

Dondurma Üretiminde Kristalizasyon ve Rekrizalizasyon Mekanizması

Caner Acı¹, Tülay Özcan^{2*}

¹T. C. Tarım ve Köyşleri Bakanlığı Taraklı Tarım İlçe Müdürlüğü, Sakarya

²Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü 16059, Bursa

*tulayozcan@uludag.edu.tr

Özet

Dondurmada son ürün kalitesini belirleyen en önemli faktörlerden biri ürün içindeki suyun kristalize olmasıdır. Yapıda bulunan çok sayıda küçük buz kristalleri tekstürel ve duysal açıdan kaliteyi iyileştirirken, büyük buz kristalleri kalite kaybına neden olmaktadır. Karışımın dondurulması sırasında oluşan buz kristallerinin yapıları sertleştirme ve depolama aşamalarında büyümektedir. Dondurmada rekrizalizasyon olayı ise, başlangıçta oluşan buz kristallerinin daha sonraki aşamalarda sayı, boyut ve şekillerinde meydana gelen değişimler olarak ifade edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dondurma, Kristalizasyon, Rekrizalizasyon

Giriş

Ülkemizde gıda teknolojisinin en hızlı gelişen ve önem kazanan dallarından birisi dondurma üretimidir. Dondurma, yağ, sütün yağsız kurumaddesi, şeker, stabilizatör, emülgatör ve bazen de lezzet ve renk veren maddelerden oluşan karmaşık bir sisteme sahip süt ürünüdür (1, 2, 3).

Dondurmanın yapısının kremamsı, düzgün, pürüzsüz oluşu ve küçük buz kristallerinin şekillenmesi kalitesi açısından etkili özelliklerdir. Küçük buz kristalleri son üründe duysal ve tekstürel açıdan iyi bir kalite sağlarken, büyük buz kristalleri dondurmada kumsu, yavan, buzlu tekstüre neden olmaktadır (4, 5, 6, 7).

Buz kristalleri dondurma üretiminde karışımın soğutulması sırasında oluşmakta ve sertleştirme, depolama aşamalarında yapıları değişip büyüyerek irileşmektedir. Depolama esnasında buz kristallerinin sayısında, boyutlarında ve şekillerinde meydana gelen değişimler ise rekrizalizasyon olarak tanımlanmaktadır. Rekrizalizasyon depolama sıcaklığı, dondurmanın toplam kuru maddesi, dondurulan sıcaklık derecesi, yapı içerisinde donmadan kalan su miktarı, kullanılan stabilizatör ve tatlandırıcı çeşitleri ile miktarları gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (6, 8, 9, 10).

Dondurmada Kristalizasyon Mekanizması ve Etkili Faktörler

Kristalizasyonda suyun buz haline gelmesi önce çekirdeklenme ve daha sonra bu çekirdeğin irileşmesi olarak iki aşamada meydana gelmektedir. Suyun sıcaklığı düşük derecelere ulaştığında belli bir soğuklukta kristal çekirdeği denilen küçük kümecikler oluşmaya başlamaktadır. Ortamda bazı kümeciklerin oluştuğu bazılarının kaybolduğu bir kararsızlık ortamında soğuma devam etmekte ve çekirdekler oluştuktan sonra ortam koşullarına bağlı olarak belli bir iriliğe kadar büyüyerek buz kristalleri oluşmaktadır. Ortamın sıcaklık derecesi ne kadar düşükse kristallerin büyüme hızı da o kadar düşük olmaktadır (11).

Küçük buz kristallerinin oluşması için düşük sıcaklık derecelerinde hızlı soğutma gerçekleştirilmelidir. Kullanılan tatlandırıcılar da donma noktasını ve tüm donma parametrelerini değiştirebilmektedir. Karışımın donma noktasına ulaşıldığında, sistemdeki su buza dönüşmektedir. Diğer taraftan karışımın dondurucu içerisinde fazla kalması ise kristallerin büyümesine yani rekristalizasyona neden olmaktadır (7, 10, 12, 13).

Dondurma üretiminde buz kristallerinin oluşumu iki aşamada meydana gelmektedir. Bunlar; karışımın dondurulması ve sertleştirme işlemleridir. Soğutulup olgunlaştırılan karışım dondurucularda geçirilerek dondurma haline getirilmektedir. Bu amaçla en fazla kullanılan kesikli (Batch-Freezer) dondurucular ile sürekli (Continous-Freezer) donduruculardır. Burada üründe aşırı soğuma gerçekleşmekte, birçok küçük buz çekirdeğinin oluşumu meydana gelmektedir (7, 10, 14). Buz kristalleri oluşup büyüdüğünde, donma gizli ısı soğutucuya ve karışım yığına dağılmaktadır. Buz kristallerini dondurucunun duvarlarında kazıyan bıçaklar sürtünmeyle birlikte mekaniksel enerji açığa çıkartmaktadır. Açığa çıkan bu mekaniksel enerji de kristalizasyon mekanizmasını etkilemektedir. Kazıyıcı bıçaklardan sonra duvarlarda kalan kristal parçacıkları yeni buz kristallerinin oluşumuna öncülük etmektedir (14, 15, 16). Oluşan bu buz parçacıkları ikincil çekirdeklenmeye neden olmakta ve bu mekanizmanın devamını sağlayarak yeni kristallerin oluşumunu devam ettirmektedir (17). Dondurma, yapısal niteliklerinin uzun süre korunabilmesi, yeniden kristalleşme ve buna bağlı olarak da büyük kristallerin oluşmasının engellenmesi için dondurucudan alındıktan sonra sertleştirilmelidir (7, 18).

Dondurma yapımında önemli olan harç maddelerinden biri de stabilizatörlerdir. Bu maddeler ortamdaki serbest suyun tutulmasını sağlamakta, dondurma üretiminde karışımın dondurulma ve sertleştirme işlemlerinde küçük buz kristallerinin oluşumuna yardımcı olarak dondurmada pürüzsüz bir yapı geliştirmekte ve ürüne üniform bir yapı kazandırmaktadırlar (19, 20, 21). Stabilizatörler dondurmada oluşan buz kristallerinin sayı ve boyutlarından çok rekristalizasyon sırasında

kristallerinin büyümesini sınırlandırarak etkide bulunmaktadır (6, 8, 9, 22, 23, 24, 25, 26).

Rekristalizasyon

Rekristalizasyon, başlangıçta oluşan küçük buz kristallerinin daha sonra büyümesi olup gezgin ve yapışma şeklinde iki farklı mekanizmada meydana gelmektedir. Yapışma rekristalizasyonu birbirine çok yakın kristallerinin birleşerek büyümesidir. Bu mekanizmada buz kristalleri hareket etmedikleri için birbirlerine çok yakın konumda olmaları gerekmektedir. Gezgin rekristalizasyon ise bazı kristallerin kaybolurken diğerlerinin irileşmesidir. Gezgin tipi rekristalizasyon daha çok depolama sırasındaki sıcaklık değişimlerinde meydana gelmektedir (11). Yüksek sıcaklık derecelerindeki depolamalarda donmamış su miktarı daha çok olduğundan rekristalizasyon hızı da fazladır. (10, 22). Kristallerin boyutları dondurma ve sertleştirme işlemlerinden sonra artmaktadır. Sertleştirme aşamasından sonra karışımın merkez sıcaklığı yüzey sıcaklığına göre daha yavaş düştüğü için yüzeydeki buz kristalleri daha küçüktür. Sıcaklık değişimlerinde ise yüzeyde merkeze göre daha büyük buz kristalleri meydana gelmektedir. Depolama sıcaklığı sabit olduğu durumlarda yüzeydeki ve merkezdeki buz kristallerinin boyutları değişmemektedir (5, 6).

Rekristalizasyonun engellenmesinde kullanılan en etkili katkı maddeleri stabilizatörlerdir. Stabilizatörlerin bu etkisi donma ve erime sırasındaki ağ yapısının şekillenmesini kolaylaştırma ya da küçük buz kristalleri oluşturma kapasiteleriyle ilgilidir (27). Bu amaçla yaygın olarak jelatin, locust bean sakızı (LBG), karboksil metil sellüloz (CMC), alginat, carrageenan, guar sakızı (GG) ve ksantan tek başına ya da kombinasyonlar halinde kullanılmaktadır (4, 22, 28, 29).

Sonuç

Buz kristalizasyonu dondurmanın son ürün kalitesini belirleyen en önemli faktörlerden birisidir. Dondurmada çok sayıda ve küçük buz kristallerinin oluşması istenmektedir. Bu kristaller dondurma aşamasında oluşmakta, sertleştirme ve depolamada da boyutları büyümektedir. Hızlı soğutma karışım içinde küçük buz kristallerinin oluşumuna katkı sağlamaktadır ve ayrıca karışımın bileşimi ile depolama koşulları da önemlidir. Sıcaklık değişimlerinin olmadığı düşük sıcaklık derecelerinde rekristalizasyon hızı azaltılabilmektedir.

Kaynaklar

1. Arbuckle WS. 1981. *Ice Cream*. 3rd Ed., AVI Publishing Company Inc., Westport. CT.
2. Goff HD. 2002. Formation and stablition of structure in ice cream and related products. *Curr Opin Colloid Inter Sci*, 7: 432 - 437.
3. Marshall RT, Goff HD, Hartel RW. 2003. *Ice Cream*. 5th Ed., Kluwer Academic Press, 371 p, New York.

Türkiye 10. Gıda Kongresi; 21-23 Mayıs 2008, Erzurum

4. Marshall RT, Arbuckle WS. 1996. *Ice Cream*. 5th Ed., 349 p, Chapman and Hall, New York.
5. Donhowe DP, Hartel RW. 1996a. Recrystallization of ice in ice cream during controlled accelerated storage I. *Int Dairy J*, 6: 1191 -1208.
6. Donhowe DP, Hartel RW. 1996b. Recrystallization of ice in ice cream during controlled accelerated storage II. *Int Dairy J*, 6:1209 -1221.
7. Russell AB, Cheney PE, Wantling SD. 1999. Influence of freezing conditions on ice crystallization in ice cream. *J Food Eng*, 39: 179 - 191.
8. Sutton R, Wilcox J. 1998a. Recrystallization in model ice cream solutions as affected by stabilizer concentration. *J Food Sci*, 63: 9 - 11.
9. Sutton R, Wilcox J. 1998b. Recrystallization in ice cream as affected by stabilizers. *J Food Sci*, 63: 104 -110.
10. Adapa S, Schmidt KA, Jeon IJ, Herald TJ, Flores RA. 2000. Mechanizm of ice crystallition and recrystallition in ice cream. *Food Rev Int*, 16: 259 - 271.
11. Cemeroglu BS, Acar J. 1986. *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi*. Gıda Teknolojisi Derneği, No: 6, 508 s, Ankara.
12. Goff HD, Sahagian ME. 1996. *Freezing of Dairy Products*. Marcel Dekker, Inc., pp. 299- 335, New York.
13. Drewett EM, Hartel RW. 2007. Ice crystallization in a scraped surface freezer. *J Food Eng*, 6: 1060 -1066.
14. Hartel RW. 1996. Ice crystallization during the manufacture of ice cream. *Trends Food Sci Technol*, 7: 315 - 321.
15. Schwartzberg HG. 1990. *Biotechnology and Food Process Engineering*. Marcel Dekker, Inc., pp.127 - 202, New York.
16. Sodawala S, Garside J. 1997. Ice nucleation on cold surface: Application to scraped surface heat exchangers. American Institution of Chemical Engineers Annual Meeting, 38 p, 16 - 21 November 1997, Los Angeles.
17. Mullin JW. 1993. *Crystallization*. 3rd Ed., 527 p, Butterworth-Heinemann, London.
18. Sutton R, Bracey J. 1996. The Blast Factor. *Dairy Ind Int*, 61: 31 - 33.
19. Moore LJ, Shoemaker CF. 1981. Sensory textural properties of stabilized ice cream. *J Food Sci*, 46: 399 - 409.
20. Wallingford L, Labuza TP. 1983. Evaluation of water binding properties of food hydrocolloids by physical/chemical methods and in a low fat meat emulsions. *J Food Sci*, 48: 1 - 5.
21. Özcan Yılsay T. 1998. Dondurma üretiminde stabilizatör ve emülgatörlerin önemi. *Dünya Gıda*, (10) 41- 43.
22. Hagiwara T, Hartel RW. 1996. Effect of sweetener, stabilizer and storage temperature on ice recrystallization in ice cream. *J Dairy Sci*, 79: 735 - 744.
23. Sutton RL, Lips A, Piccirillo G. 1996. Recrystallization in aqueous fructose solutions as affected by locust bean gum. *J Food Sci*, 61: 746 - 748.
24. Sutton RL, Cooke D, Russell A. 1997. Recrystallization in sugar/stabilizer solutions as affected by molecular structure. *J Food Sci*, 62: 1145 - 1149.
25. Flores AA, Goff HD. 1999a. Ice crystal size distributions in dynamically frozen model solutions and ice cream as affected by stabilizers. *J Dairy Sci*, 82: 1399 - 1407.
26. Flores AA, Goff HD. 1999b. Recrystallization in ice cream after constant and cycling temperature storage conditions as affected by stabilizers. *J Dairy Sci*, 82: 1408 - 1415.
27. Muhr AH, Blanshard JM. 1986. Effect of polysaccharide stabilizers on the rate of growth of ice. *J Food Technol*, 21: 683 - 710.
28. Budiaman ER, Fennema O. 1987. Linear rate of water crystallization as influenced by temperature of hydrocolloid suspensions. *J Dairy Sci*, 70: 534 - 546.
29. Walstra P. 1996. Dispersed systems: Basic considerations. In *Food Chemistry*, OR Fennema (ed), pp 95-155. 3rd Ed., Marcel Dekker, New York.