilir.

▶ **Katalaz**

- ▶ Katalaz, hidrojen peroksiti su ve serbest oksijene parçalar. Sütte bu enzim vasıtasıyla salınan oksijen miktarı belirlenerek sütün katalaz içeriği ölçülmüş olur. Bu yolla sütün sağlıklı bir memeden salınıp salınmadığına karar verilir. Hastalıklı bir memeden salınan bir sütte katalaz içeriği önemli bir miktarda artarken sağlıklı memeden gelen sütte çok düşük miktarlardadır. Bunun yanı sıra katalaz üreten birçok bakteri de bulunmaktadır. Katalaz enzimi 75 °C'de 60 saniyelik ısı işlemi ile yok olur.



▶ **Fosfataz**

- ▶ Fosfataz, fosforik asit esterlerini fosforik asit ve alkollere parçalar. Sıradan bir pastörizasyon işlemi ile (72 °C'de 15-20 saniye) yok olur. Bu nedenle fosfataz testi sütte pastörizasyon uygulamalarının düzgün şekilde yapılıp yapılmadığını anlamak için kullanılmaktadır. Analizin pastörizasyon ile aynı gün yapılması gerekmekte aksi takdirde reaktivasyon şekillenerek pozitif sonuç vermektedir. Süt 5 °C'nin altında soğuk muhafazaya alındığında fosfotaz testi yanlış sonuç verebilmektedir.

▶ **Lipaz**

- ▶ Lipaz, yağları gliserol ve serbest yağ asitlerine parçalamakta, açığa çıkan serbest yağ asitleri sütte acı tat ile sonuçlanmaktadır. Bu enzimin aktivasyonu çoğunlukla çok zayıf olmakla birlikte bazı ineklerden sağılan sütler çok güçlü lipaz aktivitesine sahip olabilmektedir. Sütteki lipaz miktarı laktasyon periyodunun sonuna doğru önemli bir artış göstermektedir. Lipaz sıklıkla pastörizasyon ile inaktif hale gelmekle birlikte total inaktivasyon için çok daha yüksek ısı uygulamalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Birçok mikroorganizma lipaz üretebilmektedir. Bu ciddi bir problem yaratır ki enzim ısıya oldukça dirençlidir.
-



▶ **Laktaz**

- ▶ Sütte bulunan laktik asit bakterileri (LAB), laktozu glikoz ve galaktoza parçalayan laktaz enzimine sahiptir. LAB'ların sahip olduğu diğer enzimler, sonrasında glikoz ve galaktozu da parçalayarak temel olarak laktik asit açığa çıkarırlar. Bu reaksiyonlarda yer alan enzimler belli bir sıra dahilinde etki gösterirler. Süt ekşidiğinde laktoz, laktik aside fermente olmuştur.
- ▶ Süt çok yüksek derecelere ısıtılarak bir müddet bu derecelerde tutulduğunda esmerleşir ve karamel bir tat alır. Bu durum laktoz ve proteinler arasında gerçekleşen Maillard reaksiyonu sonucudur.
- ▶ Işığa maruz kaldığında sütteki metyonin amino asidi, riboflavin (Vit B2) ve askorbik asidin (Vit C) de katıldığı komplike bir reaksiyonla “metyonal”e dönüşür. Metyonal, güneş ışığından kaynaklanan tat değişikliğinin en önemli sebebi olarak bilinmektedir. Metyonin bulunmayna sütlerde ışıkla meydana gelen değişikliklerden proteinlerin fragmentasyonu sorumlu tutulur. Güneş ışığına bağlı gelişen tat değişikliklerinden;
i) Işık yoğunluğu (direk güneş ışığı, yapay ışık kaynakları, özellikle florasan tüpler)
ii) Maruziyet süresi, iii) Maruz kalan sütün genel özellikleri(örneğin homojenize süt ışığa daha duyarlıdır) iv) Ambalaj materyali (plastik ve kağıt gibi opak materyaller normal koşullar altında daha koruyucudur) sorumlu tutulmaktadır.



SONUÇ

- Süt proteinlerinin biyoyararlılıklarına ilişkin birçok çalışma yapılmış ve sayısız sağlık etkilerinden bahsedilmiştir. Süt proteinleri günümüze kadar özel diyet formülasyonlarında başarılı bir şekilde kullanılmıştır.
- Bununla birlikte süt proteinlerinin biyoyararlılıklarına ilişkin in vitro çalışmalar esnasında açığa çıkan komplekslerin, sindirim esnasında açığa çıkıp çıkmama durumu henüz net bir açıklamaya kavuşmuş değildir.
- Nitekim gıda teknoloji uygulamaları gereği ileri işlem gören proteinlerin yapılarında meydana gelen değişiklikler biyolojik aktivitelerini yitimeleriyle sonuçlanabilmektedir.

- Her ne kadar proteinler çevrede kendi tolerans limitlerindeki ısı ve pH aralığında bulunsalar da kendi biyolojik fonksiyonlarını korumaya meyil ederler.
- Bununla birlikte maksimum sıcaklıkların üzerinde ısı işlemi gördükleri zaman yapılarında değişiklikler gözlenir ve denatüre olurlar. Yine asitlerle, bazlarla muamele edildiklerinde, radyasyona maruz kaldıklarında aynı şekilde denatüre olurlar ve orijinal çözünebilirliklerini yitirirler.
- Proteinler denatüre olduklarında biyolojik aktiviteleri son bulur. Bunun nedeni molekül içindeki bazı bağların kopması ve protein yapısında meydana gelen değişikliklerdir. Zayıf bir denatürasyondan sonra proteinler bazen orijinal durumlarına dönerek biyolojik fonksiyonlarını restore edebilirler. Çoğu kez denatürasyon geri dönüşümsüzdür.
- Süt ve süt ürünlerinin biyoaktif komponentlerinin fonksiyonel gıda, infant formülasyonu, özel diyet ve farmasötik ürün üretiminde kullanımına ilişkin çalışmalar sürmektedir.

