

Farklı Dondurulma Koşullarında Sebzelerin Donma Süre ve Hızları

Dr. Nezih MÜFTÜGİL

TÜBİTAK, Marmara Araştırma Enstitüsü, Beslenme ve Gıda Teknolojisi Bölümü — GEBZE

ÖZET

Bu çalışmada soğuk hava püskürtmeli dondurucu içinde farklı soğutucu hava sıcaklığı ve hızında dondurulan 1 cm³ hacmindeki karnabahar parçalarının donma hızı ve süreleri saptanmıştır. Dondurucu içinde hava sıcaklığı dört defa (—20, —25, —30 ve —35°C) ve hava hızı altı defa (70, 131, 189, 244, 280, 293 m/dk) değiştirilmiş ve her bir farklı koşulda örneklerin donma hızı ve süresi saptanmıştır. Sıcaklığı —20°C ve hızı 280 m/dk olan hava ile sıcaklığı —35°C ve hızı 70 m/dk olan hava ile dondurulan örneklerin donma sürelerinin birbirine çok yakın olduğu saptanmıştır. Sıcaklığı aynı olan havanın hızını, 70 m/dk'dan 293 m/dk'ya çıkarınca donma süresinin yaklaşık bir kat azaldığı görülmüştür.

GİRİŞ

Bilindiği gibi gıdalar, özellikle meyve ve sebzeler yüksek oranda su içerdikleri ve ayrıca fizyolojik yapıları nedeniyle çabuk bozulmakta ve besin değerlerini yitirmektedirler. Dondurulma işlemi ile gıdalarda bulunan su, buz kristallerine dönüştürülerek su aktivitesi düşürülmekte, kimyasal tepkimelerin ve mikrobiyolojik olayların hızı azaltılarak gıdanın başlangıç kalitesi korunabilmektedir. «Hızlı Dondurma» veya «Derin Dondurma» olarak ifade edilen bu teknikte dondurulma işlemi sırasında maksimum kristalizasyonun meydana geldiği (birçok gıda için —1°C ile —5°C arası) bölgenin çabuk geçilmesi ve gıdanın ısısal merkezinin sıcaklığının —18°C'ye kadar ulaşması amaçlanmaktadır. Meyve - sebze ve hücre yapısında olan diğer gıda maddelerinin yaş dondurulması hücre içinde büyük kristallerin oluşumuna, bunun da dokuda zararlanmalara ve yumuşamaya neden olduğu bilinmektedir (5). Ayrıca dondurulma işlemi sırasında hücre içinde meydana gelen ve kaliteyi olumsuz etkileyen fiziko-kimyasal değişimler en çok —1°C ile —10°C arasında meydana gel-

mekte ve bu sıcaklık bölgesinin hızlı bir şekilde geçilmesi kalitenin korunması için gerekli olmaktadır (2). Ancak çok hızlı yapılan dondurulma işlemlerinde de hücre zarları elastikiyetini kaybederek yüzeyde çatlama oluşmaktadır. Böylece hem dondurulacak gıdanın kalitesini, hem de endüstriyel tesislerde üretim kapasitesini ve dondurucu cihazların seçim ve dizaynını etkileyen donma hızı ve süresi gıda dondurma teknolojisinde önemli parametrelerdir (3).

Bir gıda maddesinin donma hızı, maddenin boyut, şekil ve ısısal özellikleri, paketlenme materyalinin boyut, şekil ve ısısal özellikleri, gıda maddesi ile soğutma ortamı arasındaki sıcaklık farkı ve ısı enerjisinin transfer şekli (konveksiyon, konduksiyon veya radyasyon) gibi faktörlerden etkilenmektedir (7). Isı enerjisinin transfer şekli dondurma yöntemine bağlı olup, endüstride en çok kullanılan soğuk hava püskürtmeli (air blast freezing) dondurucularda donma hızı ve süresini hava sıcaklığı kadar, hava hızı da etkilemektedir (3).

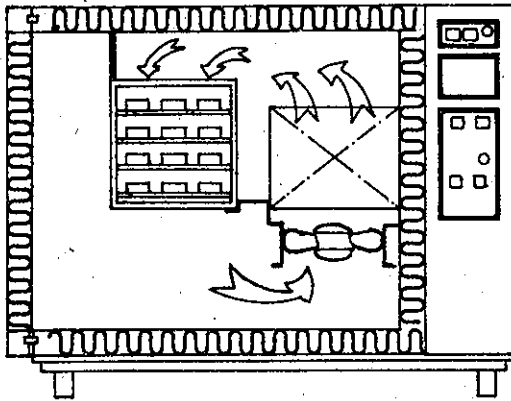
Bu çalışmada belli hacimdeki karnabahar örneklerinin farklı hız ve sıcaklıktaki soğuk hava ile dondurulması sırasındaki donma hızı ve süreleri saptanmaya çalışılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada, çeşidi Idol olan karnabahar kullanılmıştır. Dondurma işlemi FRIGOSCANDIA markalı soğuk hava püskürtmeli dondurucu içinde 56 x 56 x 56 cm ebatlarındaki raflı kabin kullanılarak yapılmıştır. Soğutucu hava hızı dondurucudaki fan ayar düğmesiyle, soğutucu hava sıcaklığı ise gene dondurucu üzerindeki termostat yardımıyla kontrol edilip, değiştirilmiştir. Soğutucu hava sıcaklığı soğutma ortamına yerleştirilen bakır/konsontan ısı uçlar ve ona bağlı sayısal termometre ile, hava hızı ise soğutucu hava yolu boyunca raf üzerine yerleştirilen anemometre ile ölçülmüştür.

Karnabaharın baş kısmıyla saplarının birleştiği yerden 1 cm³'lük parçalar düzgün olarak kesilmiş, dondurucu içinde istenen soğutucu hava hızı ve sıcaklığı sağlandıktan sonra sayısal termometreye bağlı iğne uçlu bir bakır/konsontan ısıtıcı uç bu parçaların merkezlerine yerleştirilmiştir. Merkez sıcaklığı -18°C ye ulaşıncaya kadar sayısal termometrede her 15 sn. de bir okuma yapılmış ve donma süre ve hızları saptanarak donma eğrileri çizilmiştir.

Dondurucuda dört farklı hava sıcaklığı (-20°C, -25°C, -30°C, -35°C) uygulanmıştır. Hava sıcaklıklarını ayarlarken termostat sıcaklık değişmelerini en alt seviyede tutacak şekilde (± 1.6) ayarlanmıştır. Her bir sıcaklıkta hava hızları fan ayar düğmesiyle altı defa değiştirilmiş (70, 131, 189, 244, 280, 293 m/dk) rı fan ayar düğmesiyle altı defa değiştirilmiş (70, 131, 189, 244, 280, 293 m/dk) ve örneklerin donma hızı ve süreleri her bir farklı koşulda saptanmıştır.



Şekil 1. Örneklerin dondurulduğu soğuk hava püskürtmeli dondurucu

BULGULAR

Örneklerin farklı sıcaklık ve hızdaki hava ile dondurulmaları sırasında saptanan gerçek donma süreleri, donma süreleri ve donma hızları Çizelge 1, 2 ve 3'de verilmektedir.

Gerçek donma süresi, donma süresi ve donma hızı Uluslararası Soğuk Enstitüsü tarafından aşağıdaki şekilde tanımlanmışlardır (4).

Gerçek Donma Süresi : Ürünün sıcaklığını başlangıç sıcaklığından merkezindeki sıcaklık verilen bir sıcaklığa (-18°C) düşürülünceye kadar geçen süredir.

Donma Süresi : Bilinen ölçülerde ve başlangıç sıcaklığı 0°C deki bir ürünün merkezindeki sıcaklığı donma noktasından 10°C daha düşük oluncaya kadar geçen süredir. Osmometre ile karnabaharın donma noktası -0.67°C olarak saptanmıştır. Dolayısıyla donma sürelerini saptarken merkezdeki sıcaklığın donma noktasından 10°C daha düştüğü yani -10.67°C ye ulaştığı zamana kadar geçen süre göz önüne alınmıştır.

Donma Hızı : Ürünün merkeziyle yüzeyi arasındaki en kısa mesafenin ürün yüzeyinin sıcaklığı 0°C ye ve merkezdeki sıcaklığı donma noktasından 10°C daha düşük oluncaya kadar geçen süreye oranıdır. Mesafe (cm) ve süre (saat) olarak ölçülerek donma hızı cm/saat olarak birimlendirilmiştir.

Çizelge 1. 1 cm³ karnabahar parçasının farklı sıcaklık ve hızdaki hava ile dondurulması sırasında saptanan donma süreleri

Hava sıcaklığı (°C)	Hava hızları (m/dk)	Gerçek Donma Süreleri (sn)					
		70	131	189	244	280	293
-20		742	582	514	443	430	406
-25		595	450	383	322	296	275
-30		492	400	375	313	288	265
-35		440	388	322	281	262	213

Çizelge 2. 1 cm³ karnabahar parçasının farklı sıcaklık ve hızdaki hava ile dondurulması sırasında saptanan donma süreleri

Hava sıcaklığı (°C)	Hava hızları (m/dk)	Donma Süreleri (sn)					
		70	131	189	244	280	293
-20		605	483	405	350	340	333
-25		525	398	340	282	257	225
-30		390	341	330	281	264	238
-35		388	348	287	259	228	191

Çizelge 3. 1 cm³ karnabahar parçasının farklı sıcaklık ve hızdaki hava ile dondurulması sırasında saptanan donma hızları

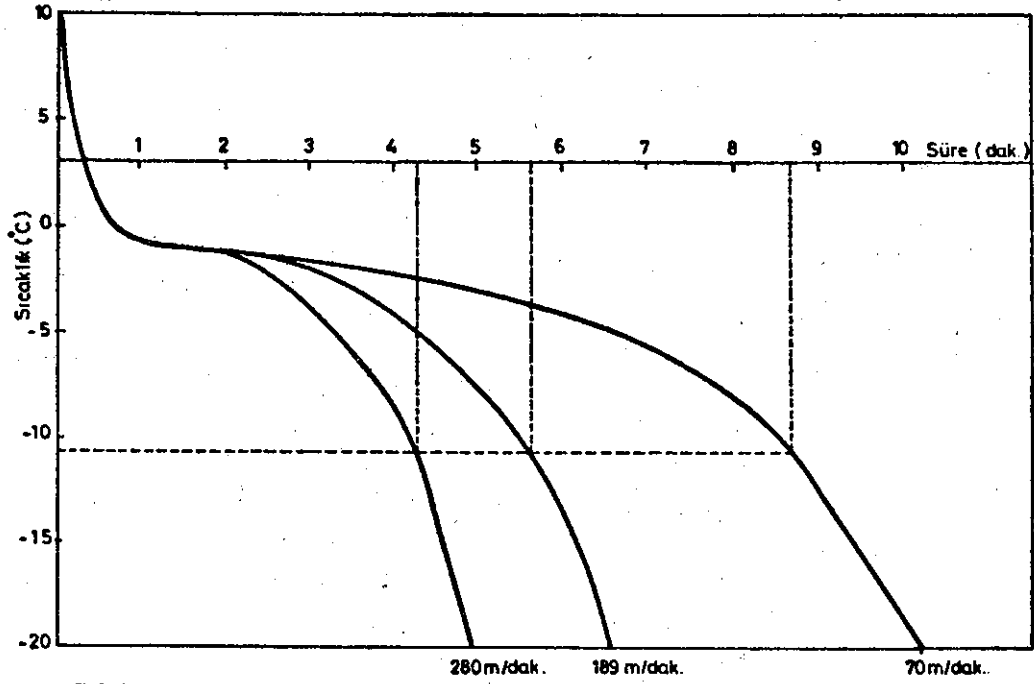
Hava sıcaklığı (°C)	Hava hızları (m/dk)	Donma Hızları (cm/s)					
		70	131	189	244	280	293
-20		2.97	3.73	4.44	5.14	5.31	5.41
-25		3.42	4.52	5.31	6.38	7.00	8.00
-30		4.61	5.28	5.45	6.40	6.82	7.56
-35		4.67	5.17	6.27	6.95	7.90	9.43

Çizelge 1 ve 2'de görüldüğü gibi donma süreleri üzerinde hem soğutucu hava sıcaklığının hem de hava hızının etkisi vardır. Örneğin sıcaklığı aynı olan havanın hızını 70 m/dk'dan 293 m/dk'ya çıkarınca donma süresinin yaklaşık bir kat azaldığı görülmüştür. Buna karşılık aynı hızdaki hava sıcaklığını -20°C'den -35°C'ye düşürünce donma süresinin gene yaklaşık % 65 oranında azaldığı anlaşılmaktadır. Sıcaklığı -20°C ve hızı 280 m/dk olan hava ile sıcaklığı -35°C ve hızı 70 m/dk olan hava ile dondurulan örneğin donma sürelerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Denemelerden anlaşıldığı gibi hava sıcaklığı düşük bile olsa yüksek bir hava hızı ile donma sürelerinin azaltılması sağlanabilmektedir. Araştırmacılar endüstride dondurma işleminin -18°C ile -40°C sıcaklıkta ve

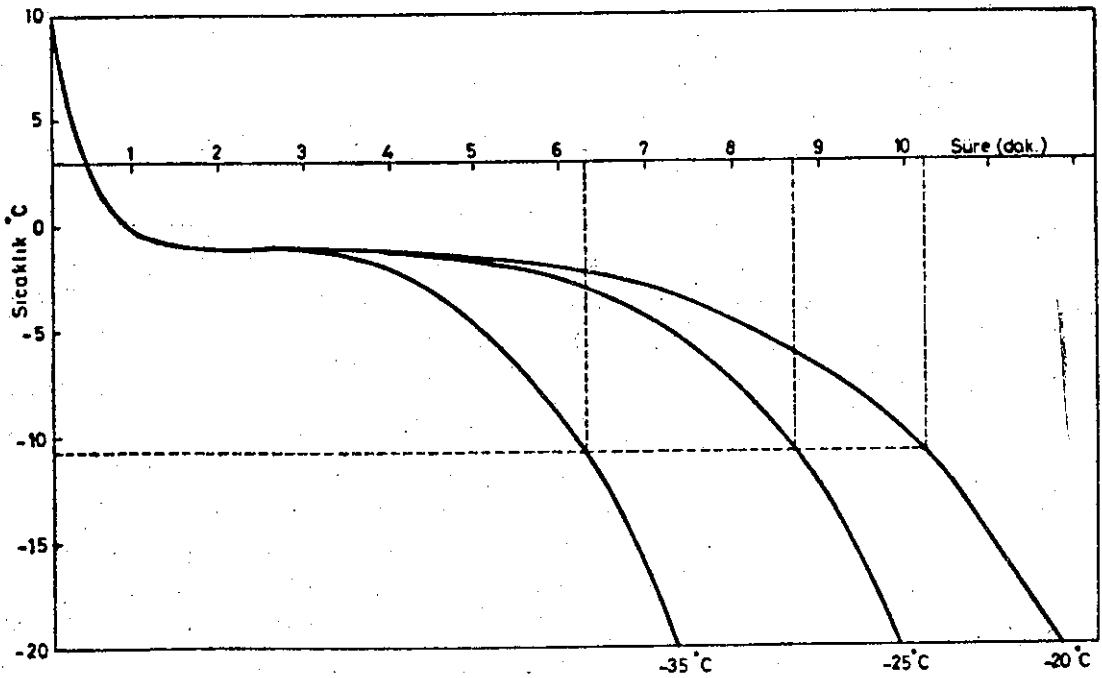
30 - 1070 m/dk hızdaki hava ile yapıldığını, hava sıcaklığı düşürülse bile artan hava hızının donma süresini kısalttığını belirtmişlerdir (1 - 6).

Şekil 2'de sıcaklığı -25°C de sabit tutulan fakat hızı 70, 189 ve 280 m/dk. olacak şekilde üç defa değiştirilen soğutucu hava ile yapılan dondurma işlemi sırasında 1 cm³ boyutundaki karnabahar parçalarının merkezlerindeki sıcaklık değişimleri gösterilmektedir.

Uluslararası Soğutma Enstitüsü Endüstriyel ölçüde donma hızlarının 0.2 - 100 cm/s arasında değiştiğini açıklamıştır. Buna göre 0.2 cm/s yavaş, 0.5 - 3 cm/s hızlı, 5 - 10 cm/s çok hızlı donma hızları olarak kabul edilirler. Çalışmamızda karnabahar örnekleri için saptadığımız donma hızları, hızlı ve çok hızlı donma rejimi içinde olmuşlardır.



Şekil 2: 25°C Sıcaklıkta ve üç farklı hızdaki soğutucu hava ile dondurulan 1 cm³ karnabahar parçasının donma eğrileri.



Şekil 2: 70 (m/dk) hızda ve farklı 3 sıcaklıktaki hava ile dondurulan 1 cm³ karnabahar parçasının donma eğrileri.

Şekil 2'de görüldüğü gibi örneklerin dondurulması sırasında çeşitli devreler vardır. Dondurma işleminin başlangıcında sıcaklık hızlı düşmektedir. Karnabaharın donma niktasi olan -0.67°C civarlarında sıcaklık düşmelerinin yavaşladığı ve bu durumun yaklaşık 10°C 'lik

sıcaklık azalmasına kadar devam ettiği görülmektedir. Hücre içindeki suyun buz kristalleri haline geçtiği ve faz değişiminin meydana geldiği bu devrede bir gram suyun buz haline geçmesi için gerekli 80 kalorilik ısı gereksinimi sıcaklıktaki düşmenin azalmasına neden ol-

maktadır. Yavaş yapılan bir dondurma işleminde bu devre dondurma eğrisi üzerinde yaklaşık bir doğru şeklinde belirlemektedir. Kullandığımız dondurma hızları yüksek olduğundan elde edilen donma eğrileride bu devrede bir sıcaklık azalması görülmüştür. Bu devredeki sıcaklık düşmesine kristallenme sırasında hücre içinde derişik bir çözelti oluşması ve bağlı suyun sıcaklığının düşmesi gibi karmaşık yapıdaki olaylar neden olmaktadır (1).

Şekil 3'de ise hızlı 70 m/dk olarak sabit tutulan fakat sıcaklıkları -20°C , -25°C ve -35°C olacak şekilde üç defa değiştirilen hava ile dondurulan 1 cm^3 hacmindeki karnabaharın merkezindeki sıcaklık değişimleri izlenerek çizilen donma eğrileri gösterilmektedir. Hava sıcaklığı düşürüldükçe donma sürelerinin kısaldığı açık bir şekilde görülmektedir.

SONUÇ

Soğuk hava püskürtmeli dondurucularda gıdanın donma hızı ve süresi üzerinde kullanılan soğutucu havanın hızı ve sıcaklığı etkili olmaktadır. Sıcaklığı yüksek olan havanın hızı artırılınca gıdanın donma süresi kısalmaktadır.

Soğutucu hava hızı düşük olan bir dondurucuda donma süresinin kısa olması için ise hava sıcaklığının da düşük olması gerekir. En kısa süren donma sürelerine soğutucu hava hızını yüksek ve sıcaklığını düşük tutarak erişilebilir.

SUMMARY

THE FREEZING TIME AND RATE OF VEGETABLES UNDER DIFFERENT FREEZING CONDITIONS

In this study the freezing time and rate of cauliflower floret samples of 1 cm^3 were determined under different freezing conditions in an air blast freezer. Four different cold air temperatures (-20 , -25 , -30 , -35°C) and six different air flow rates were applied in the freezer and the freezing rates and time were determined under each different conditions. The freezing time of cauliflower sample frozen with cold air at -20°C and 280 m/dk was close to the freezing time of a sample frozen with cold air at -35°C and 70 m/dk. When the flow rate of cold air was increased from 70 m/dk to 293 m/dk, the freezing time was decreased approximately one fold.

KAYNAKLAR

1. FENNEMA, O.R., and POWRIE, W.D., 1964. Fundamentals of low temperature food preservation, *Advances in Food Research*, 13, 219 - 347.
2. GUTSCHMIDT, J., 1968. Principals of freezing and low temperature storage with particular reference to fruit and vegetables, in *Low Temperature Biology of Foodstuffs*, J. Hawthorn ve E.J. Rolle (Editor), Pergamon Press, 299 - 318.
3. HOLDSWORT, S.D., 1968. The effect of rate of freezing on the quality of frozen foods, *Campden Food Pres. Res. Assoc., Tech Bull.*, No. 13.
4. ANONY., 1972. Reccommendations for the processing and handling of frozen foods, I.I.R., Second Edition, Paris, 5 - 7.
5. TEKSÖZ, A.N., 1973. Freezing of strawberries and apples, Ph. D thesis, Agricultural College of Sweden, Alnorp, Sweden, S. 44.
6. TRESSLER, D.K. and EVERS, C.F., 1957. The freezing preservation of foods Vol. 1, AVI Pub. Co., Westport, Connecticut, U.S.A.
7. YİĞİT, V., 1982. Bazı Meyve ve Sebzelerin donma hızlarının saptanması üzerine araştırmalar, *MAE Beslenme ve Gıda Tek. Bölümü*, Yayın No. 51, 2.