

MİKROENKAPSÜLASYON TEKNİĞİ ve SÜT TEKNOLOJİSİNDEKİ KULLANIM OLANAKLARI

MICROENCAPCULATION TECHNIQUES AND THE USING POSSIBILITIES IN DAIRY INDUSTRY

Özer KINIK, Gökhan KAVAS, Emine YILMAZ

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Bölümü, İzmir

ÖZET: Bu makalede mikroenkapsülasyon'unun tanımı, kullanılan mikroenkapsülasyon tekniklerinin neler olduğu, bu tekniklerin özellikleri ve bu tekniklerin süt endüstrisindeki kullanım alanlarının açıklanması amaçlanmıştır.

ABSTRACT: In this review; the description of microencapsulation and techniques, characteristics of microencapsulation techniques and also the use of these techniques in dairy industry are discussed.

GİRİŞ

Mikroenkapsülasyon; ince film tabakaları ya da, polimer kapsüller yardımı ile küçük katı partiküllerin sıvı ya da gaz damlacıklarının tutuklanmasına dayanan fiziksel bir tutuklama yöntemi olarak tanımlanmaktadır. Bu yöntemde kullanılan kapsüller, içeriklerini koruma ve istenildiğinde gerekli koşulların sağlandığı ortamlarda çalışabilme özelliğine sahiptirler (ERDOĞDU ve SALDAMLİ, 1994).

Bu teknikte kullanılan ve mikrokapsül olarak isimlendirilen minyatür paketlerin genişlikleri μ büyüklüğünden birkaç milimetreye kadar değişiklik gösterebilmektedir. Bununla birlikte konu ile ilgili araştırmalarda bu mikrokapsüllerin ideal şekillerinin de, küre olarak kabul edildiği bildirilmektedir. Söz konusu teknikte, enkapsülasyonu oluşturan aktif kısmın, çekirdek, iç faz ve dolgu olarak, enkapsülasyon materyalinin ise, kabuk kaplama maddesi ya da duvar materyali olarak isimlendirildiği ifade edilmektedir.

Esas olarak mikroenkapsülasyon tekniği, doğal ingredientlere yararlı spesifik özellikler kazandırabilmekte ve gıda endüstrisinde çok farklı amaçlar için kullanılabilir. Bu amaçlardan bazıları; depolama sırasında tat ve koku maddeleri kayıplarını önlemek, aroma maddeleri arasında meydana gelebilecek arzu edilmeyen etkileşimleri ve yine aroma maddeleri arasında görülebilen oksidatif bozulmaların önüne geçebilmek, aroma maddelerinin ortama kontrollü salınımını sağlamak ve bu salınım hızını kontrol edebilmek, ayrıca bununla birlikte beslenme ile ilgili olan kayıpların önlenmesini sağlamak olarak ifade edilmektedir.

MİKROENKAPSÜLASYON TEKNİKLERİ

Püskürterek Kurutma Yöntemi

Bu yöntem; gıda endüstrisinde yaygın şekilde kullanılan yöntemlerden biridir (DZEZIAK, 1988). Genel olarak bu yöntemde gözlenen proses bir kurutma yöntemi olarak düşünülmeye karşın, aktif materyalin koruyucu polimer bir matriks içerisinde tutuklanması nedeniyle, günümüzde bu teknik mikroenkapsülasyon tekniği olarak kabul edilmektedir. Yöntemde uygulanan proses, işlemin gerçekleştirileceği emülsiyonun ve dispersiyonun hazırlanması, hazırlanan dispersiyon ve emülsiyonun homojenizasyonu ile elde edilen homojen kitlenin kurutma hücreesindeki otomizasyonunu kapsayan üç aşamada gerçekleşmektedir. Proses, işlemin uygulanacağı çözeltinin, otomize edilecek materyalin kaplama ajanı çözeltisi içerisindeki dispersiyonu ve emülsiyonu ile hazırlanmaktadır. Burada kaplama materyali olarak, jelatin, modifiye nişasta, dekstrin, ya da jelleşme özelliği göstermeyen bir hidrokolloid kullanılmaktadır. Yöntemde, elde edilen otomize partiküllerin sert-

leşmesi sırasında suyun kaplama maddesi içerisindeki hızlı evaporasyonu nedeniyle, nüve materyalin sıcaklığının 100°C'nin altında kalması sağlanmaktadır. Söz konusu bu özellik yüksek sıcaklığa duyarlı ürünlerde yöntemin kullanılmasını olanaklı kılmaktadır. Bununla birlikte elde edilen partiküllerin çaplarının küçük olması nedeniyle, ingrediyenlerin çözünürlük özelliklerinin artışı sağlamaktadır. Ancak özellikle kuru karışımlarda meydana gelen ayrılma problemleri, yöntemde bir aglomerasyon aşamasının ilavesi ile giderilebilmektedir. Prosesin uygulanmasında karşılaşılabilecek en önemli dezavantaj ise, nüve maddesinin işlem sırasında yüzeye yapışabilme olasılığıdır. Bu olgu üründe oksidasyon için bir potansiyel neden olmakta ve son üründe aroma dengesinin değişmesi ile kendini göstermektedir (DEZEZİAK, 1998).

Püskürterek kurutma yönteminin, uçucu ve sıcaklığa dayanıklı maddelerin kapsülasyonunda kullanılan geliştirilmiş şekline, "soğuk kurutma prosesi" ismi verilmekte ve bu proseste, kaplama maddesi içerisinde yayılmış halde bulunan nüve emülsiyonu, oda sıcaklığındaki ya da, daha düşük sıcaklıktaki etil alkol ve polialkoller gibi kaynama noktası düşük sıvılar içersine püskürtülerek vakumda kurutulmaktadır (ERDOĞDU ve SALDAMLİ, 1994).

Hava Süspansiyon Kaplama Yöntemi

Akışkan yatak prosesi olarak da isimlendirilen bu yöntem, yukarıya doğru hareketle ısıtılan ya da soğutulan hava akımı içerisindeki nüve materyalinin asılı olarak tutulmasına dayanmaktadır.

Bu yöntemde erişmiş ya da buharlaştırılabilen bir çözücü içerisinde bulunan çözünmüş kaplama maddeleri genellikle, selüloz türevlerini, dekstrinleri, emülgatörleri, lipitleri, proteinleri ve nişasta türevlerini içermektedir. Yöntemde kaplama maddesi hücre içersine bir meme aracılığı ile atomize edildikten sonra, asılı partiküllerin yüzeyinde çok ince bir sınır tabakası oluşmaktadır. Asılı durumdaki partiküller, hava akımı en üst noktaya ulaştığında dışarıya doğru hareket edip aşağıya doğru olan hava kolonu ile akışkan yatak kurutucuya ulaşmakta ve burada kaplama maddesi kuruyarak sertleşmektedir (ERDOĞDU ve SALDAMLİ, 1994).

Ekstrüzyon Yöntemi

Daha çok düşük sıcaklıkta uygulanan enkapsülasyon yönetimi olarak bilinen bu yöntemde, çözünmüş halde bulunan karbonhidrat kütlesi katı formdaki gıda katkı maddelerinin enkapsülasyonunda kullanılmaktadır (JACKSON ve LEE, 1991).

Santrifüj ile Suyun Uzaklaştırılması Yöntemi

Bu yöntem daha çok vitamin üreticileri, özellikle de Vitamin A asetat üreticileri tarafından kullanılmaktadır. Yöntemin uygulandığı enkapsülasyon başlığı, ortak bir merkeze sahip beslenme tüpünden ibaret olup, kaplama ve çekirdek maddesi bu tüp içersinden aletin dış yüzeyinde bulunan memelere ayrı ayrı pompalanmakta ve proseste yer alan nüve materyali dıştaki tüpün içersinden akmaktadır. Nüve materyali proses sırasında merkezde yer alan tüpün içersinden arkarken kaplama materyali dışta yer alan tüpün içersinden akmaktadır. Bu aşamada sıvı, çubuk şeklindeki kaplama maddesi içerisinde bulunmakta ve santrifüj kuvveti etkisiyle bu kaplama maddesi dışarıya doğru itilerek, kaplama maddesinin çok ince parçacıklara ayrılması sağlanmaktadır. Söz konusu bu olay sırasında meydana gelen yüzey tansiyonu nüveyi çevreleyerek enkapsülasyon işleminin tamamlanmasını sağlamaktadır (ERDOĞDU ve SALDAMLİ, 1994).

Döner Süspansiyon Separasyon Yöntemi

Günümüzde yeni sayılabilecek bir enkapsülasyon yöntemi olan bu teknikte prensip olarak; nüve partikülleri saf ve sıvılaştırılmış kaplama maddesi içersine süspansiyon meydana getirecek şekilde karıştırılmakta ve oluşan süspansiyon dönen disk üzerine bir film tabakası olacak şekilde akıtılmaktadır (yöntemde elde edilen film tabakası kalınlığı, nüve partikülleri arasındaki sıvı kalınlığının, nüve partiküllerinin çapından daha ince olması ile elde edilir). Oluşan film tabakasından sonra, nüve partikülleri etrafında yer alan ve kaplama maddesini oluşturan kalıntı sıvı, merkezkaç kuvvetinin etkisi ile ayrılmakta ve kurutma işlemi ile sertleşmesi sağlanmaktadır (JACKSON ve LEE, 1991, ERDOĞDU ve SALDAMLİ, 1994).

Kümeleme Yöntemi

Bu yöntem, polimer özellik gösteren bir çözeltilen, kaplama materyaline ait sıvı fazın ayrılması ve bu fazın asılı nüve partikülleri etrafında üniform bir tabaka halinde tutulmasını içermektedir. Yöntemde nüve ve kaplama materyalinin yüzey enerjileri, sıcaklık, pH ve bileşimleri gibi bazı sistem özellikleri değiştirilerek, kümeleşmeleri sağlanmaktadır. İşlem tamamlandıktan sonra mikrokapsüller filtrasyon ve santrifügasyon gibi ayırma tekniklerinden biri kullanılarak ortamdan ayrılmakta ve daha sonra da, tek tek partiküller standart bir teknik kullanılarak kurutulmaktadır (KONDO, 1989).

Kompleks Oluşturma Yöntemi

Moleküler düzeyde gerçekleştirilen bu yöntemde, enkapsülasyon oranı olarak β siklodekstrin kullanılmaktadır. Siklodekstrin yapılarının en önemli özelliği, yapının orta kısımlarında bulunan belli boyutlardaki boşluklardır. Sikloheksanın halka yapısında dış tarafa doğru yer alan hidroksil gruplarına karşın, merkezde yer alan proton yoğunluğu molekülün bu bölümüne hidrokarbon özelliği kazandırmaktadır. Bu özellikteki siklodekstrinlerin hidrofobik moleküller ile stabil kompleksler oluşumu sağlanmaktadır. Komplekslerin oluşumunda suya ihtiyaç duyulmakta olup, oldukça kararlı bir yapı gösteren kompleks çözeltilen siklodekstrinlerin uzaklaştırılması, çöktürme ile gerçekleşmekte, filtrasyon yöntemi ile ortamdan alınarak alışımlı yöntemler ile kurutulmaktadır. Meydana gelen komplekste nüve materyali miktarı, %6-15 arasında değişmektedir (BAKAB, 1978).

Kristalleri Bir araya Getirme Yöntemi

Enkapsülasyon yöntemleri arasında en önemli ve en çok kullanılan olarak bilinen bu yöntem, diğer yöntemlere göre daha basit ve daha ucuzdur. Bu yöntemde, yapıda doğal olarak bulunan sakaroz kristalleri değerlendirilmektedir. Sakaroz aittipik kristaller katı formda yer almakta ve çok doymuş solüsyonlardan sakkaroz kristalize edilebilmektedir. Bu şekildeki bir proseste, sakaroz kristallerinin toplam boyutu, 3 μ m'den 30 μ m'ye ulaşmakta ve bu şekilde materyal yakalanabilmektedir. Konsantre sakaroz şurubu, doyma noktalarında eklenen bu materyali enkapsüle eder. Söz konusu bu olguda, nemli bir ortam tercih edilmekte ve bu ortam daha sonra kurutulmaktadır (DEASY, 1984).

Lipozom Dağıtma Yöntemi

Günümüzde lipozomların kullanımı ile ilgili çok sayıda makale yazılmış olmakla birlikte, gıdalar üzerindeki kullanımları ile ilgili çok az sayıda araştırma bulunmaktadır. Bu anlamda lipozomlar ile ilgili en yaygın tespit, ince tabakalı fosfolipidlerin sulu bir ortam içerisinde dağıldıklarına dayanmakta ve lipozomların kabarcık biçimine dönüştükleri bildirilmektedir. İyon ve buna benzer maddelerden elde edilmiş membranların, lipozomlar için seçici geçirgenlik gösterdikleri tespit edilmiştir. Lipozomlar enkapsülasyon enzim sistemleri içerisinde başarıyla kullanılmaktadırlar. Lipozomların protein, ya da yağ tabakaları üzerinde bazı avantajları bulunmakta ve lipozomlar, değişken lipit yapısı aracılığı ile protein ve yağların geçirgenliğini değiştirebilmektedirler. Günümüzde, lipozomlar araştırmalarda geniş anlamda kullanılmalarına karşın, enkapsülasyon tekniklerinde lipozomların kullanımı önemli bir ölçüde sınırlandırılmıştır. Bu sınırlandırmalara ek olarak eritken özellikteki organik lipozomların kullanıma sunulmasının gıda endüstrisi için uygun olmadığı ortaya konmuştur. Ancak yapılan araştırmalarda, mikrofluidizasyon (az akışkanlı) tekniğinin söz konusu ve problemlere çare olabileceği belirtilmektedir. Disperse olmuş fosfolipid ve enkapsüle olmuş materyaller, mikrofluidizerin deposunun içerisinde bekletilebilmektedir. Bu etkileşim deposundan bir filtreye doğru akmakta ve bu filtrede iki akışkanlı akıntı içersine dağılmaktadır. Bu esnada kullanılan basınç ve birbirini etkileyen akıntı zamanının sayısal değeri ile meydana gelen kabarcıkların sayısal değeri kontrol edilebilmektedir (EL-SODA ve ark. 1988, JACKSON ve LEE 1991, LAW ve KING 1985).

MİKROENKAPSÜLASYON TEKNİĞİNİN SÜT ENDÜSTRİSİNDEKİ YERİ VE KULLANIMI

Mikroenkapsülasyon tekniği ile ilgili olarak özellikle 1980'li yılların sonlarında yapılan araştırmalarda büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu çalışmaların neticesinde, özellikle peynir teknolojisi ile diğer süt

ürünlerinde kalite kriterlerini ortaya koyan tat ve aroma maddelerinin gelişimleri ve bu kriterlerin belli düzeyde korunabilmeleri için söz konusu tekniğin önemli bir konuma sahip olduğu tespit edilmiştir (KIM ve ark. 1987, ALKHALAF ve ark. 1989).

Peynir Teknolojisinde Mikroenkapsülasyon

Peynir farklı hayvan türlerinin sütlerinden belli proseslere göre üretilen ve esas olarak sütteki suyun (%80-90), laktozun, peynir suyu proteinlerinin ve eriyebilir süt tuzlarının ayrıldığı, sütteki kazein, yağ ve koloidal tuzların ise, 6 ile 12 kat kadar konsantre olduğu bir dehidrasyon ürünüdür. Günümüzde peynir üretiminde, ısı işlem görmüş sütün, peynir çeşidi gözetmeksizin pastörize edilerek kullanılmasının yararlı, hatta zorunlu olduğu tespit edilmiştir. Ancak konu ile ilgili olarak yapılan birçok araştırmada, pastörize süt ile yapılan peynirlerde, tipik tat ve aroma noksanlıklarını gidermek için peynire işlenecek pastörize sütlerde, peynirin olgunlaşma süresi ile tat ve aroma oluşumu kısmen de olsa kontrol edilebilmektedir (EL-SODA ve ark. 1989, MAGEE ve ark. 1981, KIRBY ve LAW, 1987).

Olgunlaşma süresini kısaltmak amacıyla uygulanan işlemlerdeki temel prensip; tat ve aroma oluşturan mikroorganizmaların ya da enzimlerin faaliyetlerini, yani kısaca bunlara ait biyokimyasal değişimlerin hızlandırılmasına dayanmaktadır. Depolama yatırımlarının sınırlı olduğu ülkelerde ve özellikle de ülkemizde peynirlerin hızlı olgunlaştırılması, peynir üretim kapasitesinin artırılması için önemli bir araçtır. Mikroenkapsülasyon tekniğinin peynirin hızlı olgunlaştırılmasında ve peynir çeşitlerine göre kullanılan starter kültürlerin etkisiyle oluşan tat ve aroma gelişiminin sağlanmasında ortaya koyduğu etkileri, konu ile ilgili olarak yapılan çok farklı araştırmalarda özetleyebilmek mümkündür.

Son yıllarda, peynirlerde istenen düzeylerde tat ve aromanın gelişimi için, istenen özelliklere sahip substratı enkapsüle edilebilecek bir sistem geliştirilmiş ve uygulamada yerini almıştır. Bu sistemde elde edilen mikrokapsüller, süte pıhtılaşmasından önce ilave edilerek tat ve aromayı oluşturuca ürünlerin peynirin olgunlaşması sırasında kapsüller içerisinde oluşması sağlanmaktadır. Bu şekilde enzim ya da starter kültürün direk olarak peynir ile teması kesilmekte ve bu faktörlerden meydana gelebilecek olumsuz gelişmeler önlenmektedir (KIM ve OLSON, 1989, KIM ve ark. 1987).

Süt yağından meydana gelmiş mikrokapsüller içerisindeki *S. lactic supsp. maltigenes* ile *Glukonobakter oksidanes* kombinasyonu ile yapılan bir araştırmada, söz konusu starter kültür kombinasyonu enkapsüle edilmiş ve bunlar peynir üretimi sırasında kullanılmıştır. Araştırmada enkapsüle edilmiş bu iki bakterinin kombinasyonu sonucu, peynirde gözlenen tat ve aromanın; 3-metil bütanol ve asetik asitten meydana geldiği tespit edilmiştir (BRAUN ve OLSON 1986 a,b, GRIPON ve ark. 1975, KIRBY ve ark. 1987).

Buna benzer bir çalışmada, lipozomlar içerisinde enziminin tutuklanması ile ilgili olarak mikroenkapsülasyon tekniğini kullanılmış ve bu teknik yardımıyla Saint-Paulin peynirinin olgunlaşması gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar, söz konusu peynirde bu şekilde yapılan bir işlem ile, olgunlaşmanın hızlı olarak gerçekleştiğini ifade etmişlerdir. Söz konusu araştırmada iyonik ve nötral lipozomlardan daha fazla enzim tutabilme yeteneğinde olduğu ifade edilmiştir (ALKHALAF ve ark.1989).

Konu ile ilgili olarak yapılan başka bir araştırmada, fosfatidilkolin ve kolesterolden meydana gelen multilamilar kabarcığın (MLU) içerisinde tutulan proteinaz enziminin, üretim boyunca lor peyniri içerisindeki β -kazeinin hidrolizini hızlandırdığı, tespit edilmiştir (ROSENBERG ve YOUNG, 1993).

Peynir teknolojisinde gözlenen bütün bu gelişmeler lipozom tuzaklarının mikroenkapsülasyon tekniğinde başarı ile uygulandığının ve bir çok avantajı da beraberinde getirdiğinin bir göstergesidir. Bu avantajlar sırasıyla şu şekilde özetlenebilir:

- Lipozomların bakteri büyüklüğünde hazırlanabilmesi ve aynı şekilde telemeye kolaylıkla yayılabilmesi,
- Söz konusu bu fosfolipid taşıyıcıların, peynir telemesi teşkil edilip preslendikten sonra da süt içerisindeki potansiyel substratı koruduğu ve bu sebeple acılık ile verim kaybının azaltılabildiği,
- Lipozom teknolojisi aynı zamanda büyüklük, net yük miktarı, pH ve sıcaklığa karşı çok geniş alanda hassasiyet gösteren ürünlerin hazırlanabilme imkanlarını vaatmektedir (EL-SODA ve ark., 1989).

Peynirlerde tat ve aromasının gelişmesinde mikroenkapsülasyon tekniği ile aktif materyalin tat ve aromasını daha uygun hale dönüştürmek mümkün olabilmektedir. Günümüzde söz konusu bu teknolojinin, tıp ve eczacılık alanında en üst ve ileri noktaya ulaştığı görülmektedir. Gıda alanında çalışan teknolojistler mikroenkapsülasyon terimini, sprey kurutmanın işlem görmemiş prosesleri ile uzunca bir zaman eş anlamlı olarak kabul etmişlerdir. Ancak zaman içerisinde biyoteknolojinin artan uygulamalarına paralel olarak tıp alanında geliştirilen orijinal adapte tekniklerin faydalı oldukları tespit edilmiş ve gıdalar ile ilgili araştırmalarda mikroenkapsülasyonun, gıda proseslerindeki farklı uygulama çeşitleri araştırılmıştır. Bu çalışmaların sonucu olarak mikroenkapsülasyon tekniğinin en yaygın uygulamasının, peynirlerin kontrollü koşullarda olgunlaştırılması gerçeği ortaya konmuştur (EL-SODA ve ark., 1989, KIRBY ve LAW, 1987).

Sert peynirlerde mikrokapsülasyon uygulamaları ile, proteinler ile yağların yavaş ve dengeli bir şekilde indirgenmesi sonucu; bu tip peynirlerde tat ve yapının geliştiği tespit edilmiştir. Sert peynirlerde gözlenen bu olgunlaşma prosesinde, olgunlaşmakta olan peynirin özenle seçilmiş bir sıcaklıkta yaklaşık olarak bir yıl süreyle muhafaza edilmesi gerekmektedir. Yumuşak ve orta sertlikteki peynirlerde ise bu süre; ortalama 4 ile 6 ay arasında olmaktadır. Söz konusu mikroenkapsülasyon tekniklerinin peynir üretimine getirdiği ekonomik giderlerin, bu peynirlerin depolanmasında karşılaşılan ekonomik giderlerden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Günümüzde, depolamanın ekonomik giderlerinin azaltılabilmesi için, peynirlerin olgunlaşma prosesleri ile ilgili olarak çok önemli çalışmalar yapılmış ve yapılmaktadır (KIRBY ve ark., 1987, BALASSA ve FANGER, 1971).

Peynirlerde olgunlaşma döneminde çok önemli değişimlerin meydana geldiği ve bu değişimlerin esas olarak mikrobiyal enzimlerden (endopeptidaz ve exopeptidaz) kaynaklandığı belirlenmiştir. İşte bu amaçla laboratuvarlarda yapılan araştırmalarda, bu iki tip enzim kombine edilerek mikroenkapsülasyon tekniği ile söz konusu olgunlaşma dönemi süresinin azaltılmasına çalışılmıştır. Araştırma sonucunda bu anlamda başarı kazanılarak olgunlaşma süresi azaltılmış ve depolamadan kaynaklanan giderler azaltılabilmektedir (DESMAZEAUD ve HERMIER, 1968).

Günümüzde hemen hemen yarı sürede oldukça iyi ve olgun peynirlerin üretiminde yukarıda adı geçen iki enzim kombinasyonunun sıkça kullanıldığı ifade edilmekte ve söz konusu bu uygulamaların, İngiltere'nin orta ve güney bölgelerinde, müşteri testleri ve profesyonel peynir sınıflandırıcıları tarafından yapılan testler ile, kabul edilebilir sınırlar arasında olduğu bildirilmektedir (JACKSON ve LEE, 1991).

Mikroenkapsülasyon tekniği yardımı ile gerçekleşen ve enkapsüle enzimlerin kullanımı ile olumlu sonuçlar veren bu uygulamalar daha da geliştirilerek günümüzde hemen hemen tüm peynir çeşitlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Gerçekleşen bu uygulamalar neticesinde, peynirlerde tespit edilen tekstürel problemlerin tamamının yok edildiği belirlenmiştir.

Peynir üretiminde yaygın bir biçimde kullanılan mikroenkapsülasyon tekniğinde yararlanılan mikrokapsüller kadar önemli avantajlar sunan bir diğer materyal de, lipozomlardır. Söz konusu bu materyaller enzimlerin taşınmasında son derece yeteneklidirler. Söz konusu bu materyaller enzimlerin taşınmasında on derece yeteneklidirler. Peynir üretiminde el ile yapılan işlemede lipozomlar özellikle hızlı olgunlaştırmada randıman artışı ile kendini göstermektedirler. Mikroenkapsülasyon tekniğinin peynir teknolojisindeki önemli yararlarından bir diğeri de, kapsül içeriğinin dış etkenlerden korunmasıdır (ALKALAF ve ark. 1988, ALKHALAF ve ark., 1989, FINKELSTEIN ve WEISSMAN, 1979, LAW ve KING, 1985).

Dondurma ve Dondurulmuş Ürünlerde Mikroenkapsülasyon

Süt teknolojisinde önemli yeri bulunan laktik asit bakterilerinin çok sayıda süt ürünün proses aşamasında yer aldığı bildirilmektedir. Bununla birlikte ince bağırsak sisteminde yaşayan laktik asit bakterilerinin metabolizmanın işlevi sırasında da sağlık açısından çok önemli bazı yararlar sağladığı belirtilmektedir. İşte bu denli önemli olan bu kültür bakterilerinin sayılarının, dondurma ve dondurulmuş süt ürünlerinin üretimi sırasında önemli düzeyde azalma gösterdiği tespit edilmiştir (SHEU ve MARSHALL 1993).

Dondurma ve dondurulmuş ürünlerde üretim sırasında laktik asit bakterileri üzerinde gözlenen bu olumsuz etkileri ortadan kaldırmak amacıyla, söz konusu bakterileri stabil hale getirebilmek için çok sayıda

yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden en önemlisi, basit ve ucuz bir yöntem olan kalsiyum alginat jel içerisinde laktobasillerin tutuklanarak enkapsüle edilmesi tekniğidir. Söz konusu yöntemde, kaplama materyali olarak alginatlar kullanılmakta ve bu alginatların; toksik etki göstermeyip, gıdalarda hareketsiz konumdan hareketli konuma geçebilen materyaller olduğu ifade edilmektedir. Alginat jel, serbest Ca⁺⁺ iyonları tarafından çözülebilmekte ve bu şekilde mikrobiyal hücreler serbest kalabilmektedirler. Bu söz konusu enkapsülasyon tekniği, bakterilerin dondurma ve dondurularak depolama işlemi sırasında serbest bakteri hücrelerinden daha fazla yaşamaları ve aktivite göstermelerini sağlamak amacıyla oldukça önem taşımaktadır (SEU ve MARSHALL, 1993, SEU ve ROSENBERG, 1995).

Süt Yağının Mikroenkapsülasyonu

Süt yağının özellikle süt ve ürünlerinin organoleptik özellikleri üzerinde önemli ölçüde etkilerinin olduğu tespit edilmiştir. Alçak moleküllü yağ asitlerinin trigliseridleri ile birlikte süt bileşiminde bulunan laktozun, sütün aromasına katkıda bulunduğu bilinmektedir. Bununla birlikte, süt ve ürünlerinin organoleptik özelliklerinde çok önemli bir payı bulunan süt yağının insan beslemesinde de önemli görevleri olduğu belirtilmektedir. İşte bu nedenlerden ötürü, süt bileşenleri arasında çok hassas bir madde özelliği gösteren süt yağının, mikroenkapsülasyon tekniği ile dayanıklılığının artırılması ve dolayısıyla raf ömrünün uzatılması çalışmaları gerçekleştirilmiş ve bu çalışmalarda olumlu sonuçlar elde edilmiştir (ROBENBERG ve YONG 1993).

SONUÇ

Uzun yıllardan beri birçok alanda geniş bir uygulama alanı bulmuş olan ancak, gıda endüstrisinde fazla bir kullanım alanı bulamayan enkapsülasyon teknikleri, son yıllarda gıda endüstrisinde de geniş alanlarda kullanılmaya başlanmış ve bu kullanımda son yıllarda geliştirilen gıda formülasyonlarının payının büyük olduğu bildirilmiştir.

Günümüzde süt endüstrisinde özellikle de peynir teknolojisinde gerçekleştirilen uygulamalarda büyük başarılar elde edilmiştir. Bu başarılar arasında, peynirlerin hızlı olgunlaştırılması sonucunda daha ekonomik ve verimli ürün eldesi söz konusu olmuştur. Buna bağlı olarak süt endüstrisinde dondurma ve dondurulmuş ürünlerinin üretiminde de, daha geniş spektrumlu ta ve aroma eldesi sağlanmıştır. Mikroenkapsülasyon tekniğinin uygulanmasının ekonomik fizibilitesinin de, sınırlı olduğu ve büyük yatırımlar gerektirmediği bildirilmektedir.

Elde edilen tüm bu başarılar neticesinde, tüketiciye daha besleyici, güvenilir, raf ömrü uzun olan ürünler sunabilmek mümkün olmuştur. Mikroenkapsülasyon tekniğinin gıda endüstrisinde gelecek için büyük bir potansiyel oluşturulduğu düşünülmekte ve ülkemizde de bu gelişmelerin elde edilmesi ve daha geniş kapsamlı araştırmaların yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- ALKALAF, W., PIARD, JC., EL-SODA, M., GRIPON, J.C., DESMAZEAUD, M., VASSAL, L. 1988. Liposomes as Proteinase Carriers for the Accelerated Ripening of Saint-Poulin Type Cheese. *J. Food Science*, 53(6) 1674-1679
- ALKALAF, W., EL-SODA, M., GRIPON, J-C., VASSAL, L. 1989. Acceleration of Cheese Ripening With Liposomes-Ebtrapped Proteinase. Influence of liposomes Net Charge. *J. Dairy Science*, 72: 2233-2238.
- BALASSA, LL., FANGER, GO. 1971. Microencapsulation in the food Industry. *CCR Critical Reviews in Food Technology*, 2, 245-265.
- BAKAB, JA. 1978. Microencapsulation. In: PETERSON, MS. and JOHNSON, AH. (eds), *Encyclopedia of Food Science*. Westport, CT: Avi Publishing Co., pp: 499-507.
- BRAUN, SD., OLSON, NF. 1986a. Regulating flavor compound synthesis and cofactor recycling in heterogenous enzymatic reactions by mixtures of bacterial cell-free extracts. *Journal of Dairy Science*, 69: 1209-1218.
- BRAUN, SD., OLSON, NF. 1986b. Microencapsulation of cell-free extract to demonstrate the feasibility of heterogenous enzyme systems and cofactor recycling for development of flavor in cheese. *Journal of Dairy Science*, 69: 1202-1208.
- DEASY, PB. 1984. *Microencapsulation and Related Drug Processes and Applications*. New York, NY: Marcel Dekker, Inc. pp: 1-60.

- DESMAZEAUD, M., HERMAIR, J. 1968. Isolement, purification et propriétés d'une protéase exocellulaire de *Micrococcus caseolyticus*. *Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys.* 8: 565.
- DZEZIAK, J.D. 1998. Microencapsulation and Encapsule Ingredients. *Food Technology*, 42, 136.
- EL SODA, M., PANNELL, L., OLSON, N. 1988. Microencapsulated enzyme systems for the acceleration of cheese ripening. *J. Microencapsulation*, 6, 3, 319-326.
- EL-SODA, M., PANNEL, L., OLSON, N. 1989. Microencapsulated Enzyme Systems for The Acceleration of Cheese Ripening. *J. Microencapsulation*, 6 (3): 319-326.
- ERDOĞDU, F., SALDAMLİ, İ. 1994. Gıda Endüstrisinde Mikroenkapsülasyon ve Mikroenkapsülasyon Teknikleri II. Gıda Mühendisliği Kongre Sergisi, 21-23 Eylül, Gaziantep 143-158.
- FINKELSTEIN, MC., WEISSMAN, N. 1979. Enzyme replacement via liposomes: variations in lipid composition determine liposomal integrity in biological fluids. *Biochim. Biophys. Acta*, 587:202.
- GRIPON, JC., DESMAZEAUD, MJ., LE BARS, D., BERGÈRE, JL. 1975. Etude du rôle des microorganismes et des enzymes au cours de la maturation des fromages II. Influence de la présure commerciale. *Lait*, 55:502.
- JAKSON, L-S., LEE, K. 1991. Microencapsulation and The Food Industry. *Lebensm.-Wiss.u.-Technol* 24: 289-297
- KIM, Y.A., CHISM, G.W., III, MONGINO, M.E., 1987. Determination of the Beta-Lactoglobulin, Alfa-Lactalbumin and Bovine Serum Albumin of Whey Protein Concentrates and Their Relation Ship to Protein Functionality. *J. Food Science*, 52 (1): 124-127.
- KIM, SC., OLSON, NF. 1989. Production of Methanethiol in Milk Fat-Coated Microcapsules Containing *Brevibacterium Linnens* and Methionine. *J. Dairy Research*, 56:799-811.
- KIRBY, CJ., BROOKER, BE., LAW, BA. 1987. Accelerated ripening of cheese using liposome-encapsulated enzyme. *International Journal of Food Science and Technology*, 22: 355-375.
- KIRBY, C.J., LAW, BA. 1987. Recent Developments in Cheese Flavour Technology: Application of Enzyme Microencapsulation. *Dairy Industries International*, 52(2) 19.
- KONDO, A. 1989. Microcapsule Processing and Technology. New York, NY: Marcel Dekker, Inc, pp: 142-153.
- LAW, BA., KING, JS. 1985 Use of Liposomes for Proteinase Addition to Cheddar Cheese. *J. Dairy Research*, 52: 183-188.
- LAUREN, S., LEE, K. 1991. Microencapsulation and the Food Industry. Academic Press Limited. USA.
- MAGEE, EL., Jr. OLSEN, NF., LINDSAY, RC. 1981. Microencapsulation of cheese ripening systems: Production of diacetyl and acetoin in cheese by encapsulated bacterial cell-free extract. *Journal of Dairy Science*, 64, 616-621.
- ROSENBERG, M., YOUNG, SL. 1993. Whey Proteins as Microencapsulation of Anhydrous Milkfat-structure Evolution. *Food Structure*, 12: 31-41.
- SHEU, TY., MARSHALL, RT. 1993. Microentrapment of Lactobacilli in Calcium alginate Gels. *J. Food Science*, 54 (3): 557.
- SHEU, TY., ROSENBERG, M. 1995. Microencapsulation by Spray Draying Ethyl Carpylate in Whey Protein and carbohydrate Wall Systems. *J. Food Science*, 60 (1).