

Sütçülük Artıklarının Elektrodializle Minerallerinden Arındırılarak Değerlendirilmesi

Doç. Dr. SİDDİK GÖNÇ - YUDA GAHUN

E.Ü. Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Kürsüsü — İZMİR

Özet

Sütçülük artıkları olarak adlandırılan yağsız süt, yayıkaltı ve peynir suyu, süt şekeri, protein, yağ, vitamin ve mineral maddeleri özellikle fizyolojik açıdan çok önemli olan kalsiyum ve fosforu içermektedir. Değerlendirildiğinde işletmeye ikinci bir gelir sağlayan sütçülük artıkları çevre kirlenmesi sorununu çözmede büyük yarar sağlamaktadır.

Ekmek, bisküvi, eritme peyniri, salam, sos, şeker ve pasta sanayiinde çocuk mamalarının hazırlanmasında, yem sanayiinde, eczacılıkta, fermantasyon teknolojisinde kullanılan artıklar ilk etapta mineral maddelerinden tamamen veya belirli oranlarda arındırılmaktadır. Bu amaç için elektrodializ yöntemi geliştirilmiş ve özellikle kolloidal çözeltilerin demineralizasyonunda başarı ile kullanılmıştır. Elektrodializ yöntemi, ultrafiltrasyon ve ters osmoz gibi konsantrasyon yöntemlerinin tamamlayıcısı olduğundan önemi daha da artmaktadır.

Ülkemizde yıllık süt üretimimizin yaklaşık 3,6 milyon tonu tereyağı ve peynire işlendikten sonra elde edilen artıkların çok az bir kısmı basit şekilde değerlendirilmekte, geri kalanı ise dökülmektedir. Ülke ekonomisi, toplum dengeli beslenmesi ve çevre kirlenmesi yönünden büyük önem taşıyan artıkların değerlendirilmesinde kullanılan bu yöntemler, teknolojik gelişmenin gereği olarak çok yakın bir gelecekte Türkiye'de de uygulanacaktır.

Elektrodializ yönteminin ilkelerini, çalışma koşullarını, kullanım alanlarını ve yapılan araştırmaların sonuçlarını içeren bu derleme, yöntemin ülkemizde uygulanmasında ortaya çıkacak sorunları aşmada büyük yarar sağlayacağı düşüncesi ile hazırlanmıştır.

1 — Giriş

Yağsız süt, yayıkaltı ve peynir suyu sütçülük artıklarının en önemlileridir. Bu artıklar süt şekeri, protein, yağ, vitamin ve mineral

maddeleri, özellikle fizyolojik açıdan çok önemli olan kalsiyum ve fosforu içermektedir. Gerek bu nedenle ve gerekse ekonomik yönden sütçülük artıklarının değerlendirilmesi gün geçtikçe önem kazanmakta ve hatta çevre kirlenmesi sorununu önleme bakımından zorunlu hale gelmektedir.

Sütçülük artıklarını doğrudan doğruya, kuyulaştırarak veya toz haline getirerek değerlendirmek mümkün olmasına rağmen minerallerin fazla oluşu, kullanım miktarını ve alanlarını kısıtlamaktadır. Bu nedenle sütçülük artıklarını, ekmek, bisküvi, eritme peyniri, salam, sos, bonbon, pasta, çocuk maması, diyet, meşrubat v.b. gibi besin endüstrisinde, yem sanayiinde, eczacılıkta ve ayrıca penisilin, B₂ vitamini, laktik asit, tereyağ asidi ve alkol elde edilmesinde kullanılacak duruma getirmek veya artıklardan buna benzer alanlarda kullanılacak yüksek kalitede saf maddeleri elde edebilmek için bunların ilk etapta tamamen veya belirli oranlarda minerallerinden arındırılması gerekmektedir (2). Bu amaç için elektrodializ yöntemi, özellikle kolloidal eriyiklerin demineralizasyonunda önem kazanmış ve başarı ile kullanılmaktadır. Yöntem amaca göre yalnız başına kullanıldığı gibi, sütçülük artıklarının değerlendirilmesinde yer alan diğer Ultrafiltrasyon ve ters osmoz gibi konsantrasyon yöntemlerini tamamlar nitelikte olması önemini daha da artırmaktadır. Örneğin Ultrafiltrasyonla peynir suyu proteinlerinin konsantre edilmesinden sonra geriye kalan Ultrafiltrat elektrodializle minerallerinden arındırılmaktadır. Bu şekilde elde edilen ham şuruptan gerek meşrubat sanayiinde gerekse süt şekeri elde edilmesinde pratikte geniş ölçüde yararlanılmaktadır (2).

Ülkemizde elde edilen sütçülük artıklarının değerlendirilmesinde yukarıda adı geçen modern yöntemler henüz kullanılmamaktadır. Ancak diğer ülkelerde olduğu gibi, teknolojinin gelişmesi gereği gelecek yıllarda bizde de kullanılacaktır. Bu nedenle yapılan çalışmada elektro-

dializ yönteminin dayandığı ilkeler, çalışma koşulları, kullanma alanları ve yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlar faydalı olur düşüncesi ile derlenmiştir. İlerde yayınlamayı düşündüğümüz derlemelerde aynı kriterler esas alınarak ultrafiltrasyon, ters osmoz v.b. yöntemler üzerinde ayrı ayrı durulacaktır.

2 — Sütçülük Artıklarının Değerlendirme Nedenleri

2.1 — Ekonomik Nedenler

Bilindiği üzere sütçülük artıklarının bileşimi çeşitlerine ve elde edilmiş şekillerine göre değişmekle beraber ortalama olarak % 6,5 ile % 8,5 arasında besin maddesi ihtiva etmektedir. Besin maddesi miktarlarının nisbi olarak az olmasına karşın çok çeşitli oluşu, ayrıca bir yılda elde edilen sütçülük artıkları miktarı dikkate alındığında bu artıkların hiç de küçümsenemeyecek miktarda besin maddesi içerdiği ortaya çıkmaktadır. Nitekim Fransa'da peynir teknolojisi artığı olarak günde 200 ton peynir suyu elde edilmekte ve bunlardaki toplam kuru madde miktarı 12 tona yaklaşmaktadır. İstatistiklere göre Amerika'daki süt fabrikalarında diğer sütçülük artıkları hariç yılda 10 milyon ton peynir suyu ayrılmakta ve yaklaşık 600.000 ton besin maddesi içermektedir (2).

Ülkemizde yılda üretilen 6 milyon ton sütün yaklaşık % 60 kadarı yani 3,6 milyon tonu tereyağı ve peynire işlenmektedir. Bu teknoloji dallarından elde edilen artıkların çok az bir kısmı basit şekilde değerlendirilmekle beraber önemli bir bölümü işletmelerin dağınık oluşu, olanaksızlık ve bunun yanı sıra bilgisizlikten değerlendirilmemektedir (23). Bu nedenle ülkemizde yayıkaltı ve peynir suyu gibi sütçülük artıklarının dökülmesi ile senede 23466 ton süt yağı, 103104 ton protein, 157982 ton süt şekeri, 15113 ton mineral madde kaybı olabileceği hesaplanmıştır (16). Uraz yaptığı araştırma ve hesaplamaları Süt Endüstrisi Kurumu fabrikalarında 1976 senesinde 22397 ton ve tam kapasite ile çalışmalarını durumunda 71000 ton peynir suyu elde edileceğini, aynı zamanda bunları değerlendirmek için alınması gereken önlem ve önerileri bildirmektedir (21). Bu araştırma sonuçlarından görüldüğü gibi, son yıllara kadar atık gözü ile bakılan sütçülük ar-

tıkları ülkemizin hayvansal protein gereksinimine büyük ölçüde katkıda bulunacak durumdadır. Böylesine önem taşıyan artıkların değerlendirilmesi ülke ekonomisi ve toplumun dengeli beslenmesi yönünden mutlaka gerekli görülmektedir.

2.2 — Çevre Kirlenmesi

Sütçülük artıklarının değerlendirilmesini zorunlu hale getiren nedenlerden ikincisini çevre kirlenmesi problemi oluşturmaktadır. Sütçülük işletmelerinde hiçbir işleme tabi tutulmadan sulara karışan peynir suyu ve yayık altı gibi artıkların içerdiği organik ve anorganik maddeler suların kirlenmesine ve suda yaşayan canlıların zehirlenerek hayatlarını yitirmesine neden olmaktadır. Artıklarla su içinde çoğalan mineral maddeler canlıların zehirlenmelerine yol açacağı gibi organik maddelerin özellikle proteinlerin bakteri faaliyeti ile parçalanması veya oksidasyonu sonucu oluşan maddeler de canlılar üzerinde toksik etki gösterebilmektedir (10). Diğer taraftan bakterilerin proteini parçalayabilmeleri için, su içinde çözülmüş halde bulunan oksijeni tüketmeleri oksijene gereksinimi olan canlılar için daha büyük bir tehlikedir. Yapılan araştırmalara göre 1 litre peynir suyu içinde bulunan maddelerin parçalanması için 44.000 mg/L, yayık altında ise 70.000 mg/L oksijen harcanmaktadır (2). Bu nedenlerle sütçülük artıklarının içerdiği yağ, protein, şeker ve mineral maddeleri besin endüstrisinde değerlendirip, geriye kalan en son artıkların oksijen gereksinimini suda yaşayan canlıları etkilemeyecek bir hale getirmede yarar ve hatta çevreyi koruma açısından zorunluluk vardır.

3 — Elektrodializ Yönteminin Prensibi

Bu yöntem, normal dializ ile istenilen amaca ulaşamadığı zaman; tuz, esit ve baz gibi iyon halinde çözünen maddeleri molekül durumunda çözünen şeker, alkol ve proteinlerden ayırmak için, süt ve mamulleri teknolojisinde de artıkların minerallerden arındırılmasında kullanılmaktadır (14).

Elektrodializ, sulu ortamda iyon halinde çözünen maddelerin elektriksel bir ortamda hareket edilme kabiliyetinden ve ayrıca gerek elektrik akımını ve gerekse iyonları geçirme

kabiliyetinde olan membranlarca yararlanarak geliştirilmiş elektrokimyasal bir yöntemdir (2).

Bilindiği gibi, seyreltik çözeltilerdeki iyonlar elektrik akımının etkisi ile hareket ederler. Hareket etme yeteneği iyonların hızı ile doğru ve ortamın elektriksel kuvveti ile ters, ayrıca iyonların spesifik elektrik geçirgenliği ile direkt ve molekül konsantrasyonu ile ters orantılıdır. Tablo 1 deki verilerden de anlaşıl-

ları geçirmezler. Yapısında organik polimerle birlikte anyon grubu bulunan membranlar, anyonların geçişini ve naklini sağlarken yapılarında pozitif yüklü kation grupları çözelti içinde aynı pozitif yüke sahip iyonları iteceklerinden geçişlerine müsaade etmezler. Anyon ve kation geçirme özelliklerinden dolayı bunlara selektif (seçici) membranlar denilmektedir. Böyle membranlarda elektrik akımı H^+ ve OH^-

Tablo 1 : Elektrikli ortamda iyonların hareket kabiliyeti

Kation (+)	Hareket kabiliyeti		Anyon (-)	Hareket kabiliyeti	
	mm/s	volt/mm		mm/s	volt/mm
K	6,5 X 10 ⁻²		y	6,7 X 10 ⁻²	
Na	4,4 X 10 ⁻²		Br	6,8 X 10 ⁻²	
Li	3,3 X 10 ⁻²		Cl	6,6 X 10 ⁻²	
H	32 X 10 ⁻²		OH	17,4 X 10 ⁻²	
Ag	5,4 X 10 ⁻²		NO ₃	6,2 X 10 ⁻²	
Zn	4,5 X 10 ⁻²		MnO ₄	5,3 X 10 ⁻²	

Diğer kationlar : Ca, Mg

Diğer anyonlar : Klorid, sülfat, laktat, sitrat, fosfatlar.

lacağı gibi, seyreltilmiş çözeltilerde ve 18°C de iyonların hareket yetenekleri birbirinden çok farklıdır. Bu nedenle elektrodializde, hareket yeteneği fazla olan tek değerli sodyum, potasyum ve klor v.b. gibi iyonlar kolaylıkla ayrıldığı halde, kalsiyum gibi çift değerlilerle çok az iyonize olmuş iyonların uzaklaştırılması daha zordur (15, 19).

Elektrodializde sıvıların minerallerinden arındırma işleminde kullanılan membranların önemli etkileri görülmektedir. Uzun zamandan beri koloidal çözeltilerin minerallerinden arındırılmasında seçici (selektif) geçirgenliğe sahip olmayan membranlar kullanılmıştır. Seçici geçirgenliğe sahip pergament, kollodium, selofan ve ekseriyeye sentetik polimerlerden yapılmış membranların kullanılması sonucu elektrodializ yöntemi tam anlamı ile yenilenerek sıvıların anyon ve kationlarını aynı anda arındırmak mümkün olmaktadır (15).

Organik bir polimerden yapılmış içinde SO_3^- gibi anyon grubu bulunan membranlar kationların yani pozitif yüklü iyonların geçişine müsaade edip, anyonları yani negatif yüklü iyon-

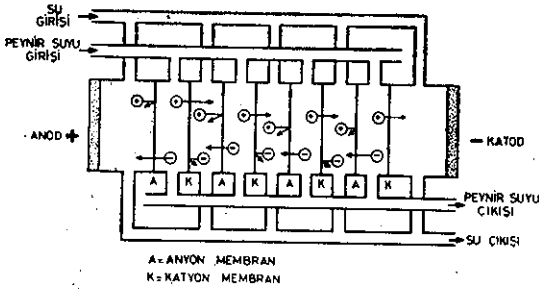
ları geçirmezler. Yapısında organik polimerle birlikte anyon grubu bulunan membranlar, anyonların geçişini ve naklini sağlarken yapılarında pozitif yüklü kation grupları çözelti içinde aynı pozitif yüke sahip iyonları iteceklerinden geçişlerine müsaade etmezler. Anyon ve kation geçirme özelliklerinden dolayı bunlara selektif (seçici) membranlar denilmektedir. Böyle membranlarda elektrik akımı H^+ ve OH^-

iyonları ve aynı zamanda membranların yapısında hareketsiz olan anyon ve kation ağı arasında hareket edebilen ve onların tam tersi olarak yüklenmiş çözelti içindeki iyonlar aracılığı ile sağlanmaktadır (15, 20).

Elektrodializde kullanılan membranların seçici olmasının yanı sıra verimliliği arttırmak için belirli özelliklere sahip olması, örneğin N/10 normal KCl çözeltisinde cm^2 sinin 5 ohm'dan az direnç göstermesi ve aynı şartlar altında selektif geçirgenliğinin % 85 den küçük olmaması arzu edilir. Bunun yanı sıra membranların çeşitli eriyiklerle kullanıldığı zaman şişme ve bozulma % 20 yi geçmemeli, yüzeyinde yırtık ve delik bulunmamalıdır (20).

Anyon ve kation geçiren membranlardan istifade edilerek geniş kapasiteli elektrodializ üniteleri gerçekleştirilmiştir. Böyle bir ünitenin kesiti şekil 1 de verilmiştir. Buradan izlenebileceği üzere, elektrik kaynağına bağlanmış anod (+) ve katod (-) kutupları arasında membranlar sıra ile paralel olarak yerleştirilmiştir. Çözelti içindeki kationlar elektrik akımı yönünde, anyonlar ise elektrik akımına zıt

yönde hareket etmek mecburiyetinde ve aksi mümkün olmadığından anod kutbu tarafına anyonların, katod kutbu tarafına da kationların geçişini sağlayan membran yerleştirilmiştir. Bu membranların bir tarafında su, diğer tarafında minerallerinden arındırılacak çözelti ve kutup tarafında da elektrolit bir sıvı bulunmaktadır (15).



Resim 1 : Elektrodializ ünitesi ve çalışma prensibi

Elektrik akımı devresi tamamlandıktan sonra elektrodializ işlemi başladığı zaman, bölmeler içindeki çözeltide bulunan anyonlar anod yönünde hareket ederek önünde bulunan anyon membranından geçerek su bulunan bölmeye ulaşırlar. Kationlar ise katod yönünde hareket ederek önlerinde bulunan kation membranlarından geçerek su bulunan diğer bir bölmeye ulaşırlar. Su bulunan bölmeye geçmiş olan kationların hareket yönü üzerinde anyon bir membran ve anyonların hareket yönü üzerinde ise kation bir membran bulunduğundan diğer bölmelere geçme imkanları yoktur. Anyon ve kationları kabul edici sıvı olarak kullanılan su dışarı atılırken çözeltide minerallerinden arındırılmış olur. Arındırma oranını istenilen düzeye yükseltmek için çözeltiyi bir kaç veya bir çok defalar üniteye pompalamak gerekmektedir (15).

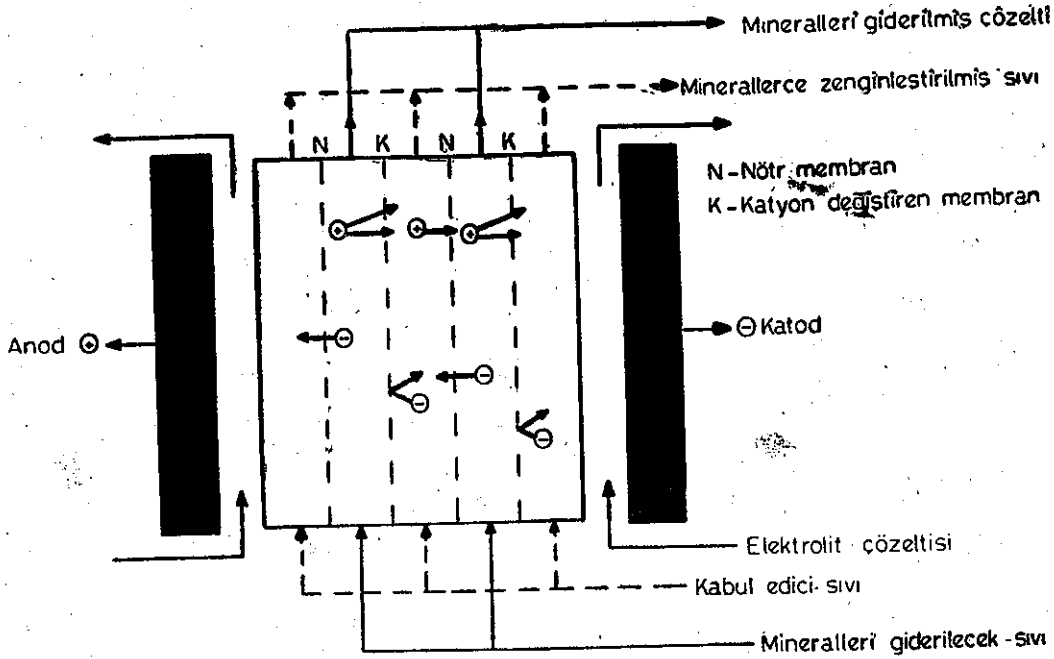
Elektrodializden beklenen başarı her ne kadar kullanılan membranlarla ilgili isede, işlem esnasında elektrik akımı, sıvıların sıcaklığı ve akış hızı aynı zamanda kutuplardaki elektrolit miktarı v.b. gibi bir çok faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Elektrodializde elektrik akımını yükseltmekle işlemi hızlandırmak mümkün olmadığından akımı, minerallerinden arındırılacak çözeltide bulunan iyon konsantrasyonuna göre seçmek en iyi yoldur. Buna karşı-

lık sıvıların sıcaklığı yükseltmekle elektrodializi hızlandırmak mümkündür. Ancak belirli seviyeden yukarı çıkması membranları yıpratır gerekçesi ile önerilmemektedir. Sütçülük artıklarının elektrodializde sıcaklığın maksimum 50°C olabileceği belirtilmektedir (3).

Membranların H⁺ ve OH⁻ iyonları yardımı ile elektrik akımını iletmesi minerallerinden arındırılmak istenen sıvılarda pH değişikliğine neden olduğu ve bunun sonucu eriyikteki bazı proteinlerin irreversibl bir şekilde denatürasyona uğradığı saptanmıştır (15). Bu hatanın, grafik elektrotların bulunduğu bölmeye ulaşan anyon ve kationların yüklerini verip nötr hale geçerken oluşan gazları veya iyon durumunda kalan maddeleri elektrolitle devamlı yıkamak; her iki kutuptaki elektrolit düzeyini ve konsantrasyon farkını ortadan kaldırmak; elektrik akımını düşük tutmak; elektrodialize tabi tutulacak sıvıların kuru maddesi en fazla % 18 ile 20 olacak şekilde koyulaştırmak; asit veya baz ilave edilerek pH'ı ayarlamak gibi alınacak önlemlerle giderilmesi mümkündür.

Anyon ve kation geçiren membranlar bazı hallerde çift değerli iyonların ve proteinlerin geçişini önlediklerinden bu maddeler membran yüzeyinde toplanmaktadır. Maddelerin bu gibi polarizasyonları membranın geçirgen özelliğini etkilemektedir. Özellikle anyon değiştirici membranlar organik anyon, amino asit, çökmüş kalsiyum fosfat ve denatüre olmuş protein komponentleri ile kirlenerek tıkanmaktadır. Normal olarak 10-15 mA/cm² akımda anyon membran bir kaç hafta kullanıldığı halde 20-25 mA akımda kirlenme ve tıkanma daha çabuk meydana gelmektedir. Bunu önlemek için ünite 10-60 dakika kullanıldıktan sonra elektronların kutupları ve sıvıların akım yönü değiştirilerek anyon membranların yıkanması ve temizlenmesi sağlanmalıdır. Bazı hallerde membranlar sık sık pH değeri yüksek olan bir eriyiklede temizlenmelidir (15).

Pratikte anyon membranların yarattığı bu sorunları gidermek ve daha rahat çalışma yapmayı sağlamak için onun yerine selektif olmayan, yani hem anyon hemde kation geçiren nötral membran kullanılmaktadır. Nötral membranlarda madde birikimi veya konsantrasyon polarizasyonu olmadığı için anyon membranlar-



Resim 2 : Nötral membranlı Elektrodializ Ünitesi

da görülen kirlenmeler olmaz ve olsada temizlenmesi daha kolaydır. Ancak düşük voltajda çalışılması öngörülmektedir ki bunun pratikte önemli bir engelleyici fonksiyonu yoktur.

Nötral membran kullanılarak geliştirilen ve resim 2 de kesiti verilen elektrodializ ünitesinde istenilen seviyede minerallerden arındırma oranına kısa zamanda ulaşmak mümkün değildir. Çünkü nötral membranlar nedeni ile eriyik içindeki anyon suyu geçerken su içindeki katyon eriyik içine geçmektedir. Bu nedenle katyonlardan arındırmak uzun zaman almaktadır. Anyonlarından arındırılmak istenen eriyiklerde de hiç bir sakınca yaratmadan başarı ile kullanılmaktadır. Ancak normal bir elektrodializ ünitesinde anyon değiştirilen membranların kirlenmesi ve tıkanması sonucu etki değerinin % 50 nin altına düşebilmesi mümkündür (15).

4 — Minerallerinden Arındırılarak Değerlendirilen Sütçülük Artıkları

Bugün sütçülük artıklarını minerallerinden arındırmak için laboratuvar tipi elektrodializ ünitelerinin yanı sıra günde 1 ton kapasiteli pilot ve 200 ton kapasiteli endüstriyel üniteler geliştirilip gerçekleştirilmiştir. Yapılan araştırmalarla sütçülük artıklarında bulunan mineral-

lerin % 75 inin arındırılmasının ekonomik olduğu ortaya konmuş ve özel hallerde arındırma işleminin % 100 gerçekleştirileceği de belirtilmiştir.

Sütçülük artıkları doğrudan doğruya ve bozulmasını önlemek için 6 ile 10°C de veya maksimum olarak 50°C de elektrodialize tabi tutulabileceği gibi, elektrik geçirgenliğini artırıp verimi yükseltmek için % 15 - 20 kuru madde içecek şekilde koyulması da tavsiye edilmekte ve sonuçta elde edilen mamulde hiç bir kötü etki oluşmamaktadır (2).

Ünitelerde yüksek randıman ve etkiye ulaşılması minerallerinden arındırılacak sıvının temiz olması ile yakından ilişkilidir. Özellikle peynir suyu, yağından tamamen arındırılmalı, pislikleri giderilmeli ve filtre edilmelidir. Aksine hareket edildiğinde elektrodializde kullanılan membranlar kirlenerek problem yaratmaktadır.

4.1. — Tatlı Peynir Suyunun Minerallerinden Arındırılması

Sütün peynir mayası ile pıhtılaşarak peynire işlenmesi sonucu elde edilen sıvıya tatlı peynir suyu denilmekte birleşiminde ortalama olarak % 93 su ve % 7 kuru madde bulun-

maktadır. Kuru maddenin % 4.9 gibi önemli bir kısmını süt şekeri, % 1 serum proteinleri, % 0,6 mineral maddeler, % 0.3 süt yağı ve % 0.2 sını süt asiti oluşturmaktadır. Peynire işlenecek süte bazı hallerde katılan CaCl_2 miktarına bağlı olarak peynir suyundaki mineral madde miktarı da dikkate değer bir şekilde artmaktadır (2).

Bilindiği gibi, kasaplık hayvan ve buzağuların yemlerinde protein açığını gidermek için kullanılan yağsız süt tozu yem maliyetlerini arttırmakta ve bu yüzden yağsız sütün bir kısmı yerine daha ucuz protein kaynağı olanakları araştırılmaktadır. Tatlı peynir suyunun, süt to-

zu yerine ikame edilmesi denenmişse de, yağsız süt tozuna kıyasla daha az protein ve relatif olarak daha fazla mineral madde içermesi buzağularda biyolojik ve fizyolojik bozukluklara, hatta ölüme neden olan diare oluşturduğundan yemlerde kullanılması % 6 ile % 8 arasında sınırlandırılmıştır (2).

Tatlı peynir suyunun neden olduğu bu hataları ve arızaları önlemek, yem karışımlarındaki miktarlarını arttırmak ve kullanma alanlarını genişletmek için minerallerinden arındırması gerekmektedir. Bu yönde yapılan çok yönlü araştırma sonuçları tablo 2, 3 ve 4 de verilmiştir (2).

Tablo 2 : Tatlı peynir suyunun elektrodializle % 30 oranında minerallerinden arındırılmasından önce ve sonraki bileşimi

Örnek	Asitlik (SH)		Kuru madde %		Fark %	Kül %		Fark %
	Önce	Sonra	Önce	Sonra		Önce	Sonra	
1	4,66	4,0	5,68	5,54	0,14	0,84	0,56	0,28
2	4,44	4,0	5,76	5,64	0,12	0,83	0,60	0,23
3	4,44	4,0	5,90	5,62	0,18	0,74	0,60	0,14
4	5,55	5,1	6,00	5,84	0,16	0,92	0,69	0,23
5	4,00	3,55	6,22	5,92	0,30	0,86	0,57	0,29
Ortalama	4,62	3,86	5,91	5,71	—	0,84	0,60	—

Tablo 3 : Tatlı peynir suyunun elektrodializle % 50 oranında minerallerinin giderilmesinden önce ve sonraki bileşimi

Örnek	Asitlik (SH)		Kuru madde %		Kül %	
	Önce	sonra	Önce	Sonra	Önce	Sonra
1	4,00	3,33	5,32	4,90	0,90	0,43
2	4,44	4,00	5,44	5,16	0,88	0,60
3	5,11	3,77	5,92	5,60	0,80	0,32
4	3,77	3,11	5,60	5,30	0,80	0,48
5	4,00	2,88	5,30	4,94	0,91	0,47
6	4,44	3,11	5,34	4,98	0,91	0,42
Ortalama	4,26	3,37	5,49	5,15	0,87	0,44

Tablo 4 : Tatlı peynir suyunun minerallerini arındırma oranına göre bileşimi

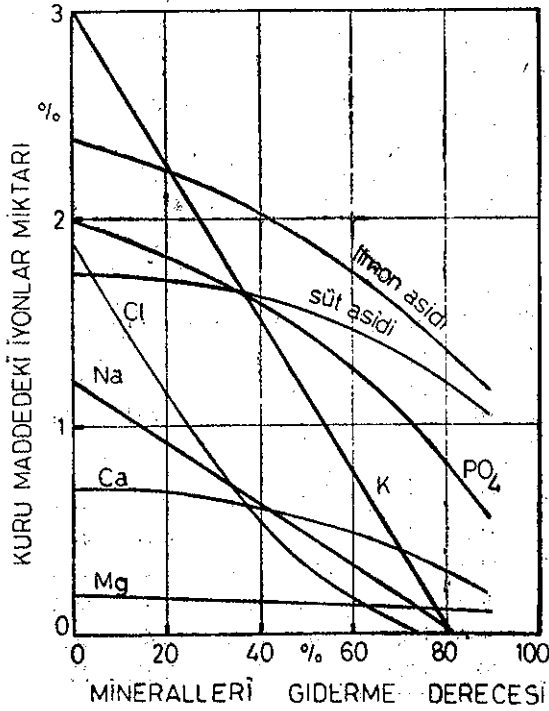
Minerallerinden arındırma oranı %	Kuru madde %	Kül %	Asitlik %	Asitlik giderme %
Normal	5,634	0,923	6,22	—
57,7	5,266	0,418	4,44	28,6
77,5	5,142	0,230	3,11	50,0
88,1	5,120	0,120	2,66	57,1
90,6	5,068	0,099	2,44	60,7

Tablo 2 ve 3 de açıkça görüldüğü üzere, kullanılan membranların özellikleri ile ilgili olarak kuru maddede büyük bir kayıp olmadığı halde, mineral madde miktarının önemli bir kısmının azaldığı hemen dikkati çekmektedir. Tatlı peynir suyunun protein kaynağı olarak hayvan yemlerine karıştırma olasılığı mineralleri giderme derecesine bağlı olarak artma göstermektedir. Daha önce belirtildiği gibi minerallerinden arındırılmamış peynir suyu % 6, en fazla % 8 oranında katılırken mineralleri % 50 giderilmiş peynir suyu % 12 ile 15 oranında, mineralleri % 80 giderilmişken ise % 20-22 oranında kullanılabilir (2).

Tablo 4 de belirtilen verilere göre ve Grafik 1 den görüldüğü gibi peynir suyunun minerallerini % 90 ile % 100 arasında gidermek mümkün olmaktadır. Aynı şekilde asitliği de % 60 giderilmiş olan bu gibi peynir sularının besin endüstrisinin bütün kollarında da kullanıma olanağı doğmaktadır. Özellikle anne sütüne çok yakın bileşiminde mamaların hazırlanmasında kullanılması ayrı bir önem taşımaktadır (2).

4.2 — Ekşi Peynir Suyu

Peynir teknolojisinde, sütün organizma için



Grafik 1 : Mineralleri Giderme Derecesi

zararlı olmayan organik bir asit yardımı ile ve kazein teknolojisinde yağsız sütün süt asidi aynı zamanda hidroklorik asitle pıhtılaştırılması sonucu ayrılan açık yeşil veya sarımsak renkte bir sıvıdır (15).

Ekşi peynir suyunun bileşimi genellikle tatlı peynir suyuna benzemekte ve % 93 su ile % 7 kuru madde içermektedir (16). Süt şekeri fermantasyona uğramadığı için daha fazla olup kuru maddenin % 75 ini oluşturmaktadır (2). Mineral madde % 0,7, süt yağı % 0,2 olup süt asidi miktarı hiç yok deneye kadar azdır. Kazeini pıhtılaştırmak için ilave edilen asitlerle titre edilebilir asitlik 20 SH ya yükselmiştir. Ayrıca bu asitler kazeinin bünyesindeki yani fosfokazeinattaki kalsiyum ve fosforun ayrışmasına neden olduklarından peynir suyunun mineral madde miktarında fazlaşmıştır (2).

Ekşi peynir sularında adından da anlaşılacağı gibi asitliğin ve mineral maddelerin yüksek oluşu, besin endüstrisinde kullanılmasını engellediği gibi yem sanayiinde değerlendirme olasılığında kısıtlamaktadır. Ayrıca asitliğin 17,7 SH dan fazla olması peynir sularının konsantre edilerek vals veya püskürtme yöntemi ile kurutularak toz haline getirilmesi, ünitelelerin tıkanmasına neden olduğundan problem yaratmaktadır. Asitliği ve mineral madde miktarı fazla olan peynir suyu tozlarını değerlendirmek çok kısıtlı olduğu gibi, nem çekme özelliğinden dolayı muhafaza da güçleşerek kalitenin düşmesine neden olmaktadır. Asitlerin, herhangi bir kalevi örneğin, ucuz oluşu nedeni ile soda veya herhangi bir kalevi ile nötralle edilmesi tekniği peynir suyu içindeki mineral madde miktarını daha da artırmaktadır. Bütün bu nedenlere dayalı olarak ekşi peynir suyundan yeteri kadar yararlanıma mümkün olmamaktadır (2).

Süte hidroklorik ve süt asidi katılarak elde edilen ekşi peynir sularını değerlendirilebilecek duruma getirmede elektrodializ yönteminden yararlanılmaktadır. Yapılan araştırma sonuçları tablo 5 de verilmiştir. Burada görüldüğü gibi, ekşi peynir sularının elektrodializle hem mineralleri arındırılmakta hemde asitler giderilmektedir. Minerallerden arındırma oranı % 50 ye ulaştığı zaman asitliği giderme yaklaşık % 30'a ulaşmaktadır ki, böyle bir ham

maddeyi peynir suyu tozuna işleyip değerlendirmek daha kolay olmaktadır (2).

Ekşi peynir suyu yağından ve kaba pisliklerinden arındırıldıktan sonra konsantre edilerek veya edilmeden elektrodializden geçirilmektedir. İşlem öncesi asitliğinin nötralize edilmesi, işlem esnasında enerji ihtiyacını artırdığı ve zamanı uzattığı gerekçesi ile tavsiye edilmemektedir.

4.3 — Yağsız Süt

Yağsız süt, tereyağ teknolojisinde kullanılacak olan kremanın süttten ayrılması ile elde edilir (16). Bu nedenle tereyağ teknolojisi arttığı sayılabilir. Yağsız süütün bileşimi yağ hariç tutulursa normal süt bileşimindedir. Bu yüzden sıvı halde bile kullanma alanları çok geniş olup, son zamanlarda ayran imalatında

suyun yerine belirli oranda yağsız süt ilave edilmektedir. Ayrıca süt tozuna işlenerek besin endüstrisinin ve yem sanayisinin bütün dallarında protein kaynağı olarak kullanılmaktadır (15).

Bazı hallerde özellikle ilaç sanayinin ve besin endüstrisinin bazı dallarında minerallerinden arındırılmış yağsız süütün kullanılmasına son zamanlarda özen gösterilmektedir. Bu nedenle yağsız süütün elektrodializle klor ve sodyumdan arındırılması önem kazanmıştır. Yapılan bir çalışma sonucu % 50 mineralleri giderilmiş yağsız süütün bileşimindeki değişiklikler safha safha tesbit edilerek tablo 6 da, anyon ve katyonlarda olan azalmalar ise tablo 7 de verilmiştir (20).

Tablo 6 da görülebileceği üzere yağsız süütün elektrodializinde protein ve süt şekerinde

Tablo 5 : Ekşi peynir suyunun minerallerinden arındırılma oranına göre bileşiminin değişimi.

Minerallerden arındırma %	Kuru Madde %	Kül %	Asitlik %	Asitlik giderme %
Hidroklorik asitle elde edilen peynir suyu				
0,0	5,830	0,94	17,77	0,0
40,5	5,544	0,59	14,44	18,7
49,6	5,428	0,51	12,44	30,0
63,9	5,240	0,38	10,00	43,7
64,6	5,174	0,37	8,00	55,0
Süt asidi ile elde edilen peynir suyu				
0,0	6,364	1,130	18,66	0,0
23,9	6,058	0,905	16,88	9,5
41,9	5,884	0,710	14,22	23,8
50,3	5,746	0,623	12,44	33,3
58,6	5,566	0,535	10,66	42,9

Tablo. 6 : Yağsız süütün elektrodializden geçirme safhalarında bileşimindeki değişiklikler.

İşlem	Kuru madde		Protein		Süt şekeri		Asitlik		Kül		Sitrat	
	g/L	a %	g/L	a %	g/L	a %	SH	a %	g/L	a %	g/L	a %
0	88,32	—	34,50	—	45,65	—	6,0	—	6,84	—	1,18	—
1	86,96	1,5	33,50	2,9	45,45	0,4	5,7	5,0	4,96	27,5	0,92	22,0
2	86,00	2,6	35,60	—	45,65	—	5,3	11,1	4,06	40,6	0,72	39,0
3	85,04	3,7	33,52	2,8	44,75	2,0	5,3	11,1	3,58	47,7	0,56	52,5
4	84,60	4,2	34,60	—	45,60	—	4,6	22,2	3,38	50,5	0,49	58,5
5	84,18	4,7	35,50	—	46,30	—	4,4	25,9	3,32	51,5	0,40	66,1
6	82,64	6,4	34,15	1,0	46,50	—	4,4	25,9	—	—	0,35	70,3

a = Ayrılma oranı

Tablo 7 : Yağsız sütün elektrodializinde anyon ve katyonların miktarındaki değişiklikler (örnekler tablo 6 dakinin aynıdır).

İşlem	Cl ⁻		Na ⁺		K ⁺		Ca ⁺⁺		Mg ⁺⁺		PO ₄ ⁻³	
	mg/L	a %	mg/L	a %	mg/L	a %	mg/L	a %	mg/L	a %	mg/L	a %
0	745	—	620	—	1800	—	1300	—	95	—	2890	—
1	426	42,8	370	40,3	925	48,6	1250	3,8	87	8,4	2670	7,6
2	71	90,5	335	46,0	675	62,5	1125	13,5	80	15,8	2325	19,4
3	0	100,0	195	68,5	388	78,4	1125	13,5	30	68,4	2080	28,0
4	—	—	187	69,8	300	83,3	1095	15,8	30	68,4	1998	30,9
5	—	—	162	73,9	262	85,4	1030	20,8	28	70,5	1915	33,7
6	—	—	155	75,0	250	86,1	1000	23,1	27	71,6	1840	36,3

a = Ayrılma oranı

hiçbir kayıp olmadığı, mineral maddelerin % 50 oranında arındırılmasında ise toplam kurumadadaki kaybın ancak % 6 kadar olduğu görülmektedir. Minerallerden arındırma işleminde tablo 6 ve 7 de görüldüğü gibi klor iyonları % 100 uzaklaştırılırken sitrat, sodyum, potasyum, magnezyum iyonları ise % 70 üzerinde uzaklaştırılabilmektedir. Kalsiyum ve fosfat iyonlarının arındırma oranın sıra ile % 23 ve % 37 gibi düşük değer göstermesi, beslenme açısından olumlu bir sonuç ortaya koymaktadır (20).

4.4 — Yayıkaltı

Tereyağ teknolojisinde kullanılan süt ve kremanın yayıklanmasından sonra kalan artığa denir. Tereyağ yapımında yoğurt kullanılmışsa artığa ayran da denir. Bu yüzden yayıkaltının bileşimi kullanılan ham maddeye göre değişmekle birlikte % 6 oranında kuru madde içer-

mekte olup bunun büyük bir kısmını protein ve süt şekeri oluşturmaktadır (16). Vitamin ve iz elementler bakımından da zengindir. Bu nedenle Avrupa ülkelerinde daha ziyade domuzları beslemede kullanılmaktadır (19). Ayrıca Kuzey Avrupa Ülkelerinde randımanı artırmak üzere peynire işlenecek süte katılmaktadır. Bizde ise çeşitli şekillerde değerlendirilmekte veya hiç değerlendirilmemektedir. Yayıkaltının da minerallerinden arındırılması ve asitliğinin giderilmesi besin endüstrisinde kullanma kaynaklarını genişletebilecektir. Bu konu üzerinde henüz bir değerlendirme yapılmamakla birlikte yapılan bir araştırma sonucu tablo 8 de verilmiştir. Bu verilere göre yayıkaltının mineralleri ortalama olarak % 80 giderilirken klor iyonlarından tamamen temizlenmiş, asitliği % 34 azaltılmış ve kuru madde kaybı ise toplam kuru maddenin ancak % 15 olmuştur (20).

Tablo 8 : Yayıkaltının minerallerinden arındırılması ve bileşiminin gelişimi

SH	Asidlik		Kurumadde		Kül		Cl ⁻	
	a %	%	a %	%	a %	%	mg/L	a %
—	—	8,66	0	0,66	0	834	0	
25	0	8,28	3,3	0,53	19,3	390	53,2	
22	12	8,05	6,0	0,41	37,8	106	87,3	
20	20	7,86	8,2	0,34	47,9	53	93,6	
11,5	26	7,72	9,9	0,27	59,5	35	95,8	
17,5	30	7,60	11,2	0,21	67,5	12	100,0	
16,5	34	7,51	12,3	0,19	71,3	12	100,0	
16,5	34	7,43	13,3	0,17	74,2	12	100,0	
16,5	34	7,28	15,0	0,11	83,3	12	100,0	

Tablo 9 : Ultrafiltrat'ın elektrodializle minerallerinden arındırılması

Elektrodializ işlemi	Kurumadde %	Kül %	Süt şekeri %	Asitlik SH	pH
Peynir suyu	4,678	0,454	3,96	3,5	6,50
1 kademe	4,577	0,335	3,90	3,5	6,50
2 "	4,445	0,217	3,95	3,1	6,45
3 "	4,395	0,165	3,90	2,7	6,35
4 "	4,274	0,129	3,85	2,2	6,25
5 "	4,190	0,070	3,85	1,7	6,10
6 kademe sonu	4,160	0,052	3,85	1,6	6,00
11 kademe ortalaması	4,230	0,067	3,91	1,3	5,90

4.5 — Ultrafiltrat

Bilindiği gibi peynir suyu veya peynire işlenecek süt ultrafiltrasyona tabi tutularak proteinlerin konsantrasyonu gerçekleştirilmektedir. Her iki durumda ultrafiltrasyondan kalan artığa ultrafiltrat denilmektedir. Bu artıkta ortalama olarak % 4-5 süt şekeri, % 0,5-0,6 civarında mineral madde bulunmaktadır (20). Ultrafiltratı tekrar elektrodialize tabi tutarak minerallerinden arındırmak suretiyle, süt şekerini elde etmek ve aynı zamanda meşrubat sanayiinde doğrudan kullanılacak ham madde şurup haline getirmek imkan dahilindedir. Pey-

nir suyu ve süttten elde edilen ultrafiltratın elektrodializ yöntemi ile minerallerinden arındırılması sonucu elde edilen veriler tablo 9 da gösterilmiştir. Ultrafiltratı diğer sütçülük yan ürünleri gibi 10°C de veya maksimum 50°C de, konsantre edilmemiş olarak veya kuru maddesi % 18 olacak şekilde konsantre edildikten sonra elektrodializden geçirme ön şart olarak kabul edilmektedir. Tablodan anlaşılacağı gibi ultrafiltratın minerallerinden arındırılması sonucu kuru maddenin % 93 ünü süt şekeri, ancak % 1,0 kadarını mineral maddeler oluşturmaktadır (20).

L İ T E R A T Ü R

- 1 — AKAN, S., 1979. Sütçülük. Artıklarının Elektrodializ Yöntemi ile Minerallerinden Arındırılması (Mezuniyet Tezi) Bornova.
- 2 — ANONYM, Elektrodialyse, Die Behandlug von Molken und Anderen Milch-Nebenprodukten. Sodeteg zweigniederlassung 53 Bonn. Adenquerallee 238, Almanya
- 3 — AKSEN, M. W., 1973. Effluent the future water supply. Milk Industry, 73, 32 - 37.
- 4 — BENKENSTEIN, K., 1971. Auswertung und Hinweise über die Erhebung der Abwasser beseitigung in der milchwirtschaftlichen Betrieben des Landes Bayern. Deutsche Molkerei-Zeitung. 92, 214 - 217.
- 5 — DIERKES, H., 1971 Rühwerke bei der Abwasser Aufbereitung. Deutsche Molkerei-Zeitung 92, 1112 - 1113.
- 6 — DIETRICH, H. R., 1963. Von der Molke zu hochwertigen Futter mitteln. Molkerei-Zeitung. 15, 916 - 918.
- 7 — ENGELHARDT, E., 1972. Abwasserprobleme in milchwirtschaftlichen Betrieben. Deutsche Molkerei-Zeitung. 93, 513 - 516.
- 8 — ERALP, M., 1961. Peynir Teknolojisi Ders Kitabı. 61, A.Ü.Z.F. Yayınları Ankara.
- 9 — ERALP, M., 1969. Tereyağı ve Kaymak Teknolojisi, Ders Kitabı, 133, A.Ü.Z.F. Yayınları. Ankara.
- 10 — ERGÜLLÜ, E., 1977. Çevre Kirlenmesi Bakımından Süt İşletmelerinde Alınması Gereken Tedbirler. Gıda Dergisi. 203 - 217. Ankara.
- 11 — GÖNÇ, S., 1977. Bazı Süt Mamulleri Artıklarının Birleşimi Üzerine Araştırmalar. E.Ü.Z.F. Dergisi. Cilt: 4 Sayı: 2 İzmir.
- 12 — GÜLL, J., 1975. Zur Situation der Abwasserprobleme. Deutsche Molkerei-Zeitung. 96, 134 - 138.
- 13 — HOLSINGER, V. H., POSATI, L. P., DEVILBISS, E. D., 1974. J. Dairy Science. 57 (8) 849.
- 14 — HUWE, K. H., 1972. Die Entmineralisierung von Milch and Molke nach dem «Morinaga» Verfahren. Deutsche-Molkerei-Zeitung. 35, 1500 - 1503.
- 15 — KESSLER, H.G., 1976. Lebensmittel verfahrenstchnk, München Weishenstephan.
- 16 — KONAR, A., 1978. Yeni Gelişmelerin Işığında Sütçülük Artıklarının Değerlendiril-

- mesi ve Ekonomik Önemi, Gıda Dergisi, Sayı: 1 Ankara.
- 17 — KONUS, K., 1959. Milk and Milk Products in Human Nutrition, FAO, Nutrition Studies No: 17 ROMA.
- 18 — LING, E. R., 1963. Dairy Chemistry, Vol: 1 Chapman Hall Ltd. LONDRA.
- 19 — PIERRARD, M., 1972. Die Elektrodialyse Zur Entsäuerung und Entmineralisierung der Molke Für die Milchwirtschaft eine west volle Hilfe in Ihrau Bemühungen gezen die Um weltverschmutzung. Deutsche-Molkerei Zeitung, 93 (18) 706 - 708.
- 20 — PIERRARD, P., PELTENKOFER, M., 1977. Weitere Fortschritte auf dem Gebiet der Elektrodialyse Deutsche Molkerei-Zeitung 49, 1562 - 1565.
- 21 — URAZ, T., 1978. Peynir Suyu ve Değeri. Gıda Dergisi Sayı: 1 17 - 22.
- 22 — WHITTER, E.O., WEBB, B.H., 1950. By Products from Milk. Reinhold Publishing Corporation. New York.
- 23 — YÖNEY, Z., 1962. Sütçülük Artıklarımız ve Değerlendirme İmkanları, 22. A.Ü.Z.F. Yayınları Ankara.
- 24 — YÖNEY, Z., 1971. Türkiye Sütçülüğü ve Sorunları. Yardımcı Ders Kitabı 154. A.Ü. Z.F. Yayınları. Ankara.

K İ T A P

GIDA TEKNOLOJİSİ DERNEĞİ

YAYIN NO. 2

TÜRKİYE II. GIDA KONGRESİ

- Gıda dış satım olanaklarının irdelenmesi
- Dünyada ve Türkiye'de gıda üretim ve tüketimi
- Gıda endüstrisinde atıl kapasite ve üretim düşüklüğü yaratan etkenler.
- Gıda pazarlama ve ambalajlama

Ç I K T I

Ederi : 500 TL. (10 adet'den fazla isteklerde % 50 indirim yapılır)

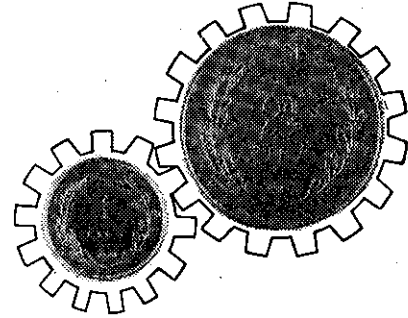
Gıda-Der üyelerine 250 TL.

Öğrencilere 200 TL.

İsteme : Gıda Teknolojisi Derneği

P.K. 41, Küçükesat/ANKARA

P.K. 10, Örnek/ANKARA



Türk ekonomisinin öyküsü
bu hesapla başladı,
bu hesapla gelişiyor.



İŞ BANKASI