

LAKTOZ, LAKTOZ TÜREVLERİ VE GIDA SANAYİNDE KULLANIMI*

LACTOSE, LACTOSE DERIVES AND APPLICATIONS IN FOOD INDUSTRY

Zekai TARAKÇI¹, Erdoğan KÜÇÜKÖNER²

¹KTÜ, Ordu Ziraat Fakültesi, Gıda Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, Ordu

²Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Van

ÖZET: Peyniraltı suyu laktoz içeriği (% 4.7) bakımından zengin bir kaynaktır. Bu oran diğer bileşenlerin yaklaşık % 70'ini oluşturmaktadır. Süt endüstrisi gelişmemiş ülkeler bu kaynağı çevreye veya akar sulara bırakarak, çok büyük miktarlarda besin kaybı yanında, önemli bir çevre kirliliği problemi ile karşı karşıya kalmaktadır. Peyniraltı suyundaki laktoz ve diğer bileşenlerden gereği gibi yararlanıldığında belirtilen sorunlar önemli ölçüde çözülecektir. Ayrıca önemli besin maddeleri de geri kazanılmış olacaktır. Laktozdan endüstriyel olarak laktitol, laktuloz ve hidrolize laktoz gibi laktoz türevleri elde edilmektedir ve bu türevler birçok gıdanın üretiminde önemli fonksiyonel katkı maddesi olarak kullanılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Laktoz, laktoz türevleri, gıda katkı maddesi.

ABSTRACT: Cheese whey is a rich source of lactose (4.7%) and lactose has a high rate (70%) among others components of cheese whey. Countries which have undeveloped dairy industry drain the cheese whey to the sewage and environment. In this way, there is a big lost in term of nutrient content and also it can cause environment pollution. If whey is used for lactose and lactose derives, these can provide a good source of nutrients and solve the problems of environment pollution. Lactitol, lactulose and hydrolyzed lactose can be produce from lactose and used as functional food additives in preparation of many food products.

Keywords: Lactose, lactose derives, food additives.

GİRİŞ

Laktoz sadece doğada sütte bulunur ve sütün tek karbonhidratıdır. Laktoz bugün süt teknolojisi gelişmiş Ülkelerde peyniraltı suyundan elde edilmektedir. Peynir üretimi sırasında pıhtının süzülmesiyle peynirin esasını oluşturan kazein ve bir kısım yağ alınmakta ve geriye peyniraltı suyu kalmaktadır. Peyniraltı suyu, bırakıldığı akarsularda oksijen dengesini bozarak, su yaşamını olumsuz yönde etkilemesi ile önemli bir çevre sorunu meydana getirmektedir (Mann 1994). Laktoz memeli sütlerinde bulunan doğal karbonhidrat kaynağıdır ve probiyotik özellikte bir şekerdir, fakat yetişkinlerin ince bağırsaklarında laktoz aktivitesindeki büyük değişiklikler onun kullanımı ile problemlere sebep olabilmektedir. Laktozun değeri hidrolizle artırılabilir, hatta bağırsakta laktoz yapısı değişikliğe uğrayarak daha sindirilebilir değerli ürünler üretilebilmektedir. Laktoz türevlerinin bir kısmı uzunca bir süredir fonksiyonel gıda uygulamalarında ve ilaç sanayinde kullanılmaktadır (Harju 2000).

* Türkiye 8. Gıda Kongresinde sunulmuştur.

¹ E- posta: zetarakci@yahoo.com

Laktozun endüstriyel olarak üretimi 100 yıldan daha fazla zaman önce başlamıştır ve bu gün gıda endüstrisinde kullanımı çok yaygınlaşmıştır. Dünyada üretilen peyniraltı suyunun sadece %50'si değerlendirilmektedir. Kullanılmayan peyniraltı suyu 65 milyon tonu bulmaktadır. Böylece süt endüstrisinin çok büyük üretimiyle peyniraltı suyunda çözünmüş organik maddelerin yüksek konsantrasyonlarının varlığı sebebiyle çevre kirlenmesine sebep olurlar (Berruga, Japse ve SanJose 1997). Süt ve laktoz kaynağına bağlı olarak peyniraltı suyunun biyolojik oksijen isteği 30000 ppm den 50000 ppm'e kadar değişir. Laktoz peyniraltı suyundan yeterli kadar geri kazanıldığı takdirde biyolojik oksijen isteği % 87 oranında azaltılmaktadır (Mukhopadhyay, Talukdar, Chatterjee ve Guha 2003). Peyniraltı suyunun çevreye bırakılması ile büyük boyutlarda çevre kirlilikleri ortaya çıkmaktadır. Peyniraltı suyu ters osmozlu ultrafiltrasyonla bağlantılı kullanılan sistemle artıldığında, peyniraltı suyunun en değerli bileşenlerinden serum proteinleri yaklaşık olarak 7 kg/ton ve laktoz 40 kg/ton geri kazanılmaktadır. Bu ürünleri atık bir maddeden geri kazanılmanın yanında, çevre temizliği ve kalitesi yüksek seviyede sağlanmaktadır (Giacoma, Re ve Spera 1996).

Laktuloz, laktitol ve laktobionik asit laktozdan veya peyniraltı suyundan üretilen bileşiklerdir ve laktozun absorbe olduğu ince bağırsakta absorbe olmazlar. Bu yüzden bu bileşikler kalın bağırsakta yararlı mikroorganizmaların gelişmesini teşvik edici olarak işlevleri ile probiyotikler olarak fonksiyon yaptıkları için potansiyel güce sahiptirler (Saarela, Hallmaa, Mattila-Sandholm ve Mättö 2003).

Laktitol, birçok gıda uygulamalarında kullanılan sakkaroz yerine geçebilen, bir tatlandırıcıdır. Laktitol karnın glikoz ve insülin seviyelerini etkilemediği için diyabetli insanlar tarafından iyi tolere edilebilen güvenli ve düşük kalori değerli bir gıda igredientidir. Laktitol laktozun yüksek sıcaklıkta ve basınçta katalitik hidrojenezasyonu ile elde edilmektedir. Diyabetik gıda yapımında kullanılan laktitolun dış çürütmesine neden olmadığı bilinmektedir. Enerji değeri 2 Kcal/g olup, diyetetik ürünlerde kullanılabilir. Laktitolun anhidros laktitol, laktitol monohidrat, laktitol dihidrat ve laktitol trihidrat olarak dört kristalleşmiş şekli vardır (Halttinen, Rajakyla, Nurmi, Perkkalainen ve Pitkanen 2001).

β -Galaktosidaz laktozu glikoz ve galaktoza enzimatik olarak hidrolizini katalize eder. β -Galaktosidazlar enzimleri mikroorganizmalarda, bitki ve hayvan dokularında yaygın olarak bulunmakta ve böylece doğada çok geniş bir alana yayıldığı görülmektedir. Laktozun hidrolizasyonu, yapılarında hiç laktoz bulunmayan yeni ürünlerin geliştirilmesi için gıda endüstrisinde teşvik edilen bir yöntemdir. Sütteki laktozun tamamen elemine edilmesi, dünya nüfusunun büyük bir kısmındaki (yaklaşık %70) laktoz intölransı problemini çözmek demektir. Bununla birlikte laktoz hidroliz ürünleri (glikoz ve galaktoz) laktozla kıyaslandığı zaman düşük çözünürlük ve düşük tatlılıkta şeker ürünleridir (Pessela, Mateo, Fuentes, Vian, Garcia, Carrascosa, Guisan ve Fernandez-Lafuent 2003).

Son zamanlarda, peyniraltı suyunda mevcut olan laktozdan oligosakkarit üretimi, gıda araştırmacılarının dikkatini çekmiş ve endüstriyel olarak fonksiyonel gıda igredientleri olarak kullanılabilmesi için harekete geçilmiştir. Galakto-oligosakkaritler peyniraltı suyunda mevcut olan laktozun enzimatik hidrolizi süresince sentezlenir. Süt ve peyniraltı suyundaki laktozun enzimatik hidrolizasyonu süresince galakto-oligosakkaritlerin oluşumu substratın doğal ve başlangıç konsantrasyonu enzim konsantrasyonu, pH, sıcaklık, minerallerin mevcudiyeti ve kaynağı, enzimin kaynağı gibi birçok faktör tarafından etkilenmektedir (Rustom, Foda ve Lopez-Leiva 1998).

Laktulozun moleküler yapısı laktoza (glikoz ve galaktoz) benzerdir ve sadece laktozdan farklılığı laktozdan arta kalan glikozun früktozla izomeridir. Laktuloz bebek mamalarında, çocuk gıda formüllerinin hazırlanmasında, değişik tür şekerlemelerin, yumuşak içeceklerin üretiminde değişik oranlarda kullanılmaktadır (Saarela vd 2003). Laktuloz süt ısıtma süresince meydana gelen süt laktozunun izomeridir. Laktuloz miktarı direk ısıt-

maya göre indirek ısıtılan sütlerde ve Sterilize süt oda sıcaklığına göre 30°C depolandığında arttığı belirlenmiştir (Akalin ve Gönç 1997).

Laktozun Önemi

Laktoz (β -galaktosil glukoz) hemen tüm memelilerin sütünün tek karbonhidrat kaynağıdır. Glikoz ile mukayese edildiğinde, daha az tatlılığı, daha düşük osmotik basıncı ve daha yavaş absorpsiyon hızına sahip olduğu bahsedilmektedir, fakat belki de laktozun en ilgi çekici karakteri unutulmuştur. Laktoz muhtemelen bebeklerin sağlıklı gelişmesini destek için doğal geliştirici ilk probiyotik komponenttir. Bebekler ince bağırsaklarında daha yüksek laktoz aktivitesine sahiptirler, fakat anne sütündeki laktozun dozları öyle geniştir ki (yaklaşık %7) laktozun bir kısmı absorbe olmaz ve kalın bağırsakta uzun süre kalır. Bağırsakta bifidogenik bakteri florası ile laktoz organik asitlere fermente olur. Kalın bağırsaktaki laktozun büyük miktarı asidifikasyona uğrar ve kokuşma fermentasyonu önlenir ve osmotik basıncı artırır (Harju 2000).

Laktozun Problemleri

Laktoz şekerleme ve bebek gıdalarına katılan özel bir şekerdir. Bununla birlikte, laktozun Avrupa pazarındaki fiyatı normal olarak çay şekerinin fiyatından daha düşüktür. Bu şekerin fiyatının düşük olması yanında tercih edilebilirliği de düşüktür. Onun tatlılığı, çay şekerine kıyasla sadece % 20-30 ve diğer şekerlere kıyasla çözünürlüğü düşüktür ve absorpsiyonu ince bağırsakta kişinin genetik özelliklerine bağlı olarak değişiklik gösterir. İnsanların çoğunda laktozun ince bağırsaktan aktivitesi, yetişkinlikten hemen önce ve genellikle çocukluğun ilk çağlarında kaybolur. Avrupa'da yetişkinlerin yaklaşık % 70'i laktozu absorbe eder, İskandinav ülkelerindeki insanlar laktoz aktivitesini kaybetmişler ve laktoz absorpsiyonu çok küçük bir yüzdeye sahiptir. Laktozun kötü absorpsiyon bir problem olabilir, çünkü absorbe olmayan laktoz kalın bağırsakta fermente olur ve gaz, ishal ve karın ağrıları meydana getirebilir. Bu semptomlar laktoz intoleransının işareti olarak görülür (Harju 2000).

Hertzler, Huynh ve Savaiano (1996) laktoz sindirim problemine sahip kişiler üzerinde yaptıkları bir çalışmada, günden güne laktoz miktarı artırılmak suretiyle sonunda 6 g/gün laktozun tolöre edebildikleri belirlenmiştir. Bu miktar ise 120 ml sütte bulunmaktadır. Yani laktoz sindirimi rahatsızlığı olan kişiler bir günde 120 ml sütü hiçbir ağrı görmeden tüketebildikleri belirlenmiştir.

Laktozun Absorpsiyonunun İyileşmesi

Laktoz ticari laktaz enzim preparatları kullanılarak hidrolize olabilir ve hidrolize laktoz (glukoz+galaktoz) daha tatlı, daha fazla çözülebilir ve daha iyi sindirilebilir olur. Laktoz artan sindirilebilirlik, tatlılık, çözünebilirlik, düşük laktoz oranlı süt ürünleri elde edilmesi, peyniraltı suyu esaslı tatlandırıcı (immobilize laktozlu) özelliği kazanır. Laktozun tatlılığında ve çözülebilirliğindeki gelişmeler büyük bir derecede kullanıma sahip değildir. Hidrolize peyniraltı suyu şurupları İngiltere ve Fillandiya gibi çok sınırlı ülkede üretilebilir, fakat onların üretim seviyeleri, elde edilen laktoz miktarına göre çok küçük miktardadır (Mahoney 1998, Harju 2000). Laktoz hidrolizatı üretimi taze peyniraltı suyundan yapılmaktadır. Peyniraltı suyundan değişik yollarla yağ (klarifikasyon) ve protein (çöktürme) ayrılır ve pastörizasyondan sonra pH ayarlamasına gidilir. Laktozun hidrolizi immobilize enzim reaktörü ile gerçekleştirilir. Deminerilizasyondan (anyon ve katyon değişimi) sonra düşük basınç altında buharlaştırma ve laktoz hidrolizi şurubu elde edilmiş olur (Ealy 1992).

Bununla birlikte, laktoz intölöransı tüketiciler için hidrolize edilmiş süt ürünleri gerçekten başarılı olmuştur. Süt tüketimi Avrupa'da diğer gelişmekte olan ülkelere göre daha yüksektir. Fillandiya'da yetişkin nüfusun % 17'si laktoz sindirim probleminde sahiptir. Fillandiya'da Valio şirketi hidrolize lakozlu süt ürünlerinin çok sayıda ve çeşitlilikte üretildiği, ki bu oran Fillandiya'da dondurma pazarı ve taze olarak tüketilen ürünlerin neredeyse % 10'unu oluşturmaktadır (Harju 2000).

Laktozun Absorbsiyonunun Azalması

Laktozun absorpsiyon özelliğini iyileştirmekte ona ilave bir değer katılabilir. Diğer bir şey ise laktozu absorpsiyonunun düşürülmesi problemidir. Bu laktozun kimyasal modifikasyonları ile olabilir. Laktoz laktuloza (galaktosil früktoza) izomerize olması ve laktitola (galaktosil sorbitol) hidrojenize olması veya laktobiyonik aside (galaktosil glukonik asit) okside olması ile modifikasyonlar ortaya çıkar. Bu türevlerin hiçbiri insan ince bağırsağında laktazla hidrolize olmaz ve böylece absorpsiyon işlemi gerçekleşmez. Laktuloz son zamanlarda dünyanın en popüler ishal edicisidir ve endüstriyel laktulozun değeri laktozdan yaklaşık olarak 10 kat daha fazladır. Laktuloz aynı zamanda diğer medikal uygulamalara sahiptir ve bifidogenik faktör olarak bir kısım bebek gıdalarının hazırlanmasında kullanılır. Laktitol üretimi artmakta ve onun kullanımı laktulozda olduğu gibi benzer yerlerde kullanılmaktadır. Bir kısım Avrupa ülkelerinde süt tüketimi azalıyor ve hidrolize laktoz ürünleri tüketiminde artışlar görülmektedir. Aynı zamanda laktuloz gibi ishal edicilerin kullanımında artışlar görülmektedir (Harju 2000).

Laktozun Üretimi

Peynir üretimi sırasında arta kalan peyniraltı suyu yaklaşık olarak % 4.5 civarında laktoz içermektedir. Peyniraltı suyu laktozun değerlendirilmesi için iyi bir kaynak olarak görülür. Bu yüzden peyniraltı suyu laktoz üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunu için peyniraltı suyu önce seperatörden geçirilerek yağı ayrılır. Daha sonra kaynayıncaya kadar ısıtılarak içindeki proteinli maddeler pıhtılaştırılır ve kalsiyum hidroksit ile pH 6.2'ye ayarlayıp süzülür. Süzmede basınçlı filtrelerden yararlanır. Vakum buharlaştırma ile fazla suyu buharlaştırılır. Geniş kaplara alınarak karıştırılmak suretiyle soğutulur. Ortaya çıkan laktoz kristalleri santrifüjde ayrılır. Böylece basit olarak laktoz elde edilir. Bu şekilde elde edilen laktoz sarımsı renkte ve bileşiminde % 80 oranında laktoz vardır. Rengini ve kokusunu gidermek için suda eritilir. Kemik külü ve sirke katılarak kaynatılır ve rafine edilir. Daha sonra süzülerek vakumda koyulaştırılıp tekrar kristalleştirilerek beyaz toz halinde α -laktoz elde edilir. Endüstride kullanılan en yaygın laktoz türü de α -laktoz monohidratır (Özcan, Erbil ve Kural 1996, Bronlund ve Peterson 2004).

Laktoz ve Laktoz Türevlerinin Gıda Sanayinde Kullanım Alanları

Laktoz ve laktulozda elde edilen laktoz türevleri pek çok gıda çeşidine fonksiyonel amaçlı gıda katkı maddesi olarak katılmaktadır (Barth ve Behneke 1997). Laktoz ve laktuloz türevleri, bağırsakta asidik ortam oluşturarak patojen mikroorganizmaların gelişimini önler, aynı zamanda probiyotik ortam hazırladığı için gelişmiş ülkelerde bebek mamalarını anne sütüne benzetmek için laktoz seviyesini yükseltmede katkı maddesi olarak çok yaygın kullanıma sahiptir (Barth ve Behneke 1997, Maldonado, Gil, Narbona ve Molina 1998, Exl 2001, Şahin ve Karaali 2003).

Süt ve peyniraltı suyu gibi sulu çözeltiler laktaz enzimi laktozu glikoza parçalar ve o zaman galaktosil enzim kompleksi galaktozu oluşturmak için su ile reaksiyona girer. Eğer kromatografik ayırma veya nanofiltrasyon kullanılarak oligosakkaritlerden glikoz ve galaktoz ayrı bir şekilde elde edildiğinde, laktoz kolay absorbe olan glikoz-galaktoz karışımına ve absorbe almayan bir galaktosil oligosakkarid karışımına çevrilir.

Galaktosil oligosakkarit uzun süredir laktozdan ticari olarak üretilmektedir, bebek mamalarında probiotik komponentler olarak ve diğer bir çok uygulamalarda kullanılmaktadır (Mahoney 1998,

İnsan sütü yaklaşık % 7 oranında laktoz içeriğine sahiptir. Laktozun bebeğin sağlıklı gelişiminde pek çok yararları vardır. Bebeğin bağırsağında optimum bir flora meydana gelmesini teşvik eder. Laktoz bağırsakta asidik ortam meydana getirerek kalsiyum emilimini arttırmaktadır. Bebeğin beyin gelişiminde esas bir rol oynayan galaktolipidler ve galaktoserebresidlerin oluşumu için laktozun galaktozundan meydana geldiği sanılmaktadır (Barth ve Behnke 1997). Bu yüzden peyniraltı suyundan izole edilen laktoz insan sütünün daha yüksek oranda laktoz içeriğine sahip olması özelliğine benzetmek için özellikle bebek mamalarında kullanılır.

Laktoz pek çok unlu mamullerde gıda katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Laktozun absorpsiyon yeteneği fazla olduğu için tat ve aroma maddelerinin tutulmasını sağlar. İndirgen şeker olması ve bu nedenle proteinlerle tepkimeye girmesi sonucu ürüne sarımsı kahve rengi bir renk verir, yani karamel rengi verir ve bazı fırın ürünlerinde rengi zenginleştirmek amacı ile katılır. Mayalar laktozdan kolayca yararlanamadıkları için, ekmek ve pasta gibi unlu mamullerin raf ömrünü uzatmada da kullanılmaktadır (Metin 2001). Yapılarına laktoz katılarak üretilen bisküvi ve çörek gibi ürünlere lezzet artışı sağlar. Yağların emülsiyon özelliğini artırarak ürünlere lezzet ve aroma vermenin yanında gevreklik de kazandırır (Mann 1995, Şahin ve Karaali 2003).

Laktoz çay şekerinin kullanım izninin olduğu şekerleme çeşitlerinde şekerin yerine kullanılmaktadır. Laktoz karamel yapımında kullanılmaktadır. Laktoz karameli gıdaya lezzet, çiğneme özelliği, tat ve aroma tutma, tat ve aroma katmanının yanında gıdanın raf ömrünü de uzatmaktadır (Şahin ve Karaali 2003).

Laktoz süttten elde edilen bir şekerdir. Az tatlı, zengin aroma bağlama kabiliyetine sahip ve bir gıda ingredient olarak daha fazla geleneksel şekerler yerine kullanılır yapan onun düşük maliyette olmasıdır. Eczacılıkta ilaçların tabletlerine ayrı bir tat ve şekil vermede yaygın kullanıma sahip bir şeker türüdür (Bronlund ve Petersen 2004).

Laktoz midede parçalanmaması bağırsaklarda parçalanması nedeniyle hapların etrafına saran kapsül olarak kullanılır. Ayrıca ilaç endüstrisinde taşıyıcı materyal olarak tabletlerin üretiminde kullanılmaktadır (Oysun 1987, Barth ve Behnke 1997). Başta penisilin olmak üzere bazı antibiyotiklerin üretiminde besi ögesi olarak değerlendirilmektedir (Metin 2001).

Laktoz tıbbi ürünlerde kan basıncını azaltmak, kabızlığı ve diareyi önlemek amacıyla kullanılır. Ozmotik basınç oluşturması ve bağırsakta sürekli bir asidik ortam oluşturması ve asidlik kokuşmaya neden olan proteolitik bakterilerin gelişmesini düzenler. Bu asitlik kalsiyum ve benzer minerallerin emilimini artırır (Metin 2001, Barth ve Behnke 1997).

Laktobionik asidin başlıca kullanımı organ transferleri sırasında kullanılan stabilize solüsyonlarının bir ingredient olarak değerlendirmenin yanında, ilaç sanayinde kalsiyum suplementi olarak kalsiyum laktobionat bileşiği kullanılmaktadır. Deterjan sanayinde yüzey aktif madde özelliği gösterdiği için kullanılmaktadır. Laktobionik asidin gıda sanayinde yoğurt, peynir üretimi sırasında olgunlaşma ve ekşimeyi azaltmada, acılığı elemine etmede, sabit bir jel yapısının oluşumunu teşvik etmede, tat ve aromanın zenginleştirilmesinde, ekşilik tadını iyileştirmede, bitkisel yağların kısmi hidrojenizasyonunda, oksidasyona karşı korumak ve taze aromanın korunması gibi bir çok alanda araştırma yapılmaya devam edilmektedir (Saarela vd 2003).

Dünya çapında peyniraltı suyu üretimi yıl başına 130 milyon tondur ve bu rakam yıldan yıla ortalama olarak %3 hızla artmaktadır. Peyniraltı suyundan kaynaklanan kirliliği önleyecek ve temizliğin devam etmesi

için, peyniraltı suyunun atık rolünden değerli bir ürüne çevirmek için süt endüstrisi yeni teknolojiler geliştirmesine ihtiyaç duyulmaktadır. (Foda ve Lopez-Leiva 2000).

Laktulozla birlikte kullanımlarının yanında, galaktoz ve sorbitoldan oluşan bir şeker alkolü olan laktitol şekerlemeler, çikolatalar, çikletler unlu mamullerde ve dondurma gibi şeker içermeyen gıdalarda şekerin yerini almak için aldatici şeker olarak da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Saarela vd 2003).

SONUÇ

Peynir üretimi sırasında açığa çıkan peyniraltı suyu sütün önemli bileşenlerinden biri olan laktozu önemli miktarlarda içermektedir. Bu şeker peyniraltı suyunun diğer bileşenleri ile birlikte çoğunlukla değerlendirilmeden atılmaktadır. Peynir teknolojisinin atık ürünü olan ve önemli miktarlarda laktoz içeren peyniraltı suyu atılmakla hem çevre kirlenmesine hem de atılmakla önemli besin kayıplarına neden olmaktadır. Bu gün laktoz süt teknolojisi gelişmiş ülkelerde çok farklı gıda maddelerinde fonksiyonel gıda katkı maddesi olarak kullanılmalarının yanında laktozdan laktuloz, laktitol, laktobionik asit ve hidrolize laktoz elde edilmektedir. Bu laktoz türevleri çok değişik amaçlı olarak gıdalarda kullanılmakta ve süt ürünlerine yardımcı olacak düşüncesi amaçlanarak bunlar üzerine değişik araştırmalar sürmektedir. Ülkemizde de peyniraltı suyundan laktoz ve laktoz türevleri üretilerek atılan besin maddelerinin geri kazanılmasının yanında fonksiyonel özellikte gıda iğredientlerinin gıda katkı maddesi olarak kullanım imkanı kazanılacaktır. Bunun yanında, peyniraltı suyu yeterince değerlendirildiğinde önemli besin maddelerinin kazanılmasının yanında milli ekonomiye de önemli katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Akalın AS ve Gönç S. 1997. Lactulose and 5-HMF contents in market milks. *Milchwissenschaft*, 52: 377-380.
- Barth CA, Behnke U. 1997. Nutritional significance of whey and whey components. *Nahrung*, 41: 2-12.
- Berruga MI, Japse A and SanJose C. 1997. Selection of yeast strains for lactose hydrolysis in dairy effluents. *Int Biodeterioration Biodegradation*, 2: 119-123.
- Bronlund J and Paterson T. 2004. Moisture sorption isotherms for crystalline, amorphous and predominantly crystalline lactose powders. *Int Dairy J*, 14: 247-254
- Early R. 1992. *The Technology of Dairy Products*. Milk concentrates (Ed. R. Early), Blackie, 305p. London.
- Exl BM. 2001. A review of recently developments in the use of moderately hydrolyzed whey formulae in infant nutrition. *Nutr Res*, 21: 355-379.
- Foda MI and Lopez-Leiva M. 2000. Continous production of oligosaccharides from whey using a membrane reactor. *Process Biochem*, 35: 381-387.
- Giacoma GD, Re GD and Spera D. 1996. Milk whey treatment with recovery of valuable products. *Desalination*, 108: 273-276.
- Halttnen H, Rajakyla E, Nurmi J, Perkkalainen P and Pitkanen I. 2001. Comparison of two melting range analysis methods with laktitol monahidrate. *Thermochimica acta*, 38: 55-65.
- Harju M. 2000. Milk sugar and minerals as iğredients. *Int J of Dairy Tech*, 54: 61-63.
- Hertzler SR, Huynh B and Savaiano DA. 1996. How much lactose low lactose?. *J American Dietetic Association*, 96: 243-246.
- Mahoney R. 1998. Galactosyl-oligosaccharide formation during lactose hydrolysis: a review. *Food Chem*, 63: 147-154.
- Maldonado J, Gil A, Narbona E and Molina JA. 1998. Special formulas in infant nutrition: a review. *Early Human Develop*, 53: S23-S32.
- Mann EJ. 1994. Whey processing and products-part-I. *Dairy Endustries*, 59: 16-17.
- Mann EJ. 1995. Whey processing and products-part-II. *Dairy Endustries*, 60: 21-22.
- Metin M. 2001. Süt Teknolojisi. Sütün bileşimi ve işlenmesi. Ege Üniversitesi basım evi, 802s, İzmir.

- Mukhopadhyay R, Talukdar D, Chatterjee BP and Guha AK. 2003. Whey processing with chitosan and isolation of lactose. *Process Biochem*, 39: 381-385.
- Oysun G. 1987. Süt Kimyası ve Biyokimyası. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 181, 94s, Samsun.
- Özcan T, Erbil F ve Kurdal E. 1996. Peyniraltı suyundan laktozun geri kazanım aşamaları. *Süt Tek*, 1: 55-57.
- Rustom IYS, Foda MI and Lopez-Leiva, MH. 1998. Formation of oligosaccharides from whey UF-permeate by enzymatic hydrolysis-analysis of factors. *Food Chem*, 62: 141-147.
- Pessela BCC, Mateo C, Fuentes M, Vian A, Garcia JL, Carrascosa AV, Guisan JM and Fernandez-Lafuent, R., 2003. The immobilization of thermophilic β -galactosidase on sepabeads supports decreases product inhibition complete hydrolysis of lactose in dairy products. *Enzyme Microbial Tech*, 33: 199-205.
- Saarela M, Hallmaa K, Mattila-Sandholm T and Mättö J. 2003. The effect of lactose derivatives lactulose, lactitol and lactobionic acid on the functional and technological properties of potentially probiotic *Lactobacillus* strains. *Int Dairy J*, 13: 291-302.
- Şahin N ve Karaali A. 2003. Peyniraltı suyundan laktoz eldesi ve gıda sanayinde kullanım olanakları. 22-23 Mayıs 2004. SEYES, s. 319-324, İzmir.