

SÜTÜN NİTELİKLERİ

Sütün mineral maddeleri

Katyon ve anyonlardan oluşan iyon halindeki mineral maddeler sütte yaklaşık % 0.70 oranında bulunur. Sütün içerdiği mineral maddeler, miktar açısından çok miktarda bulunanlar makro elementler ile daha az miktarda yer alan iz elementler olmak üzere iki gruba ayrılır.

Makro elementler: Sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, klor, fosfat, sülfat, bikarbonat ve sitrat.

İz elementler: Demir, bakır, kobalt çinko, kurşun, kalay, flor, iyot, brom, silisyum, selenyum ve bordur.

Kaynağını kandan alan mineral maddelerin miktarı; hayvanın tür ve ırkına, laktasyon dönemine, meme hastalıklarına, hayvanın beslenme durumuna ve mevsimlere bağlı olarak değişim gösterir.

Mineral maddelerin sütteki fonksiyonları:

Yüksek besleme değerine sahiptir. Süt kalsiyum ve fosforca zengindir. Kalsiyum kemik (iskeletin % 85'i tri-kalsiyum fosfattan oluşmuştur) ve dişlerin temelini oluşturmaktadır. Ayrıca vücuttaki demir eksikliğinin olumsuz etkilerinin azaltılması, proteinlerin sindirimini kolaylaştırması ve kanın pıhtılaştırılmasında rol oynaması açısından önemlidir.

Süt proteinlerinin koloidal durumunun korunmasına yardımcıdır. Burada yine kalsiyum önem taşımaktadır ve kazein kompleksinin bileşenlerindedir.

Süt ve ürünlerindeki bazı kimyasal reaksiyonlarda yer alması bakımından önem taşır. Kalsiyum iyonları olmaksızın süt peynir mayasıyla pıhtılaşmaz ve peynir yapımı gerçekleşmez. Sütte ayrıca kalsiyum magnezyum iyonlarıyla fosfat ve sitratlar arasında bir denge vardır bu da koloidal stabiliteyi sağlar. Denge bozulunca sütün ısıya dayanımı azalır, sterilize içme sütleri ve koyulaştırılmış sütlerin depolama ömrü kısılır. Demir ve bakır süt yağının oksidasyonunda etkilidir.

Vitaminler

Yaşam için gerekli olan vitaminlerin hemen hepsi sütte bulunur. Ancak bazılarının miktarı gereksinimi karşılayacak düzeyde değildir.

Sütte bulunan başlıca vitaminler şunlardır:

-Yağda çözünen vitaminler: A vitamini (retinol), D₃ vitamini (kolkalziferol), E vitamini (tokoferol), K vitamini.

-Suda çözünen vitaminler: B₁ vitamini (tiyamin), B₂ vitamini (riboflavin, laktoflavin), B₆ vitamini, B₁₂ vitamini, B₁₃ vitamini, C vitamini (askorbik asit), H vitamini (biyotin), pantotenik asit, folik asit (pteriol glutamik asit), nikotinik asit (niasin).

Sütün çeşitli ürünlere işlenmesi sırasında uygulanan teknolojik işlemlerin vitaminlere mümkün olduğunca az zarar vermesine dikkat edilir. Ancak ne kadar dikkat edilirse edilsin kayıplar meydana gelebilmektedir.

Vitaminler süt ve ürünlerini farklı yönlerden etkilemektedirler. A vitamininin provitamini olan β-karoten ve laktoflavin (B₂) gibi vitaminler süt ürünlerinin karakteristik renklerinin oluşmasında etkilidirler. Yazın üretilen tereyağlarının rengi bu nedenle daha sarıdır. Bazı vitaminler antioksidan olarak görev yaparak sütün redoks potansiyelini etkiler. E vitamini tereyağının kimyasal olarak bozulmasını engeller, askorbik asit ise süt ve tereyağında indirgen madde olarak oksidasyonu engeller. Bazı vitaminler süt ürünleri için yararlı mikroorganizmaların gelişmelerine katkıda bulunur. Mikroorganizmalar gelişmeleri sırasında vitamin azalmasına neden olmakla birlikte bazılarını sentezleyerek vitamin miktarını artırabilirler. Örneğin laktik asit bakterileri C vitamininde artışa neden olabilmektedir.

Enzimler

Canlılarda kimyasal reaksiyonları düzenleyen organik katalizörler vardır. Bunlara enzim adı verilir. Enzimlerin etkileri spesifik, her biri başka bir maddeye etki eder. Sütte bulunan enzimlerden bir kısmı kan veya süt hücrelerinde hazırlanır bunlara “doğal enzim” diyoruz. Bir kısmı da ortamdaki bakteriler tarafından salgılanır ve “bakteriyel enzim” olarak isimlendirilir. Sütte bulunan başlıca enzimler şunlardır:

-Katalaz: Hidrojen peroksidi su ve oksijene parçalar. Sıcak ülkelerde bakteri faaliyetini engellemek için çiğ sütlere katılan hidrojen peroksidin zararsız hale getirilmesinde kullanılır. Ağız sütleri ve mastitisli sütlerde miktarı yüksektir bunların ayırt edilmesinde kullanılır. Süt kökenli bir enzimdir.

-Lipaz: Yağları parçalayarak kötü kokulu yağ asitlerini ortaya çıkartır. Yağlı ürünlerin raf ömrünü kısaltır. Pastörizasyon ile inaktif olur. Bakteriyel enzimdir.

-Fosfataz: Organik fosfatları parçalar. Bu enzim ısıya en dayanıklı patojen mikroorganizma olan verem mikrobuyla aynı sıcaklıkta imha olmaktadır. Bu nedenle enzimin varlığına bakarak pastörizasyonun yeterli düzeyde yapıp yapılmadığına karar verebiliriz.

-Peroksidaz: Hastalıklı hayvanların sütlerinde daha fazla bulunur. Kaynatmaya yakın sıcaklıklarda inaktif olduğundan yüksek ısı işlem uygulanmış sütlerle pastörize sütleri ayırt etmede kullanılır.

-Proteaz: Proteinli maddeleri basit bileşiklere parçalar. Peynir olgunlaşmasında rol oynar.

Mikroorganizmalar

Süt, memede sentezlenmeye başladığı andan itibaren sağım, muhafaza, ürünlere işleme, olgunlaşma ve tüketim aşamalarında sürekli olarak mikroorganizmalarla iç içe bulunur. Süt teknolojisinde yararlı olan mikroorganizmalar ürünlerin üretimi için kullanılması mutlak gereklidir, tat ve aroma ile yapının oluşmasını sağlar. Bunlar starter kültür olarak süte ilave edilir. Zararlı mikroorganizmalar ürünleri olumsuz yönde etkilediği gibi insan sağlığı üzerinde olumsuz etkide bulunur. Süt ve mamüllerinde bulunan mikroorganizmalar ve etkileri aşağıdaki gibidir:

-Mayalar: Kefir ve kıymaz gibi ürünlerde *Saccharomyces* ve *Torulopsis* cinsi mayalar bulunur. Camembert ve Brie gibi yumuşak ve üst yüzeyi küflü peynirlerde *Candida*, *Torulopsis* ve *Geotrichum candidum* yer alır. *Kluyveromyces* türleri kıymaz fermentasyonunda görev alır, ancak peynir olgunlaşmasında bozulmalara neden olur. Keza proteolitik ve lipolitik aktiviteye sahip *Rhodotorula* cinsleri de süt, krema, taze peynir ve salamuralarda bozulmaya neden olur.

-Küfler: Süt endüstrisinde *Penicillium* ve *Oospora lactis* (*Oidium lactis*) büyük öneme sahiptir. *Penicillium roqueforti* 'den Roquefort peynirinin, *Penicillium camemberti* 'den Camembert peynirinin olgunlaşmasında yararlanır. *Oidium* türleri; süt, krema, tereyağı, ve yumuşak peynirlerde yüzeyde bozulma meydana getirirler. Yarı sert ve yumuşak peynir olgunlaşmasında kullanılır. Süt yağını parçalayarak acılaşımaya neden olurlar. *Aspergillus* türü küfler toksik etkiye sahip olan aflatoksin üretirler.

-Bakteriler: *Streptococcus*, *Leuconostoc* cinsi bakteriler laktik asit fermentasyonu ile süt ürünleri üretiminde starter kültür olarak kullanılır. *Clostridium* cinsleri süt ve ürünlerinde istenmeyen tat ve koku oluşturan bütirik asit oluştururlar. Proteolitik bakteriler (*Pseudomonas*, *Clostridium*, *Pseudomonas*) proteinleri, *Pseudomonas*, *Alcaligenes* türü lipolitik bakteriler yağları parçalayarak acılığa neden olurlar. Koliform bakteriler (*E.coli*, *Enterobacter aerogenes*) ürünlere gaz ve asit oluşturur, peynirlerde şişmeye neden olur. Bazı bakteriler sütte gri-mavimsi, kahverengi ve kırmızı renk oluşturur, bazı türler (*Alcaligenes*) yapışkanlığa neden olurlar.

Süt ve mamülleri ile bulaşan hastalıklar

Pek çok hastalık etkeni olan patojen mikroorganizmalar ve toksinler genellikle; hasta hayvanın kanından veya hayvan vücudunun dış kısmındaki enfeksiyonlardan, çevreden, sütün sağımı ve işlenmesiyle uğraşan ve de hastalık mikrobu taşıyan insanlardan süte, süt ve mamüllerinden de insanlara bulaşabilir. Bu nedenle süt ve mamüllerinden insanlara bulaşan hastalıklar; insanlardan, hayvanlardan ve çevreden süt aracılığıyla bulaşan hastalıklar olmak üzere 3 grupta incelenir.

Süt ve mamüllerinin neden olduğu hastalıklar denildiğinde genellikle bakteriyel, viral ve fungal kaynaklı enfeksiyonlar ile mikroorganizma toksinlerinden kaynaklanan gıda zehirlenmeleri diğer bir ifade ile intoksikasyonlar söz konusudur. Enfeksiyonlar süt ve mamüllerinin patojen mikroorganizmalarla kontaminasyonu sonucunda bunların vücuda alınması ve çoğalmasıyla gerçekleşir. *Salmonella*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Vibrio parahaemolyticus* gibi bakterilerin neden olduğu hastalıklar direkt yolla bulaşır ve süt mamülleri çoğalmalarını destekler. Tüberküloz, difteri, dizanteri, Q humması, kolera gibi hastalıklar ise indirekt yolla bulaşır. Süt ve mamülleri bu etkenlerin üremesini desteklemez sadece taşırlar. İntoksikasyonlarda bakteri kaynaklı toksinlerin neden olduğu hastalıklar söz konusudur. Burada patojenler süte girerek çoğalır ve belirli bir sayıya ulaştığında toksini sentezler. *Aspergillus flavus* gibi bazı küfler çeşitli çevre koşullarının etkisiyle aflatoksin adı verilen kanserojenik toksinler oluşturur.

Süt gazları

Sütün bileşiminde, hacimce % 5-8 oranında bulunan ve kan yoluyla süte karıştıkları kabul edilen oksijen, karbondioksit ve azot gazları bulunur. Ancak belirtilen miktar; sağım, işleme ve depolama koşullarına göre değişiklik gösterir. Örneğin; çalkalama, soğutma, ısıtma, havalandırma işlemleri gaz miktarının azalmasına neden olabilir.

Sütte az miktarda bulunan oksijen; vitamin aktivitesi, aerop ve anaerop bakteri faaliyetini etkiler, oksidatif ransiditeyi artırarak üründe tat bozukluklarına neden olur. Karbondioksit miktar olarak en fazla bulunan gazdır. Süte bulaşan mikroorganizmalar faaliyetleri sonucunda CO₂ gazı oluştururlar. Ayrıca bazı peynir çeşitleriyle kefire CO₂ ilave edilerek ürünün karakteristik aroma ve yapısının oluşması sağlanır. İnert bir gaz olan azotun süte herhangi bir etkisi yoktur. Süt ürünlerinin depolanmasında oksidatif bozuklukları önlemek amacıyla oksijen alınarak yerine azot gazı verilebilir.

Organik asitler

Sütte çok az miktarlarda; laktik, bütirik, propiyonik, oksalik, orotik, pirüvik, sitrik ve ürik asit bulunur. Bu asitler genel olarak sütün tampon sistemine ve ürünlerinde tat-aroma maddelerinin oluşumunda etkilidirler. Stafilokok ve koli bakterilerinin gelişmesini belirli ölçüde engeller.

Hormonlar

Hormonlar organizmanın endokrin bezleri aracılığıyla salgılanırlar. Süt hayvanının vücudundaki hormonlar sütün oluşumunu ve sağım sırasında salgılanmasını sağlarlar. Kan aracılığıyla süte geçerler. Miktarı oldukça düşüktür (nano gram =10⁻⁹ gram düzeylerinde) ve biyolojik olarak belirleyici özellikleri yoktur. Sütte bulunan belli başlı hormonlar; östrojenler, prolaktin, progesteron, prostaglandin ve somatotropindir.

Koruyucu maddeler (Antikorlar)

Sütün doğal yapısı içerisinde, canlıyı dış etkilere koruyan bazı patojen bakterilere karşı bakterisid etki gösteren maddeler bulunur. Bunlara koruyucu maddeler, bağışıklık maddeleri ya da antikorlar adı verilir. Sütte bulunan koruyucu sistemler ya da maddeler:

-Laktoperoksidaz sistemi: Laktoperoksidaz sütte bulunan bir enzimdir. Ortamda hidrojen peroksit ve tiyosiyanat bulunması ile aktivite gösterebilir. Koliform grubu bakteriler, *Salmonella*, *Shigella*, *Pseudomonas* gibi bakterileri inhibe eder. Hijyenik koşulların iyi olmadığı iyi soğutulmamış çiğ sütlerin işletmeye naklinde koruyucu madde olarak kullanılabilir.

-Lisozim: Antibakteriyel enzimdir. Bazı gram pozitif bakterilere karşı etkilidir. Özellikle sert ve yarı sert peynir üretiminde kullanılarak *Clostridium* türü bakterilerin neden olduğu geç şişme problemi önlenebilir

-Laktoferrin: Demir bağlayan proteindir. Akut iltihaplı ineklerin sütlerinde miktarı artarak *Escherichia coli* ve diğer patojenleri öldürür.

-İmmünoglobülinler: Proteinli maddelerden olan immünoglobülinler de bağışıklık maddesi olarak görev yaparlar.

Somatik hücreler

Sütün sentezlenmesi sırasında kandan gelen ve memenin epitelyum hücrelerinden ayrılan bir miktar hücre sütte bulunabilir. Bunlara vücut kökenli anlamına gelen somatik hücreler adı verilir. Mikroorganizma hücrelerinden ayrılan en büyük özellikleri bunların çoğalmamalarıdır. Sütteki toplam hücre sayısının % 60-70'i epitelyum hücrelerinden oluşur. Epitelyum hücrelerinin yanı sıra lökositler, eritrositler ve lenfositler de kan yoluyla süte geçerler.

Süte bulaşan yabancı maddeler

Sütün bileşiminde doğal olarak bulunmayan, sütün işlenmesi sırasında ilave edilmeyen fakat çeşitli kaynaklardan süte bulaşan yabancı maddeler 5 grupta toplanır:

- a. Temizlik ve dezenfeksiyonda kullanılan dezenfektan ve deterjan kalıntıları
- b. Hayvan hastalıklarında tedavi amacıyla kullanılan başta antibiyotikler olmak üzere ilaç kalıntıları
- c. Hayvan ve bitki zararlılarıyla mücadele etmek amacıyla kullanılan zirai mücadele ilaç kalıntıları
- d. Metalik kalıntılar
- e. Radyoaktif madde kalıntıları

Sütün Duyusal Özellikleri

- Renk

Normal bir süt porselen beyazı renginde algılanır. Bu renk sütteki kalsiyum-kazeinat ve süt yağı taneciklerinin ışığı yansıtmasından kaynaklanmaktadır. Sütün pıhtılaştırılmasıyla ayrılan peyniraltı suyunun yeşilimsi sarı rengi bu renkte pigment maddelerini içeren riboflavinden ileri gelmektedir. Hayvanların tür, ırk özellikleri ile yediği yem de renk üzerinde etkilidir. Genellikle inekler yemdeki karoteni daha fazla süte geçirme özelliğine sahip olduğundan diğer türlere göre sütleri daha sarı olur. Yemdeki karoten belirli değişikliklere uğrayarak A vitaminine dönüştükten sonra süte geçtiği için manda sütlerinin rengi daha beyazdır. Hile amacıyla su katılmış, yağı alınmış sütler ile kurumaddesi düşük olan sütlerde mavimsi renk görülür. Bazı mikroorganizmalar ve bunların neden olduğu hastalıklar sütün rengini değiştirir. Özellikle sarılık, mastitis şap ve antraks gibi hastalıklarda anormal sarı bir renk, meme kanamaları ve bazı bakterilerin etkisiyle kırmızı, mavi ve kahverengi gibi anormal renkler görülebilir.

- Tat ve koku

Normal süt hafif tatlımsı hoş bir tada sahiptir. Bunda laktoz, süt yağı ve mineraller arasındaki dengenin etkisi vardır. Kuvvetli bir aromaya sahip değildir ve tanımlanması oldukça güçtür. Kurumaddesi yüksek olan sütlerin tat ve kokusu daha güçlü algılanır. Asetaldehit, aseton ve bütirik asit gibi aroma maddeleri ve bazı uçucu bileşikler tat ve kokudan sorumludur. Bu maddeler çoğunlukla yağ ve protein üzerine absorbe edilir.

Sütün tat ve kokusu; yem, çevre koşulları, verilen ilaçlar, mikroorganizma ve enzim faaliyetleri ve teknolojik işlemlerden etkilenir. Ahır kokusu ile soğan, sarımsak, lahana, pırasa gibi kötü tat ve kokulu yemler sütün tat ve kokusunu etkiler. Silajlamada yüksek bütirik asit oluşmuşsa bunun kokusu da süte geçebilmektedir. Bu nedenle silajla beslenen ineklerin sütlerinde duyusal kalitenin azaldığı saptanmıştır. Yemin dışında uygun olmayan sağım koşulları ve sağım kapları sütün duyusal niteliklerini etkiler.

Süt mikroorganizmalar için iyi bir gelişme ortamı olduğundan, bunlardan kaynaklanan biyokimyasal reaksiyonlarla hoş gitmeyen aroma maddeleri açığa çıkmaktadır. Laktozun fermantasyonuyla oluşan süt asidinin etkisiyle sütte ekşimsi tat, proteolitik mikroorganizmaların ve enzimlerin etkisiyle proteinlerin peptitlere ve amino asitlere parçalanmasıyla acımsı tat, lipolitik mikroorganizmaların süt yağını parçalaması ve serbest yağ asitlerinin ortaya çıkmasıyla acımsı tat oluşur. Ayrıca meme hastalıklarında sütteki laktoz miktarı azalıp klor miktarı arttığı için süt tuzlumsu tada sahip olabilir. r

Bunların dışında güneş ışığı, oksijen ve demir, bakır gibi ağır metallerin katalitik etkisiyle doymamış yağ asitleri oksitlenerek sütte oksidatif tat bozukluğu oluşabilir. Bu nedenle sütler toplanma sırasında ışık altında bekletilmemesi gerekir.

Bazı teknolojik işlemler sütün tat kokusunu etkiler. Homojenizasyon sütün daha lezzetli algılanmasını

sağlarken, yüksek ısı işlemler pişmiş tat ve koku oluşmasına neden olur. Bunu nedeni sıcaklığın etkisiyle kükürtlü amino asitlerden serbest hale geçen sülfidril gruplarıdır. Yine ısı işlemin etkisiyle koyulaştırılmış süt ve UHT sütlerde meydana gelen Maillard reaksiyonuyla sütün rengi kahverengileşir ve karamel tadı oluşur.

Sütün Fizikokimyasal Özellikleri

- Asitlik

Bileşimindeki zayıf organik asitler nedeniyle süt sağıldığında hafif asidik reaksiyon gösterir. İlk asitlik veya doğal asitlik olarak nitelendirilen bu asitlik; birinci derecede kazein, fosfat sitratlardan ikinci derecede albumin, globulin ve CO₂ den kaynaklanır. Sağımdan sonra sütte bulunan veya kontamine olan mikroorganizmaların etkisiyle laktik asit oluşarak asitlik artar. Buna da gelişen asitlik denir. Dolayısıyla süt sağıldıktan herhangi bir süre sonra belirlenen asitliği toplam asitliktir.

Toplam asitlik = Doğal asitlik + gelişen asitlik

Asitlik, pratik olarak titrasyon yöntemiyle belirlenir ve sonuç Soxhlet-Henkel Derecesi olarak veya kısaca °SH cinsinden gösterilir.

Soxhlet-Henkel Derecesi: 100 ml sütün asitliğini nötralize etmek için kullanılan N/4'lük NaOH'in ml cinsinden miktarıdır.

Süt ve süt ürünlerinde asitlik, pH metre aleti kullanılarak pH cinsinden de belirlenebilir. Buna gerçek veya aktüel asitlik denir. Gerçek asitlik ile ortamdaki dissosiyasyon serbest hidrojen iyonlarının miktarı saptanmaktadır. pH ve °SH arasında hiçbir matematiksel ilişki yoktur. Sıcaklık artışı titrasyon asitliğini azaltır. 60°C'den sonra CO₂ uçar ve Ca fosfor asidi tuzları çözünemez hale gelir. Ancak kaynama noktasının üzerinde Laktoz parçalanarak bazı asitler oluşur ve asitlik artar.

- Yoğunluk

Yoğunluk belirli bir hacmin ağırlık olarak ifadesidir. Özgül ağırlık ise; T°C'deki ağırlığının (ml), aynı hacimdeki ve sıcaklıktaki suyun ağırlığına oranıdır. Diğer bir deyişle o maddenin sudan kaç kez ağır olduğunu belirtir ve birimsiz ifade edilir. Süt teknolojisinde yoğunluk belirlenirken genellikle ağırlık gram (g), hacim ml cinsinden kullanılır.

$$\text{Yoğunluk } (\rho) = \frac{\text{Ağırlık (g) (m)}}{\text{Hacim (ml) (v)}}$$

Sütün yoğunluğu bileşimindeki maddelerden dolayı farklılık gösterir. Bileşime bağlı inek sütü ortalama 20 °C'de 1.033 g/ml özgül ağırlığa sahiptir. Protein, laktoz ve mineral maddelerin artması yoğunluğu artırır, yağın artması ise yoğunluğu azaltır. Sütün yoğunluğu sıcaklığa bağlıdır ve sıcaklık arttıkça yoğunluk azalır. Yoğunluk 10-20°C'ler arasında ölçülmelidir.

- Donma ve kaynama noktası

Donma ve kaynama noktası sütün en sabit fiziko-kimyasal özelliğidir. Bu özelliği sütte gerçek çözelti halinde bulunan laktoz ve mineral maddeler etkiler. Bu maddelerden dolayı sütün suya göre donma noktası daha düşük ve kaynama noktası daha yüksektir. Süt -0.540°C'de donar ve 100.16°C'de kaynar. Laktoz ve süt tuzlarının konsantrasyonu süte su ve nütürleyici madde katıldığında ve biyokimyasal olarak laktoz parçalandığında değişir. Dolayısıyla süte hile yapıp yapılmadığını anlamak için donma noktası saptanır. Su katılan sütlerde donma noktası yükselir. Nütürleyici madde katılmış sütlerde donma noktası düşer.

- Refraktometre indisi

Işık optik yoğunluğu az olan ortamdaki (hava) fazla olan ortama (süt) geçerken sınırda kırılır. Işığın giriş ve kırılış açılarının sinüslerinin oranı bize refraktometre indisini verir. Süt bileşimindeki yağ ve protein nedeniyle ışığı geçirmez, özellikle yağ ışığı büyük ölçüde geri yansıtır. Bu nedenle ölçümden önce sütün

yağının alınması gerekir. Damıtık suyun refraktometre indisi 1.3330, sütün ise 1.3440-1.3480 arasındadır. Sütün refraktometre indisiyle; sütteki yağsız kurumadde değerini, süte katılan su miktarını, serumdaki laktoz miktarını ve süt yağının kırılma indisiyle iyot sayısını bulabiliriz.

- Ozmotik basınç

Süt bileşimindeki laktoz ve mineral maddelerin etkisiyle belirli bir ozmotik basınç gösterir. Süt kan sıvısıyla izotoniktir diğer bir ifadeyle aynı ozmotik basınca sahiptir ve 7 atm. civarındadır. Bu nedenle sütün ozmotik basıncı büyük ölçüde sabittir. Bu sabitliği sağlamak için laktoz ve klorür arasında karşılıklı etkileşim bulunmaktadır. Örneğin mastitis durumunda laktoz azaldığından basıncı dengelemek için klor miktarı artar.

Normal sütlerde laktoz ve klorür arasında bir denge vardır. Bu denge koestler değeriyle ifade edilir. Normal sütlerde koestler değeri 1.5 ile 2 arasındadır. Ancak özellikle meme enfeksiyonunda ve laktasyonun sonuna doğru klorür miktarı artar ve koestler değeri 3'e doğru yükselir. Süte su katılması ozmotik basıncı düşürür.

$$\text{Koestler değeri} = \frac{\% \text{ Klorür (0.11)}}{\% \text{ Laktoz (4.7)}} \times 100 = 2.3$$

- Kaymak bağlama yeteneği

Sütün bu özelliği yağsız süt ve süt yağı arasındaki yoğunluk farkından ileri gelmektedir. Süt oda sıcaklığında bırakıldığında 30-60 dakika sonra görünen bir krema (kaymak) tabakası oluşur. Homojenizasyon işlemi kaymak bağlama yeteneğini azaltır. Çünkü büyük globüller küçüklerden daha hızlı yukarı yükselmektedir. Pastörizasyon işlemiyle de globülün zarar gördüğünden bu nitelik olumsuz yönde etkilenmektedir. Ayrıca viskozite artışı ve sütün çalkalanması, kaptan kaba aktarılması kaymak bağlama niteliğini azaltmaktadır.

- Elektrik geçirgenliği

Süt bileşimindeki iyon miktarına bağlı olarak zayıf da olsa elektrik akımını iletir. Sütün elektrik geçirgenliği süt bileşenlerinden sodyum ve klor iyonları en önemli rolü oynar. İyon miktarında meydana gelecek artış iletkenliği de artırır. Örneğin mastitis durumunda elektrik iletkenliğine bakarak hastalığın teşhisinde yararlanılabilir. Süte su katılması yağ miktarının artışı elektrik geçirgenliğini azaltırken, asitlik gelişimi, soda katılması ve sıcaklığın yükselmesi elektrik geçirgenliğini artırmaktadır. Sütün elektrik geçirgenliği yaklaşık $3-6 \times 10^{-3}$ Siemens/cm'dir.

- Viskozite

Viskozite bir sıvının iç sürtünmesinin veya akışkanlığa karşı gösterdiği direncin ifadesidir. Dinamik viskozitenin birimi Pascal saniye (Pa.s) veya centi poise (cp)'dir. Emülsiyon haldeki süt yağı ve koloidal proteinler özellikle kazein nedeniyle sütün viskozitesi suyun yaklaşık iki katıdır. Süt kurumadde miktarının artışı, proteinlerin pıhtılaşması, homojenizasyon işlemi viskoziteyi artırır. Sıcaklığın artışıyla sütün viskozitesi önemli ölçüde gerilemektedir.

- Yüzey gerilimi

Yüzey gerilimi moleküller arası çekim kuvvetlerinin neden olduğu ve sıvılara ait olan başka bir özelliktir. Bir sıvının iç kısmındaki bir molekül, çevresindeki diğer moleküller tarafından her yönde eşit olarak çekilir. Sıvının yüzeyindeki bir molekül ise yalnızca sıvının iç kısmına doğru çekilir. Bu nedenle yüzeydeki moleküller içe doğru çekileceğinden sıvı her zaman yüzey alanını minimuma indirmeye eğilimi gösterir. Bu davranış sıvı damlalarının küresel biçimde olmasını açıklar. Yüzey gerilimi, bir sıvı yüzeyini içe doğru çeken bu kuvvetin, yani yüzey alanını genişletmek için yenilmesi gereken kuvvetin ölçüsüdür.

Süt sudan daha az yüzey gerilimine sahiptir. Çünkü, proteinler, yağlar, fosfolipidler ve serbest yağ asitleri başlıca yüzey aktif maddeler olup yüzey gerilimini azaltırlar. Bu değer kolostrumda daha da azdır. Sütte ortalama değer 50 mN/m (miliNewton/metre) veya dyn/cm'dir. Sütün yüzey gerilimi ve viskozitesi ile

köpük oluşumu yakından ilişkilidir. Sütün işlenmesi sırasında özellikle yağsız sütlerde meydana gelen kalıcı köpük oluşumu istenmeyen bir durumdur.

- Tampon özellik

Süt tampon bir çözeltilidir. pH sınını değiştirmek için önemli miktarda asit veya baz ilave etmek gerekir. Sütün tampon etkisi protein, fosfat, sitrat ve CO₂'ten kaynaklanır. Proteinleri oluşturan amino asitlerde karboksil (COOH⁻) ve amin (-NH₂) grupları bulunduğundan hem asidik hem de bazik karakter gösterir. Sütte asitlik gelişmeye başladığı zaman ortamda fazla H iyonları var demektir. Bu iyonlar amino asitleri amin grubu ile birleşir ve amonyağı (NH₃) oluşturur. Tersi durumda bazik ortamda ise fazla olan COOH grupları ortama H⁺ verir ve pH değişmez.

- Redoks potansiyeli

Redoks potansiyeli (OR – Eh) potansiyeli bir maddenin elektron kazanması veya kaybetmesindeki kolaylık olarak bilinir. Ortamdaki bir element veya bileşik elektronlarını verdiği zaman yükseltgenir (oksidasyon), elektron aldığı zaman indirgenir (redüksiyon). Bir maddenin elektron kaybetmesi veya kazanması H iyonlarını kaybetme veya kazanma şeklinde olmaktadır. Bu nedenle de OR potansiyeli hidrojen kaybetme veya kazanma şeklinde açıklanmaktadır. Madde elektron kaybettiğinde bu elektronlar ortamdaki diğer bir madde tarafından alınmak zorundadır. İki madde arasında birbirini takip eden bu indirgenme ve yükseltgenme reaksiyonları yani elektronların bir bileşikten diğerine aktarılması sırasında iki bileşik arasında potansiyel fark oluşur. Bu potansiyel fark OR potansiyeli olarak tanımlanmaktadır. Milivolt (mV) olarak birimlendirilip Eh ile sembolize edilmektedir. Genel olarak ortamın Eh'si bir pH/mV metreye takılan platin elektrot ile ölçülür. Elektronlarını kolayca verebilen madde iyi bir indirgen (redüktant), elektronları alan madde ise iyi bir yükseltgen (oksidant)'dır. Madde ne kadar okside oldursa yani ne kadar kuvvetli yükseltgen maddeler veya çözünmüş oksijen içeriyorsa o kadar pozitif elektrik potansiyeli ne kadar kuvvetli indirgen maddeler içeriyor veya çözünmüş oksijeni uzaklaştırılmışsa o kadar negatif elektrik potansiyeli gösterecektir. Ortamdaki yükseltgen ve indirgen madde konsantrasyonları eşit olduğunda Eh sıfırdır.

Sütün redoks potansiyeli üzerine çözünmüş oksijen ve serum proteinlerindeki indirgeme yeteneğine sahip sülfüdrül (-SH) grupları etkili olmaktadır. Sütün redoks potansiyeli üzerindeki en şiddetli değişiklik mikroorganizma faaliyeti sonucu görülür. Süte fazla asit oluşturan laktik asit bakterileri ilave edildiğinde redoks potansiyelinin hızlı bir şekilde düştüğü görülür. Süt ve bazı süt ürünlerinin redoks potansiyelleri aşağıda belirtilmiştir:

Yeni sağılmış çiğ süt	+250.....+350 mV
Pastörize süt	+100 mV
Yoğurt	-150 mV
Eritme peyniri	+50 mV
Emmental peyniri	-300 mV

Sütün ısıtılması sonucu, oksijenin ortamdaki uzaklaşması ve sülfidril gruplarının parçalanmasıyla redoks potansiyelinde azalma görülür. Bu nedenle pastörize sütlerin Eh değerleri çiğ süte göre daha düşüktür. Redoks potansiyelinin belirlenmesi özellikle depolanan süt ve ürünlerinin kalitelerinin belirlenmesinde önem taşır. Depolama sırasında oksidasyon sonucu meydana gelen kalite kayıpları önlenir. Peynir olgunlaşma aşamaları izlenirken SH-gruplarının serbest hale geçmeleri sonucu redoks potansiyelinde meydana gelen değişikliklerden yararlanır.

KAYNAKLAR

- Anonymous, Tarihsiz. Dairy Processing Handbook. Tetra Pak Processing Systems AB S-221 86 Lund, Sweden. P. 437.
- Metin, M. 2001. Süt Teknolojisi Sütün Bileşimi ve İşlenmesi 1. bölüm. E. Ü. Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 33, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova İzmir. S.802.
- Spreer, E. 1998. Milk and Dairy Product Technology. Marcel and Dekker Inc., Newyork, p. 483.
- Üçüncü M. 2005. Süt ve Mamülleri Teknolojisi. Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, Bornova, İzmir. S. 571.
- Yetişmeyen, A. 1995. Süt Teknolojisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1420 Ders Kitabı: 410.

Yetisemiyen, A. (Editör). 2010. Süt Teknolojisi (Bölüm 1), Ankara Üniversitesi Yayınları No:1560, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, Türkiye, 298 sayfa. ISBN: 978-975-482-750-7.