

SİKLODEKSTRİNLER VE GIDA ENDÜSTRİSİNDE KULLANIMLARI

Ayşe Avcı*, Sedat Dönmez

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara

Geliş tarihi / Received: 23.04.2010

Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 04.06.2010

Kabul tarihi / Accepted: 05.06.2010

Özet

Siklodekstrinler (SD) $\alpha(1-4)$ glikozidik bağlı glikoz ünitelerinden oluşan siklik maltooligosakkaritlerdir. Glikoz ünitesinin sayısına göre isimlendirilen siklodekstrinlerin en çok kullanılan ve bilinenleri, sırası ile, 6, 7 ve 8 glikoz ünitesinden oluşan α -SD, β -SD ve γ -SD' lerdir. Geometrik olarak 3 boyutlu konik silindir biçiminde olan siklodekstrinlerin kavite deneni iç kısımları hidrofobik, dış yüzeyleri ise hidrofilik özellik gösterir. Bu yapısal özellikleri nedeni ile çok çeşitli katı, sıvı ve gazlarla konakçı-konuk tipinde inklüzyon kompleksi oluşturarak konuk molekülün fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirmektedirler. Siklodekstrinler gıda, eczacılık, kozmetik, kimya, tarım ve tekstil gibi pek çok endüstriyel alanda kullanılabilir.

Anahtar kelimeler: Siklodekstrin, siklodekstrin glikoziltransferaz, inklüzyon kompleksi

CYCLODEXTRINS AND THEIR USAGE IN THE FOOD INDUSTRY

Abstract

Cyclodextrins are cyclic maltooligosaccharides composed of glucose units linked by $\alpha(1-4)$ glucosidic bonds. There are mainly three types of cyclodextrins named according to the number of glucose units that are α -CD, β -CD, and γ -CD having 6, 7 and 8 glucose units, respectively. They are geometrically conical cylinders with a hydrophobic internal cavity and hydrophilic outer surface. Due to this structure, they are able to form inclusion complexes with a variety of hydrophobic molecules by changing their physical and chemical properties. Thus, they are extensively used in food, pharmaceutical, cosmetics, chemical, agricultural and textile industries.

Keywords: Cyclodextrin, cyclodextrin glycosyltransferase, inclusion complex.

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ avciaysetr@yahoo.co.uk ☎ (+90) 312 596 1100 📠 (+90) 312 317 8711

GİRİŞ

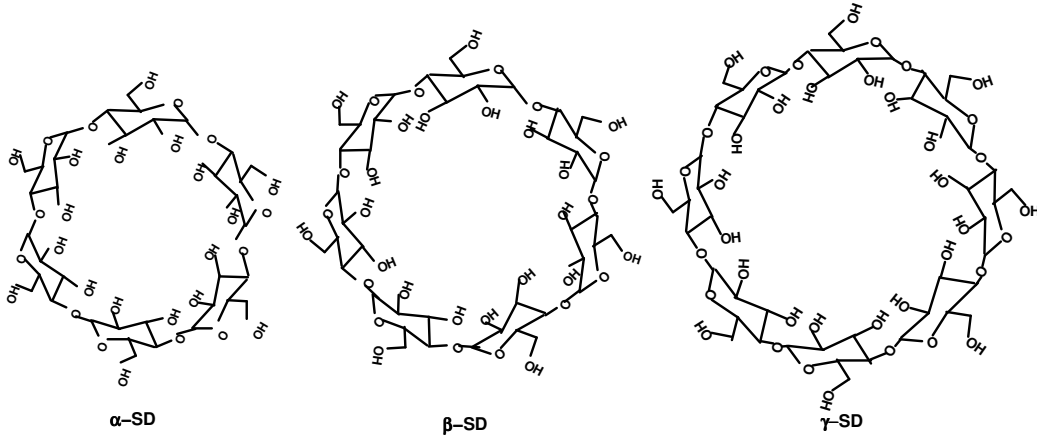
Supramoleküller, farklı özelliklere sahip olan iki veya daha fazla molekül, iyon veya koordinasyon bileşiklerinin molekül içi etkileşimler ile birleşmesi sonucu oluşan komplekslerdir (1). Bu etkileşimlerin çoğu konakçı ve konuk tipinde olmaktadır (2). Supramoleküler kimyada konakçı moleküller kriptandlar, taç eterleri, kalikserenler, siklofanlar ve siklodekstrinler (SD) gibi kafes yapısında olan bileşiklerdir (1, 3). Bu konakçı moleküller arasında en önemlisi SD'lerdir, çünkü bunlar nişastanın enzimatik yolla parçalanması ile oluşan biyolojik bileşiklerdir (4). Geometrik olarak 3 boyutlu konik silindirik biçiminde olan SD'lerin kavite denem iç kısmı hidrofobik dış yüzeyi ise hidrofildir. Bu yapısal özelliklerinden dolayı çok çeşitli katı, sıvı ve gazlarla konakçı-konuk tipinde kristal inklüzyon kompleksi oluşturabilme yeteneğindedirler (5). SD'lere olan ilginin temel sebebi biyolojik bir ürün olmaları ve inklüzyon kompleksi oluşturabilmeleridir (4, 6). Inklüzyonla konuk molekülün çözünürlük, ısı, ışık ve uçuculuk gibi çeşitli fiziksel ve kimyasal özellikleri iyileştirilebilmektedir. Başta gıda ve eczacılık olmak üzere kozmetik, kimya, tarım ve tekstil gibi birçok endüstriyel alanda kullanılabilirler (3).

SD'ler hakkındaki ilk yazılı belge Fransız bilim adamı Villier (1891)'e aittir (7). Villier nişastadan *Bacillus amylobacter* ile ilk SD'leri üretmiş ve bunlara selülozin adını vermiştir. 1903'te Shardingier bunların siklik yapılarını belirleyerek; bulduğu iki farklı SD'ye α ve β dekstrinleri ismini vermiştir (8). 1948'de SD'lerin inklüzyon kompleksi oluşturabilme yetenekleri belirlenmiş, 1970'lerde de endüstriyel olarak Japonya ve Macaristan'da üretilmeye

başlanmıştır (5, 6). Üst bağırsak sisteminde absorbe edilemezler, kalın bağırsak mikroflorası tarafından ise tamamen metabolize edilirler (9, 10). α , β ve γ -SD'ler gıda katkı maddesi olarak kullanılmak üzere GRAS listesine alınmıştır (11). Her üç siklodektrin de endüstriyel olarak üretilmekte ve üretim miktarı her yıl artış göstermektedir (12). Dünyadaki SD üretimi 1990 yılında 850 ton, 1998'de 6000 ton, günümüzdeki üretimi ise 10000 tonun üzerindedir (5, 8, 12). Dünyada en fazla üretim ve tüketim oranına sahip olan Japonya'da 2000 yılındaki SD kullanımının 1800 ton olduğu bildirilmiştir (5, 13). Ülkemizde ise endüstriyel olarak henüz üretilmemektedir. Bu derleme SD'lerin yapısı, özellikleri ve gıda endüstrisindeki kullanımları hakkında bilgi vermek için hazırlanmıştır.

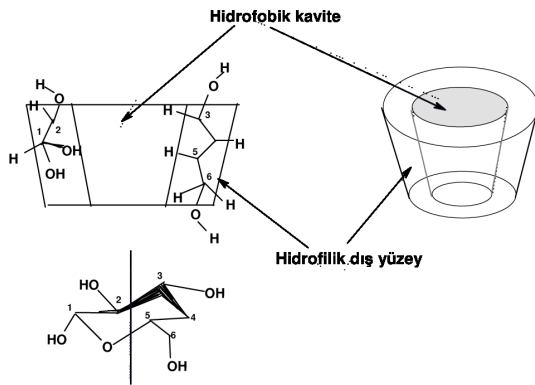
SİKLODEKSTRİNLERİN YAPISI VE ÖZELLİKLERİ

SD'ler, nişastanın siklodektrin glikoziltransferaz (SGTaz) enzimi ile parçalanması ile elde edilen α (1-4) glikozidik bağlı, indirgen olmayan, siklik maltooligosakkaritlerdir (3, 14). Bunlar aynı zamanda, sikloamilozlar, siklomaltozlar ve Schardingier dekstrinleri olarak da isimlendirilmektedirler (15). 6-12 glikoz ünitesinden oluşan SD'lerin bulunduğu belirlenmiştir, ancak bunlardan sadece α , β ve γ -SD olarak isimlendirilen ve sırası ile 6, 7 ve 8 glikoz ünitelerinden oluşan SD'ler endüstriyel olarak üretilmekte ve kullanılmaktadır (Şekil 1) (16-18). 6 glikoz ünitesinden daha az glikoz içeren SD'lerin üretiminin sterik olarak mümkün olmadığı bildirilmiştir (16, 19).



Şekil 1. α , β ve γ -siklodekstrinlerin kimyasal yapısı, Szejtli 2004'den (7) derlenmiştir.

SD'lerin 3 boyutlu şekilleri konik silindir biçimindedir. Bu özelliğin yapılarındaki glikopiranoz ünitelerinin 4C_1 sandalye formunda olmasından kaynaklandığı belirlenmiştir. (20). Sandalye formu ile bütün hidroksil grupları molekülün dış yüzeyinde toplanmıştır (15, 16). Sekonder hidroksil grupları (C2 ve C3) halkanın geniş kenarında, primer hidroksil (C6) grupları ise diğer kenarda bulunmaktadır (6, 15). Hidroksil gruplarının molekülün dış yüzeyinde bulunması SD'lerin suda çözünmesini (hidrofilik) sağlamaktadır (15). Kavitede ise molekülün apolar özellikte olmasını sağlayan C3 ve C5 hidrojen atomları ve glikozidik oksijen köprüleri bulunmaktadır (Şekil 2) (1, 14). Kavitenin apolar özelliği SD'lerin birçok hidrofobik moleküllerle inklüzyon kompleksleri oluşturabilmesini sağlamaktadır (6). Kavitenin polaritesinin etanolün polaritesine yakın olduğu saptanmıştır (20, 21).



Şekil 2. Siklodekstrinlerin 3 boyutlu yapıları. Zhang ve Rees 1999'dan (22) derlenmiştir.

Çizelge 1. Siklodekstrinlerin özellikleri (6,22)

Özellik	α -siklod.*	β -siklod.*	γ -siklod.*
Glikoz ünitesi sayısı	6	7	8
Molekül ağırlığı	972	1135	1297
25 °C'de Suda çözünürlük (%ağ/h)	14,5	1,85	23,2
Dış Çap (A)	14,6	15,4	17,5
Kavite Çapı (A)	4,7-5,3	6,0-6,5	7,5-8,3
Yüksekliği (A)	7,9	7,9	7,9
Kavite Hacmi (A ³)	174	262	427

* : Siklodekstrin

α , β ve γ -SD'lerin çeşitli özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. β -SD'nin suda çözünürlüğü (% 1.85), α -SD (% 14.5) ve γ -SD'ye (% 23.2) göre oldukça düşüktür (2. 22). SD molekülünde bir glikopiranoz ünitesinin C2 hidroksil gruplarının bitişiğindeki C3 hidroksil grupları ile hidrojen bağları oluşturabildiği ve bu hidrojen bağları ile molekülde sekonder bir hidrojen kimerinin oluştuğu ve bunun da β -SD'ye oldukça sağlam bir yapı kazandırdığı belirtilmiştir. Bu hidrojen bağlarının β -SD'nin ortamda bulunan su molekülleri ile hidrojen bağı oluşturabilme yeteneğini azalttığı ve böylece çözünürlüğünü düşürdüğü bildirilmiştir (7,8). β -SD'nin suda çözünürlüğü düşük olduğu için üretim sırasında kolayca çöktürülüp ortamdan ayrılmaktadır. Bu nedenle β -SD, en ucuz, en çok bulunan ve kullanılan SD'dir (5, 6). α -SD'de ise hidrojen kimeri tamamlanmamış durumdadır, çünkü moleküldeki bir glikopiranoz ünitesi bükülmüş durumdadır. Buna bağlı olarak 6 yerine ancak 4 hidrojen bağı oluşabilmektedir. γ -SD ise oldukça esnek bir yapıya sahip olduğundan çözünürlüğü en yüksek olan SD'dir (2).

Modifiye siklodekstrinler

SD'lerin suda çözünürlükleri aynı glikoz ünitesine sahip olan doğrusal dekstrinlere göre oldukça düşüktür (20). Bu nedenle, suda çözünen SD türevleri elde edebilmek için SD'ler modifiye edilebilmektedir (8). SD'lerde her bir glikopiranoz ünitesinde fonksiyonları ve reaktiviteleri birbirinden farklı olan 3 serbest hidroksil grubu bulunmaktadır. Örneğin, bir β -SD molekülünde 21 hidroksil grubu aminasyon, esterifikasyon ve eterifikasyon gibi yöntemlerle çeşitli fonksiyonel grupların bağlanması ile modifiye edilebilmektedir (4, 8, 23). Bir bazik çözeltide çözüldürülmüş β -SD'nin propilen oksitle muamele edilmesiyle, 2-hidroksipropil β -SD'ler oluşmakta ve böylece çözünürlüğü % 1.85'ten % 60'a (ağ/h) çıkarılabilmektedir (6, 8).

SD'lerin modifikasyonları, genellikle fonksiyonel grupların moleküldeki hidroksil gruplarına rastgele yerleştirilmesi ile kısmi olarak yapılmaktadır. Hidroksil gruplarının tamamına fonksiyonel grupların yerleştirilmesiyle elde edilen modifiye SD'lerin çözünürlüklerinin kısmi olarak modifiye

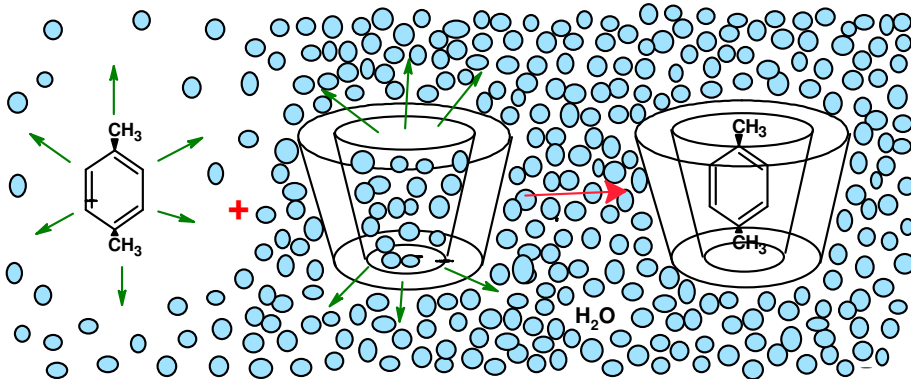
edilenlere göre daha düşük olduğu belirtilmiştir (8). SD'lerin kimyasal modifikasyonları ile çözünürlüklerinin arttırılmasının yanında ışık ve oksijene dayanıklılığı da arttırılmakta ve konuk molekülün kimyasal aktivitesinin kontrolüne yardımcı olmaktadır (3). Günümüzde, çeşitli modifikasyonlarla 1500 farklı SD türevi yapılmış ve literatürde tanımlanmıştır, bunların 100'den fazlası saf kimyasal olarak pazarlanmaktadır. Ancak, bunların toksikolojik değerlendirmeleri çok pahalı ve zaman alan süreçler olduğu için, sadece birkaç modifiye SD'nin endüstriyel uygulamalarına izin verilmektedir. Yeni modifiye edilmiş SD'ler aslında kullanılanlardan daha iyi özelliklerde olmadığından bunların kullanım alanlarının çok yavaş artacağı veya gelişeceği belirtilmiştir (8). Endüstriyel olarak kullanılan modifiye SD'ler: RAMEB (rastgele metillenmiş β -SD), HPBCD (hidroksipropil β -SD), HEBCD (hidroksietil β -SD), DIMEB (heptakis (2,6-dimetil) β -SD), TRIMED (heptakis (2,3,6-trimetil) β -SD), EPC-CD (epiklorhidrin ile çapraz bağlanmış SD)'dir (3).

Siklodekstinlerin inklüzyon kompleksi

İnklüzyon kompleksleri, bir konakçı molekülün konuk bir molekülü herhangi bir kovalent bağ oluşturmaksızın kavitesinde tutması ile oluşan bileşiklerdir (11, 24, 25). İnküzyon kompleksi oluşturabilen organik maddeler (konuk) taç eterleri ve sikloekstrinlerdir (16). SD'lerin 3 boyutlu yapı ve şekilleri, hidrofobik bileşikler veya fonksiyonel gruplarla kompleks oluşturmalarında önemli bir parametredir (6).

SD'lerin sulu çözeltilerinde kavitedeki su molekülleri ile kavite arasında apolar polar etkileşim olduğundan ortamın entalpisi yüksektir. Ortama apolar bir bileşik (konuk) ilave edildiğinde su molekülleri kaviteden ayrılır, konuk moleküller kavite ile apolar-apolar etkileşim sağlayarak kavitenin zorlanması azalır ve daha stabil ve düşük enerjili bir yapı oluşur (2, 3, 26). Kompleks oluşumunun temel itici gücü entalpice zengin su moleküllerinin kaviteden ayrılmasıdır (7). Şekil 3'te bir SD molekülünün p-ksilen ile inklüzyon kompleksi oluşturmasının şematik gösterimi verilmiştir. İnküzyon kompleksleri oldukça stabildirler ve ortamdan kristalizasyonla kolayca ayrılabilirler (14). Konuk moleküllerin SD'ye bağlanması sabit veya kalıcı değildir, ancak dinamik bir dengededir. Bağlanma gücü konakçı-konuk moleküllerin birbirlerine uygunluğuna ve yüzey atomları arasındaki lokal özgül etkileşime bağlıdır. Kompleksler hem çözelti hem de kristal halde oluşabilmekte ve çözücü olarak genellikle su kullanılmaktadır (3).

Her üç SD'nin de kavite yükseklikleri aynı olduğu için, glikoz ünitesi sayısı sadece kavitenin çap ve hacmini belirlemektedir. Bu boyutlara göre α -SD'ler tipik olarak düşük molekülü veya alifatik yan zincirli bileşiklerle, β -SD'ler aromatik ve heterosiklik bileşiklerle, γ -SD ise makrosiklik ve steroidler gibi daha büyük moleküllerle kompleks oluşturabilmektedirler (6). SD'lerle inklüzyon kompleksleri oluşturulurken, konuk moleküller konakçı kavitesinde geçici olarak hapsedildiği veya kilitlendiği için, konuk moleküllerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde önemli değişiklikler oluşur (3, 23). SD'lerin kompleks oluşumu ile en önemli



Şekil 3. p-ksilen ve bir SD molekülünün inklüzyon kompleksi oluşumunun şematik gösterimi (7, 11, 26)

kullanım amacı çözünürlüğü az olan bileşiklerin sudaki çözünürlüğünü arttırmaktır (27). Bunun yanında moleküllerin ısı, ışık ve oksidasyonun yıkıcı etkilerine karşı koruyarak ürünlerin raf ömrünün uzatılması, istenmeyen koku ve tatların maskelenmesi gibi pek çok amaçla da kullanılabilir (3, 28).

Siklodekstrin Glikoziltransferaz (SGTaz) Enzimi

Siklodekstrin glikozil transferaz (SGTaz, EC 2.4.1.19), nişastanın parçalanmasını katalize ederek SD'leri oluşturan hücre dışı bir enzimdir (29-31). Bu enzimler ayrıca, siklomaltodekstrin glikoziltransferaz veya siklomaltodekstrin glukanoztransferaz olarak da isimlendirilmektedir (32).

Aminoasit dizi benzerliğine göre yapılan sınıflandırmada, SGTaz'ların glikozil hidrolazların α -amilaz ailesine ait (13. aile) enzimler olduğu belirlenmiştir (33, 34). SGTaz'lar aminoasit dizilimi bakımından α -amilazlara benzemekle birlikte, katalizlediği reaksiyonlar bakımından α -amilazlardan oldukça farklıdır. α -amilaz ailesi enzimleri, genellikle, hidroliz reaksiyonlarını katalizlerken SGTaz'lar glikozil residülerini akseptör olarak kullanılarak SD'lerin olduğu transglikozilasyon reaksiyonlarını katalizlemektedirler (35). SGTaz'lar çok fonksiyonlu enzimlerdir ve siklizasyon reaksiyonunun dışında birleştirme (coupling, SD halkasının açılarak, oluşan maltooligosakkaritin akseptör moleküllere transfer edilmesi), disproporsiyonasyon (lineer maltooligosakkaritlerin akseptör moleküllere transferi) ve hidroliz reaksiyonlarını da katalizlemektedirler (36).

SGTaz enzimleri, çoğunlukla, bakteriler tarafından üretilmektedir (37). *Bacillus*, *Klebsiella*, *Brevibacterium*, *Thermoanaerobacterium*, *Thermoanaerobacter* ve *Micrococcus* cinsine ait bakterilerin SGTaz ürettikleri saptanmıştır (35). Bakterilerin yanında *Thermococcus* ve *Pyrococcus* cinslerine ait çeşitli arke türlerinin de SGTaz ürettikleri belirlenmiştir. Günümüzde, endüstriyel SGTaz üretiminde en çok kullanılan mikroorganizmalar aerobik ve alkalofilik *Bacillus* türleridir (37).

SGTaz'lar, mikroorganizmaların çoğunda hücre dışı olarak üretilmektedirler ve üretilen SD'lerin miktarı ve türü her mikroorganizmada farklılık göstermektedir (36, 38). SGTaz'ların endüstriyel

üretimleri diğer enzim üretim proseslerine benzer şekilde yapılmakta, üretimde hem doğal suşlar hem de genetik modifiye suşlar kullanılmaktadır (32).

SİKLODEKSTRİNLERİN GIDA ENDÜSTRİSİNDE KULLANIMLARI

SD'lerin gıda endüstrisinde pek çok uygulama alanı bulunmaktadır (4, 25). Kullanım oranlarının her yıl % 20-30 arasında bir artış gösterdiği ve dünyadaki toplam SD kullanımının % 80-90'ının gıda endüstrisine ait olduğu bildirilmiştir (11). Japonya'da 20 yılı aşkın süredir, taze gıdaların kokularının maskelenmesi ve balık yağlarının stabilizasyonu gibi uygulamalarda, SD'ler modifiye nişasta olarak kullanılmaktadır (3, 6).

Fonksiyonel olarak SD'ler boş kapsüller olarak kabul edilebilirler ve geleneksel enkapsülasyon yöntemleri ile karşılaştırıldığında bunların en önemli özellikleri enkapsüle edilen her bir molekülün etkili bir şekilde korumalarıdır (10). Enkapsülasyon ile bileşiklerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri önemli oranda modifiye edilmektedir (27). SD'ler gıda endüstrisinde, i) çeşitli vitamin ve renk maddelerinin çözünürlüğünün artırılmasında, ii) ısı, ışık ve oksijene duyarlı gıda bileşenlerinin korunarak raf ömürlerinin uzatılmasında, iii) istenmeyen tat ve koku maddelerinin maskelenmesinde, iv) aroma, vitamin ve zorunlu yağ asitlerinin istenmeyen değişikliklere karşı stabilizasyonunda, v) bazı gıda bileşenlerinin kontrollü salınımının sağlanmasında, vi) süt ve süt ürünlerinden kolesterolün uzaklaştırılması gibi uygulamalarda proses yardımcı olarak kullanılabilirler (10, 11, 27).

Aroma bileşikleri depolama sırasında buharlaşma, kimyasal bozulma ve diğer bileşiklerle reaksiyonlarının engellenmesi amacı ile, genellikle, enkapsüle edilmektedir. Günümüzde ticari olarak çok çeşitli enkapsülasyon yöntemleri uygulanmaktadır. Ancak, SD'ler ile oluşturulan komplekslerin uçucu ve hassas aroma bileşenlerinin korunmasında diğer yöntemlerden daha etkili olduğu ve aromanın daha uzun süre korunabildiği belirlenmiştir (3, 39). Ayrıca, dondurma-çözme ve mikrodalga gibi sert uygulamalarda da SD'ler ile kompleks oluşturulan aroma bileşiklerinin daha iyi korunduğu bildirilmiştir (3, 25).

Acı tat birçok gıda ürününün reddedilmesindeki en önemli nedenlerden biridir. SD'ler istenmeyen bileşiklerin uzaklaştırılmasında veya maskelenme-

sinde kullanılabilirler (11). Acı tat bileşiği ile kompleks oluşturarak bunların dilimizdeki tat alma cisimcikleri ile etkileşimini engelledikleri açıklanmıştır (25, 40). Aspartam yapımında SD'ler kullanılarak hem tadı iyileştirmekte hem de stabilizasyonu sağlamaktadırlar (6, 11). Stevioside ve rubuside gibi tatlandırıcıların yapımında da SD'ler kullanılarak, bunlardaki acılığın giderildiği bildirilmiştir (3, 6, 11, 40). Ayrıca meyve suları, kahve ve alkollü içecek gibi ürünlerde acılığın azaltılması amacı ile de kullanılabilir (10). Portakal ve grefurt sularında narinjin ve limoninden ileri gelen acılık β -SD kullanılarak azaltılabilmektedir (6, 40).

SD'lerin gıda endüstrisindeki en önemli uygulama alanlarından biri de yumurta, süt, dondurma, krema, peynir gibi hayvansal ürünlerden kolesterolün ayrılmasıdır (10, 41-44). Kolesterolün uzaklaştırılacağı ortama SD eklenerek kompleksin oluşacağı uygun sıcaklıklarda karıştırılır, oluşan kompleks filtrasyon ve santrifüj ile ortamdan uzaklaştırılır. Ortamdan ayrılan SD-kolesterol kompleksi suda ısıtılarak kolesterol SD'den ayrılır ve ayrılan kolesterol yeni bir ticari ürün olarak satılabilir. SD ise kolesterolün uzaklaştırılması işleminden sonra tekrar kullanılabilir (24). β -SD yardımı ile bu ürünlerde bulunan kolesterolün % 80-90'ının ayrılabilirdiği belirlenmiştir (6, 42). Meyve ve sebze sularında enzimatik kararmaya neden olan fenolik bileşikler SD ile muamele edilerek ayrılabilir. Polifenol oksidaz meyve sularında bulunan ve renksiz fenolik bileşikleri renkli bileşiklere dönüştüren bir enzimdir. Üzüm, elma, armut sularına bir β -SD polimeri eklenerek polifenoller ortamdan uzaklaştırıldığında renkte kararmanın olmadığı belirtilmiştir (6, 24).

Ekmeğin yapımında % 1.5 oranında kullanılan β -SD'nin, ekmeğin sertlik ve elastikiyetinin daha iyi korunmasını sağlayarak bayatlamayı geciktirdiği saptanmıştır (45). SD'ler, bazı toz haldeki aroma bileşenleri ve kaplama maddelerinin kontrollü olarak salınımı için kullanılmakta, ayrıca bazı cikletlerde aromanın uzun süre korunması SD uygulaması ile mümkün olmaktadır (6, 24).

SONUÇ

100 yılı aşkın süredir biliniyor olmasına karşın, SD'lerin endüstriyel kullanımları yenidir. Özellikle son 30 yılda, Japonya ve Macaristan'ın önderliğinde endüstriyel boyutlarda üretilip kullanılmaya

başlanan SD'ler, günümüzde çeşitli Avrupa ülkeleri ve ABD'de yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Geometrik yapı ve özellikleri SD'leri diğer maltooligosakkaritlerden farklı bir kategoriye sokmaktadır. Pek çok bileşik ile inklüzyon kompleksi oluşturarak etkinliklerini arttırmaları, endüstriyel kullanımlarındaki hızlı artışın başlıca nedenidir. Çok amaçlı kullanım olanakları bunları pek çok bilim dalı için çekici hale getirmekte ve başta eczacılık ve gıda olmak üzere her yıl yüzlerce bilimsel yayın yapılmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Song LX, Bai L, Xu XM, He J, Pan SZ. 2009. Inclusion complexation, encapsulation interaction and inclusion number in cyclodextrin chemistry. *Coord Chem Rev*, 253, 1276-1284.
2. Szejtli J. 1998. Introduction and general overview of cyclodextrin chemistry. *Chem Rev*, 98, 1743-1753.
3. Singh M, Sharma R, Banerjee UC. 2002. Biotechnological applications of cyclodextrins. *Biotechnol Adv*, 20, 341-359.
4. Eastburn SD, Tao BY. 1994. Applications of modified cyclodextrins. *Biotechnol Adv*, 12, 325-339.
5. Starnes RL. 1990. Industrial potential of cyclodextrin glycosyltransferases. *Cereal Food World*, 35(11), 1094-1099.
6. Del Valle EMM. 2004. Cyclodextrins and their uses. *Process Biochem*, 39, 1033-1046.
7. Szejtli J. 2004. Past, present, and future of cyclodextrin research. *Pure Appl Chem*, 76, 1825-1845.
8. Loftsson T, Duchene D. 2007. Cyclodextrins and their pharmaceutical application. *Int J Pharm*, 329(1-2), 1-11.
9. Irie T, Uekama K. 1997. Pharmaceutical applications of cyclodextrins. III. Toxicological issues and safety evaluation. *J Pharm Sci*, 86(2), 147-162.
10. Szente L, Szejtli J. 2004. Cyclodextrins as food ingredients. *Food Sci Technol*, 15, 137-142.
11. Astray G, Barreiro CG, Mejuto JC, Otero RR, Gandara JS. 2009. A review on the use of cyclodextrins in foods. *Food Hydrocolloids*, 23, 1631-1640.
12. Biber A, Heinzle E. 2004. Process modeling and simulation can guide process development: case study α -cyclodextrin. *Enzyme Microb Technol*, 34, 642-650.
13. Hashimoto H. 2002. Present status of industrial application of cyclodextrins in Japan. *J Inclusion Phenom Macrocyclic Chem*, 44, 57-62.
14. van der Veen BA, Uitdehaag JCM, Dijkstra BW, Dijkhuizen L. 2000. Engineering of cyclodextrin glycosyltransferase reaction and product specificity. *Biochim Biophys Acta*, 1543, 336-360.
15. van de Manacker F, Vermonden T, van Nostrum CF, Hennink WE. 2009. Cyclodextrin-based polymeric ma-

- terials: synthesis, properties, and pharmaceutical/biomedical applications. *Biomolecules*, 10(12), 3157-3175.
16. Crini G, Morcellet M. 2002. Synthesis and applications of adsorbents containing cyclodextrins. *J Sep Sci*, 25, 789-813.
 17. Harada A. 2001. Cyclodextrin-based molecular machines. *Acc Chem Res*, 34, 456-464.
 18. Uitdehaag JCM, van der Veen BA, Dijkhuizen L, Dijkstra BW. 2002. Catalytic mechanism and product specificity of cyclodextrin glycosyltransferase, a prototypical transglycosylase from the α -amylase family. *Enzyme Microb Technol*, 30, 295-304.
 19. Loftsson T, Brewster ME. 1996. Pharmaceutical applications of cyclodextrins. 1. Drug solubilization and stabilization. *J Pharm Sci*, 85 (10), 1017-1025.
 20. Magnusdottir A, Mason M, Loftsson T. 2002. Cyclodextrins. *J Inclusion Phenom Macrocyclic Chem*, 44, 213-218.
 21. Loftsson T, Jarho P, Masson M, Jarvinen T. 2005. Cyclodextrins in drug delivery. *Expert Opin Drug Discovery*, 2(2), 1-17.
 22. Zhang MQ, Rees D. 1999. A review of recent applications of cyclodextrins for drug discovery. *Expert Opin Ther Pat*, 9(2), 1697-1717
 23. Rajewski RA, Stella VJ. 1996. Pharmaceutical applications of cyclodextrins. 2. In vivo drug delivery. *J Pharm Sci*, 85(11), 1142-1169.
 24. Hedges AR. 1998. Industrial applications of cyclodextrins. *Chem Rev*, 98, 2035-2044.
 25. Gornas P, Neunert G, Baczynski K, Polewki K. 2009. Beta-cyclodextrin, complexes with chlorogenic and caffeic acids from coffee brew: Spectroscopic, thermodynamic and molecular modelling study. *Food Chem*, 114, 190-196.
 26. Szejtli J. 1997. Utilization of cyclodextrins in industrial products and processes. *J Mater Chem*, 7(4), 575-587.
 27. Mourtzinou I, Kalogeropoulos N, Papadakis SE, Konstantinou K, Karathanos VT. 2008. Encapsulation of nutraceutical monoterpenes in β -cyclodextrin and modified starch. *J Food Sci*, 73(1), 89-94.
 28. van der Veen BA, Uitdehaag JCM, Penninga D, van Alebeek GJWM, Smith LM, Dijkstra BW, Dijkhuizen L. 2000. Rational design of cyclodextrin glycosyltransferase from *Bacillus circulans* strain 251 to increase α -cyclodextrin production. *J Mol Biol*, 296, 1027-1038.
 29. Choe HW, Park KS, Labahn J, Granzin J, Kim CJ, Büldt J. 2003. Crystallization and preliminary X-ray diffraction studies of α -cyclodextrin glucanotransferase isolated from *Bacillus macerans*. *Acta Crystallogr, Sect. D: Biol Crystallogr*, D59, 348-349.
 30. Cao X, Zhengyu J, Wang X, Chen F. 2005. A novel cyclodextrin glycosyltransferase from an alkalophilic *Bacillus* species: purification and characterization. *Food Res Int*, 38, 309-314.
 31. Blackwood AD, Bucke C. 2000. Addition of polar organic solvents can improve the product selectivity of cyclodextrin glycosyltransferase: Solvent effects on CGTase. *Enzyme Microb Technol*, 27, 704-708.
 32. Qi Q, Zimmermann W. 2005 Cyclodextrin glucanotransferase: from gene to applications. *Appl Microbiol Biotechnol*, 66, 475-485.
 33. Henristat B. 1991. A classification of glycosyl hydrolases based on amino acid sequence similarities. *Biochem J*, 280, 309-316.
 34. van der Maarel MJEC, van der Ween B, Uitdehaag JCM, Leemhuis H, Dijkhuizen L. 2002. Properties and applications of starch-converting enzymes of the α -amylase family. *J Biotechnol*, 94, 137-155.
 35. Rahman K, Illias RM, Hassan O, Mahmood NAN, Rashid NAA. 2006. Molecular cloning of a cyclodextrin glucanotransferase gene from alkalophilic *Bacillus* sp. TS1-1 and characterization of the recombinant enzyme. *Enzyme Microb Technol*, 39, 74-84.
 36. Tonkova A. 1998. Bacterial cyclodextrin glucanotransferase. *Enzyme Microb Technol*, 22, 678-686.
 37. Mahat MK, Illias RM, Rahman RA, Rashid NAA, Mahmood NAN, Hassan O, Aziz SA, Kamaruddin K. 2004. Production of cyclodextrin glucanotransferase (CGTase) from alkalophilic *Bacillus* sp. TS1-1: media optimization using experimental design. *Enzyme Microb Technol*, 35, 467-473.
 38. Saverage LS, Dhule SS, Jogdand VV, Nene SN, Gadre RV. 2008. Production and single step purification of cyclodextrin glycosyltransferase from alkalophilic *Bacillus firmus* by ion exchange chromatography. *Biochem Eng J*, 39,510-515.
 39. Suratman LLI, Jeon IJ, Schmidt KA. 2004. Ability of cyclodextrins to entrap volatile beany flavor compounds in soymilk. *Food Chem Toxicol*, 69(2), 109-113.
 40. Reineccius TA, Reineccius GA, Peppard TL. 2004. Utilization of β -cyclodextrin for improved flavor retention in thermally processed foods. *Food Chem Toxicol*, 69(1), 58-62.
 41. Szejtli J, Szenté L. 2005. Elimination of bitter, disgusting tastes of drugs and foods by cyclodextrins. *Eur J Pharm Biopharm*, 61, 115-125.
 42. Kim SY, Bae HY, Kim HY, Ahn J, Kwak HS. 2008. Properties of cholesterol-reduced Camembert cheese made by crosslinked β -cyclodextrin. *Int J Dairy Technol*, 61, 364-371.
 43. Ha HJ, Lee JE, Chang YH, Kwak HS. 2009. Entrapment of nutrients during cholesterol removal from cream by crosslinked β -cyclodextrin. *Int J Dairy Technol*, 63(1), 119-126.
 44. Ha HJ, Ahn J, Min SG, Kwak HS. 2009. Properties of cholesterol-reduced ice cream made with cross-linked β -cyclodextrin. *Int J Dairy Technol*, 62(3), 452-457.
 45. Tian, YQ, Li Y, Jin ZY, Xu XM, Wang JP, Jiao AQ, Yu B, Talba T. 2009. β -cyclodextrin (β -CD): A new approach in bread staling. *Thermochim Acta*, 489, 22-26.

Yeni Kitap

Süt Mikrobiyolojisi,

Prof. Dr. Sevda Kılıç, 2010; 680 s.

Bölüm 01. Mikrobiyolojinin tanımı

Bölüm 02. Prokaryotik Protistalar

Bölüm 03. Mikroskop ve kullanımı

Bölüm 04. Süt ve Özellikleri

Bölüm 05. Patojen ve bozulma etkeni olan bakteri familyaları

Bölüm 06. Spor oluşturmeyen düzgün çubuk bakteriler

Bölüm 07. Sporsuz, düzgün olmayan çubuk bakteriler

Bölüm 08. Psikrotrof Özellikteki Bakteriler

Bölüm 09. Psikrotroflar: Enzimleri, süt ve süt ürünlerine etkisi

Bölüm 10. İnsan ve hayvanlarda önemli hastalık etmeni olan bakteriler

Bölüm 11. İnsan patojeni ve mastitis oluşturabilen Streptococcus türleri

Bölüm 12. Süt ürünlerinde bozulmaya sebep olan yararlı mikroorganizmalar

Bölüm 13. Maya ve küfler

Bölüm 14. Riketsiyalar ve virüsler

Bölüm 15. Süt endüstrisinde temizlik ve dezenfeksiyon

İsteme adresi: SİDAS Medya Tanıtım Ltd Şti

Fevzipaşa Blv. Çelik İş Merkezi No: 162 K: 3 D: 302 Çankaya / İzmir

Tel: 0232 441 6001 Fax: 0232 441 6106 sidasmedya@gmail.com

12. FASIL MÜZAKEREYE AÇILDI

Türkiye'nin AB ile üyelik görüşmeleri kapsamında tek tek müzakereye açılması, görüşülmesi ve sonuçlandırılması gereken 35 Fasil'dan biri olan 12. Fasil'in müzakerelerine başlandı. "Gıda Güvenliği, Veterinerlik ve Bitki Sağlığı Politikaları" başlıklı Fasil, 30 Haziran 2010 tarihinde Avrupa Konseyi'nde düzenlenen Hükümetlerarası Konferans'ta müzakerelere açılmıştır. Böylece, 2005 yılına başlayan tarama sürecinin peşinden müzakereye açılan fasıl sayısı 13'e yükselmiştir.

12. Fasil'in müzakereleri açılış kriterlerinin tamamlanması ile Fasil müzakerelere açılmıştır. Bu kapsamda; 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu TBMM Genel Kurulu'nda kabul edilerek 13 Haziran 2010 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanarak kanunlaşmıştır. Farklı birimlerin görevlerini netleştirmek ve yetki karmaşası ve çakışması nedeni ile aksayan resmi kontrolleri etkin hale getirmek amacıyla yapılması gereken Bakanlık İçi Yapılanma çalışmaları mevzuat düzenleme yolu ile sonuçlandırılmamıştır. TBMM'de komisyonlarda görüşülen Bakanlığın yeniden yapılanmasına Dair Kanun Tasarısı Genel Kurul Gündemine gelememiştir. Ancak, gıda güvenliğine yönelik denetlemelerin yürütücüsü pozisyonundaki Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü bir iç düzenleme ile yeniden yapılandırılmıştır. Trakya Şap'tan Ari Bölge haline getirilmiş, bu durum OIE tarafından tespit edilmiştir. Tüm bu gelişmeler sonucunda da 12. Fasil Müzakerelere açılmıştır.

Fasil'in müzakerelere açılmasından sonra, süreç bu konuda uyum çalışmalarının tamamlanması; tam uyumun sağlandığının teyidi ile Fasil'in kapanması aşamalarını içerecektir. Tam uyumun sağlanması aşamasında yapılması gerekenlere yönelik bulunan durum, sorun alanları, ek kaynak ve/veya süre ihtiyaçları "Pozisyon Belgesi" ile belirlenerek AB tarafına sunulmuştur. AB Komisyonu ise; Hükümetlerarası Konferans'ta Kapanış Kriterlerini ülkemize iletmiştir.

Kapanış kriterleri

Başta koyun ve keçiler olmak üzere hayvanların küpeleme ve kimliklendirme işlemlerinin tamamlanması ve tam olarak uygulanması

Hayvansal yan ürün dâhil hayvansal ürün işletmelerinin AB Hijyen Kriterlerini yakalaması için bir ulusal eylem planı oluşturulması ve takip edilip uygulanması. AB standartlarına uymayan çiğ sütün kullanımına ilişkin bir strateji belirlenmesi

Hayvan hastalıklarının bildirimine yönelik yükümlülüklerin yerine getirilmesi. Şap hastalığına ilişkin detaylı bir eradikasyon programı oluşturulması ve uygulanması

TSE kontrolüne yönelik olarak toplam yem yasağı, spesifik risk materyali toplanması TSE testlerini içeren etkin bir kontrol sisteminin oluşturulması ve uygulanması

Hayvan Refahı koşullarının AB ile uyumunun ve etkin bir biçimde uygulanmasının sağlanması

Özellikle Sınır Kontrol Noktaları olmak üzere AB ile uyumlu resmi kontrol sisteminin uygulanmasının sağlanması, buna yönelik olarak idari kapasite ve alt yapının yeterli hale getirilmesidir.

Ancak, bir de politik kapanış kriteri vardır: Kıbrıs sorununun çözülmesi. Türkiye'nin Ortaklık Antlaşması'nın Ek Protokolü'nü ayrımcılık yapmaksızın uygulaması gerektiği vurgulanmaktadır.

Müzakere sürecinde olacaklarla ilgili olarak; Avrupa Birliği Genel Sekreterliği'nin web sitesinde bir bilgi notu yayınlanmış ve Fasil kapsamında Topluluk müktesebatına uyumun üreticiler, gıda ve hayvancılık işletmeleri, gıdayı depolayanlar ve satışını yapanlar üzerinde bir takım etkileri olacağı; bu çerçevede, ülkemizde görülen hayvan hastalıkları ile mücadele ve bazı ürünlerin kalitesi konusunda önemli bir uyum sürecine gereksinim duyulacağı; bu ihtiyaçların giderilmesi açısından yapılması gereken çalışmaların zamana yayılacağı, yeni kurulacak işletmeler için AB standartlarında çalışma kriteri getirileceği ve mevcutların modernizasyonu ise belli bir süreç içinde gerçekleştirileceği ifade edilmiştir. AB müktesebatının gereklilikleri çerçevesinde bir takım istisnai uygulama ve geçiş süresi taleplerinin de olabileceği vurgulanmıştır.

GIDA



Author Instructions

GIDA (2009) 34 (1): 59-63

www.gidadernegi.org / English / The Journal of FOOD /Author Instructions

Manuscript Submission and Copyright Release Form

GIDA (2009) 34 (1): 67

www.gidadernegi.org / English / The Journal of FOOD /Manuscript Submission and Copyright Release Form

Final Check List

GIDA (2009) 34 (1): 68

www.gidadernegi.org / English / The Journal of FOOD /Final Check List

can be reached from those addresses. Authors must read carefully the author instructions and prepare the manuscript accordingly.

FERMENTE SÜTLERİN ÇEŞİTLİLİĞİ

Fermente sütler pek çok insanın zihninde, sağlık, güç ve gençlikle ilgili fikirlerle birleşir. Bu inançların ötesinde ve mevcut bilgiler ışığında, süt gibi pek çok gıda ürününü (et, sebzeler ...) muhafaza etmenin, besin değerine sahip olduğu bilinen ve halen araştırılan ürünleri üretmenin ucuz ve basit bir yolu olarak fermentasyonun gerekli olduğunu kabul edilmelidir.

Yoğurt gibi fermente süt ürünlerini tüketmenin yararlarından bahsederken tüm ürünün sağlık için faydalı olduğu düşünülür, yani sadece fermentasyondan sorumlu mikroorganizmalar değil aynı zamanda fermentasyon işlemi sırasında salınan metabolitler, iyonlar ve biyolojik olarak aktif moleküller gibi oluşan diğer farklı ürünler. Günümüzde üretilen moleküllerin çoğu veya neredeyse tamamının biyoaktif olduğuna ve birden fazla fonksiyona yardımcı olduğuna dair bilimsel deliller mevcuttur.

Dünyada pek çok çeşidi bulunan fermente sütler üç temel faktörle ilişkilendirilebilir: kullanılan sütün türü, formülü (aşılama metodu ve çeşitli fermentasyon veya hazırlık işlemleri) ve kullanılan mikroorganizmalar.

Farklı süt türleri:

Süt, fermente sütlerin temel bileşenidir ve nihai ürünü kesinlikle kullanılan sütün türü belirler. Pek çok fermente süt ürünü, inek sütünden elde edilse de manda, keçi, koyun, eşek ve develerden elde edilenleri de göz ardı etmemeliyiz.

Farklı ferment kaynakları:

İlk fermente sütlerin mikroorganizmalarla kontaminasyonu çeşitli şekillerde açıklanabilir: sütün içinde, hayvanlarda veya bitkilerde mevcut olan mikroorganizmalar veya insanların "kirli" ellerinden doğan mikroorganizmalar. Sütün aynı kaplarda (deri, ahşap kap, testi) tekrar tekrar ısıtılması nedeniyle, artık asitleştirici mikrofloradan tohumlama meydana gelir.

Genel olarak tohumlama:

- süt sağma sırasında mide-bağırsak yolundan bakteri bulaşması yoluyla veya dana veya koyun midesinden ufak parçalar batırarak (dana veya koyun midesi sütün enzimatik pıhtılaşmasına yol açan (peynir üretimi) proteazı (tripsin, pepsin ...) sağlayabilir);
- bazı bitkilerin yapraklarını katarak, bazı bitkilerden çiy toplayarak veya mısır veya kefir çekirdeklerini kullanarak;
- diğer fermente süt ürünlerini katarak;

- bilhassa Asya'da yapıldığı gibi bira mayası, ekmekek kırıntıları gibi diğer bazı fermente gıdalar katarak;

Çeşitli bakteriler ve hatta maya ve küfler:

Nihai ürünü etkileyen son temel madde: bakterilerdir. Farklı bakterilerle mayalanan aynı süt kesinlikle çok farklı fermente süt ürünleri verecektir.

Ayrıca, mayaların biyolojik çeşitliliği ve zenginliği, bu kaynaklara bağlı olarak çok çeşitli fermente süt ürünlerinin elde edilmesini sağlamaktadır. Bir fermente süt ürünü aynı bakterileri içerebilir ancak kullanılan farklı suşlardan dolayı lezzetleri değişik olabilir.

Termofilik ve mezofilik bakteriler:

Laktik fermentasyon sırasında iki tür laktik bakteri kullanılabilir: termofilik bakteriler ve mezofilik bakteriler. En yaygın mezofilik türler *Lactococcus cremoris*, *Lactococcus lactis*, *Lactococcus diacetylactis*'dir; termofilik türler arasında ise *Lactobacillus bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* bulunur.

Homo- ve heterofermentasyon yolları:

Laktik fermentasyona yol açabilecek iki tür yol vardır:

- Çoğunlukla laktik asit sağlayan homofermentasyon olarak bilinen yol (özellikle laktat üreten *L. bulgaricus delbrueckii* gibi),
- ve laktik asit, karbondioksit ve etanol'ün yanı sıra asetik asit ve formiate (örneğin *Leuconostoc*, *L. plantarum*, *L. casei*, bifidobakterilerle üretilir) gibi diğer maddeleri üreten heterofermentasyon yolu.

Belirli şartlar altında, bazı laktik bakteriler karbondioksit, asetik asit ve diasetil gibi bir dizi bileşeni oluşturacak olan sitrik asidi mayalayabilir. Bahsedilen son bileşen süt ürünlerinin lezzetine büyük katkıda bulunur ve bu bakteriler yaygın olarak aromatik bakteriler olarak bilinir.

Fermentasyon işlemini daha iyi kontrol etmek için, nihai ürüne istenen özellikleri vermek amacıyla istenmeyen mikroorganizmaları yok etmek ve sütün tohumlanan bakteriler için uygun bir kültür ortamı haline getirmek için öncelikle süt ısıtılmalıdır.

Mayalar ve küfler:

Bu laktik fermentasyonların bazen diğer mikroorganizma türleriyle üretilen fermentasyonlarla birleştiği unutulmamalıdır. Bunlar kefir veya koumiss (Doğu ve Kuzey Avrupa) gibi ürünlerde bulunan *Saccharomyces*, *Kluyveromyces*, *Candida* veya *Torulasporea* türlerine ait mayalar olabilir.

Referans: Dünya Üzerindeki Fermente Sütler, DANONE NUTRITOPICS Magazine • N°33 / EYLÜL 2005

Nutritopics" Hakkında: Nutritopics, Daniel Carraso Araştırma Merkezi tarafından hazırlanan süreli yayınlardır. Yayınların amacı; beslenme ve sağlıkla ilişkili güncel konuları, uluslararası bilimsel literatüre dayanarak, ticari ürünlerle ilişkilendirmeden ele almaktır.

FERMENTED MILKS THROUGHOUT THE WORLD

In the imagination of many peoples, fermented milks are linked with ideas of health, of strength and of youth. Beyond these beliefs, and in the light of current knowledge, we are now forced to recognize that fermentation was necessary as a cheap and simple way of preserving many food products (meat, vegetables...) including milk... but also of producing products that it is now known to have nutritional virtues and which are still being investigated.

To speak about the benefits of the consumption of fermented milks, such as yogurt, is to consider that

the whole product is beneficial for health, including not only the microorganisms responsible for fermentation but also the different products formed such as metabolites, ions and biologically active molecules released during the fermentation process. At present, there is scientific evidence that most or almost all the molecules produced are bioactive and favour multiple functions in the host.

The very wide range of fermented milks available throughout the world can be attributed to three main factors: the type of milk used, the recipe (the seeding method and various fermentation or preparation processes - for example concentration or draining -) and the microorganisms used.

Different types of milk:

Milk is the basic ingredient of fermented milks, and the type of milk used obviously determines the final product. Although most fermented milks are obtained from cow's milk, we should not overlook those made from the milk of buffaloes, goats, ewes, donkeys and camels.

Different origins of the ferment:

The contamination by microorganisms of the first fermented milks can certainly be explained in various ways: microorganisms present in the milk itself, on the animals or plants, or by "dirty" human hands. By repeatedly heating the milk in the same containers (skin, wooden container, jug), seeding occurs from the residual acidifying microflora in the pot.

In general, seeding is carried out by:

- infecting with bacteria from the gastro-intestinal tract during milking, or by immersing bits of calf or sheep stomach; the calf or sheep stomach probably also provides protease (trypsin, pepsin...), which leads to enzymatic coagulation of the milk (cheese production).
- adding the leaves of certain plants, by collecting the dew from certain plants or using the seeds of corn or of kefir;
- adding other fermented dairy products;

- adding some other fermented foods, such as brewer's yeast, bread crumbs ... as was done particularly in Asia;

Various bacteria, and even yeasts and moulds:

The last main agent that influences the final product: the bacteria themselves. It is obvious that the same milk fermented by different bacteria will produce very different fermented milks.

Furthermore, the biodiversity of the ferments and its richness results in types and qualities of fermented milks that depend on their origins: a fermented milk may contain the same bacteria, but still taste different from one village to another because of the different strains used during its preparation.

Thermophilic and mesophilic bacteria:

Two types of lactic bacteria can be used during lactic fermentation: thermophilic bacteria and mesophilic bacteria. The most common mesophilic species are *Lactococcus cremoris*, *Lactococcus lactis*, *Lactococcus diacetylactis*; the thermophilic species include *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*.

Homo- and heterofermentation pathways:

There are two types of pathways that can lead to lactic fermentation:

- the pathway known as the homofermentation pathway which mainly yields lactic acid (such as *L. bulgaricus delbrueckii* which essentially produces lactate),
- and the heterofermentation pathway, which generates lactic acid, carbon dioxide and ethanol, and other substances such as acetic acid and formate (produced, for instance, by *Leuconostoc*, *L. plantarum*, *L. casei*, *bifidobacteria*).

Under certain conditions, some lactic bacteria are able to ferment citric acid to form a series of compounds, including carbon dioxide, acetic acid and diacetyl. This latter compound makes a huge contribution to the flavour of dairy products, these bacteria are commonly known as aromatic bacteria.

In order to control the fermentation process better, the milk must first be heated to destroy any unwanted microorganisms and make the milk a suitable culture medium for the bacteria seeded in order to impart the desired characteristics to the final product.

Yeasts and moulds:

It should not be forgotten that these lactic fermentations are sometimes combined with fermentations produced by other types of microorganism. These can be yeasts, belonging to the genera *Saccharomyces*, *Kluyveromyces*, *Candida* or *Torulasporea*, that are found in products such as kefir or koumiss (Eastern and Northern Europe).

Reference: Fermented Milks Throughout The World, DANONE NUTRITOPICS Magazine • N°33 / SEPTEMBER 2005

About "Nutritopics": Nutritopics are periodic journals published by Daniel Carraso Research Center. The objective of these publications is to discuss current topics related to nutrition and health based on the international scientific literature without reference to commercial products.