

## MARAŞ USULÜ DONDURMA KARIŞIMININ ELEKTRİKSEL VE REOLOJİK ÖZELLİKLERİ

### ELECTRICAL AND RHEOLOGICAL PROPERTIES OF THE MARAŞ - TYPE ICE CREAM MIX

Filliz İÇİER<sup>1</sup>, Şebnem TAVMAN<sup>1</sup>, Bii ERGİN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir

<sup>2</sup>Unilever Türk A.Ş., Tekirdağ

**ÖZET:** Son yıllarda, ohmik ısıtma pompalanabilir gıdaların ısıtılmasında alternatif bir teknik olarak uygulanmaktadır. Geleneksel gıdalarımızdan olan ve oldukça kıvamlı yapıya sahip olan Maraş usulü dondurma üretiminde pastörizasyon öncesi ısıtma basamağında ohmik ısıtmanın kullanımı proses etkinliğini artırabilmektedir. Bu çalışmada materyal olarak modern bir işletmede sürekli sistemde üretilmiş Maraş usulü dondurma karışımı kullanılmıştır. Karışım sistemden pastörizasyon öncesi aşamada alınmıştır. Karşılaştırma amacıyla kaymaklı standart dondurma karışımı kullanılmıştır. Dondurma karışımları 4°-80°C sıcaklık aralığında 20-60 V/cm voltaj değerleri aralığında ohmik olarak ısıtılmış, örneklerin ohmik ısıtma süreleri ve elektriksel iletkenliklerinin sıcaklıkla değişimi saptanmıştır. Dondurma karışımlarının viskozitesi 60,70 ve 80°C sıcaklıklarda Brookfield viskozimetresi kullanılarak ölçülmüştür. Deneysel veriler üssel modele göre değerlendirilmiştir. Maraş usulü dondurmanın reolojik sabitlerinin (K,n) kaymaklı dondurma karışımı değerlerinden daha yüksek olduğu ve sıcaklığa bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Elektriksel iletkenlik değerlerinde ise yağ içeriği ve sıcaklığın önemli derecede etkili olduğu ve kaymaklı dondurma karışımının elektriksel iletkenliğinin Maraş usulü dondurma karışımından daha düşük olduğu saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Maraş usulü dondurma, elektriksel özellikler, reolojik özellikler

**ABSTRACT:** In recent years, ohmic heating is applied as an alternative technique in heating of pumpable foods. The use of ohmic heating in preheating of Maraş ice cream mix which is traditional ice cream in Turkey and has very high consistency before pasteurization increases the process efficiency. In this study, Maraş type ice cream produced in continuous system in a modern ice cream plant was used as a material. Ice cream mix was supplied before pasteurization step. Standard type ice cream was used for comparison of the results. The ice cream mixes was heated ohmically from 4°C to 80°C in the range of 20-60 V/cm voltage gradient. The ohmic heating and the change of electrical conductivities by temperature were obtained. The viscosity measurements of the ice cream mixes were made in 60, 70 and 80°C by Brookfield viscosimeter. Experimental data were evaluated according to power law model. It was obtained that the reological constants (K, n) of Maraş type ice cream mix were higher than standard type ice cream mix and changed by temperature. In the electrical properties it was obtained that fat content and temperature was effective in electrical conductivity values and the electrical conductivity of the standard type ice cream mix was lower than that of the Maraş type ice cream mix.

**Keywords:** Maraş type ice cream, electrical properties, reological properties

### GİRİŞ

Maraş usulü dondurma oldukça kıvamlı yapıya sahip geleneksel bir dondurma çeşididir. Geleneksel olarak daha çok Türkiye'nin güneydoğu bölgesinde üretilmekte olup, tüm ülke çapında tüketilmektedir. Ticari olarak da modern işletmelerde üretimi yapılabilen bir dondurma çeşididir. Oldukça kıvamlı yapıya sahip olması özellikle pastörizasyon aşamasında bazı problemlere yol açabilmektedir.

Dondurmanın yapısal özellikleri yağ moleküllerinin dağılımı, hava içeriği ve boyutu, sulu fazın viskozitesi, buz kristallerinin boyutu ve durumu gibi bazı faktörlere bağlıdır (Dickinson ve Stainsby 1982). Dondurma ka-

<sup>1</sup> E-posta: ficier@food.ege.edu.tr

rişiminin viskozitesi ise kompozisyona, içeriklerin çeşidi ve miktarına, karışımın işlem koşullarına ve konsantrasyona bağlıdır (Kaya ve Tekin 2001). Viskozite arttıkça erimeye karşı direnç artar. Örneğin stabilizatörlerin kullanımı karışımın viskozitesini arttırmak amacıyla kullanılır ve dolayısıyla dondurma kalitesini etkiler. Maraş usulü dondurmanın da geleneksel hammaddesi saleptir. Salep doğal bir stabilizatördür ve Maraş usulü dondurmanın tipik kıvamını ve aromasını sağlayan bir katkıdır (Kaya ve Tekin 2001).

Dondurmanın reolojik özellikleri üzerine son yıllarda yapılan çalışmalarda dondurma tiplerinin Newton dışı tipte akışkanlar olduğu tespit edilmiş ve daha çok kıvamı etkileyen stabilizatörler üzerinde durulmuştur. Uzomah ve Ahillgwo (1999) yaptıkları çalışmada bazı suda çözünür gımları dondurma üretiminde kullanmışlar ve gımların farklı konsantrasyonlarda kullanımının dondurmaların reolojik özelliklerini etkilediğini saptamışlardır. Aynı araştırmacılar pseudo-plastik özelliğin sıcaklıkla değişiklik göstermediğini saptamışlar ve sıcaklığın kıvam üzerinde çok etkili olduğunu, sıcaklık kontrolünün zorunlu olduğunu vurgulamışlardır. Bolliger, Wildmoser, Goff ve Tharp (2000) stabilizatör eklenmesinin fonksiyonu olarak dondurma karışımlarının visko-elastik yapısal özellikleri ile buz kristali oluşumu arasındaki ilişkiyi saptamışlardır. Farklı oranlarda guar gımları eklenen dondurma karışımlarının farklı su içeriklerindeki visko-elastik özelliklerindeki değişikliği saptamışlar ve görünür viskozite-konsantrasyon arasındaki ilişkide eğimin değiştiği kırılma noktası tespitinde bulunmuşlardır. Guar gımlarının %0.14 oranında eklendiği dondurma karışımında buz kristali oluşumunun en az olduğunu saptamışlardır. Kaya ve Tekin (2001) süt-salep-şeker ve su-salep-şeker karışımlarının farklı salep oranlarında ve sıcaklıklardaki reolojik özelliklerini tespit etmişlerdir. Salep konsantrasyonundaki artışın su-salep-şeker karışımı örneklerinin Newton tipi özelliğini Newton dışı özelliğe doğru değiştirdiğini ve salep konsantrasyonunun karışımın viskozitesinde sıcaklıktan daha etkili olduğunu vurgulamışlardır. Cogné, Andrieu, Laurent, Besson ve Nocquet (2003) ise dondurma karışımlarına uygulanan ısı işlemlerindeki bazı ısı özelliklerinin değişimini tespit etmiştir.

Dondurma karışımlarına uygulanan ısı işlemlerinin etkinliği dondurma karışımının kompozisyonu ve reolojik özelliklerinden de etkilenmektedir. Kıvamlı dondurma karışımlarında ısı işlemlerinin homojen yapılabilmesi oldukça zordur. Bu durum ısı değiştiricilerin özel tasarımını gerektirmekte ve temizleme maliyetlerini etkilemektedir.

Ohmik ısıtma gıda maddesinin içinden elektrik akımı geçirme prensibine dayalı bir tekniktir. Son yıllarda özellikle pompalanabilir gıdaların işlenmesinde alternatif bir ısıtma tekniği olarak kullanılmaktadır. Isı gıdanın içerisinde homojen olarak oluşur, miktarı ise geçen elektrik akımına ve gıdanın elektriksel iletkenliğine bağlıdır (İçier 2003). Bir boru hattının parçası olan ohmik ısıtma ünitelerinde yanma ve ekipman çeperlerine yapışma problemleri diğer ısıtma ekipmanlarıyla karşılaştırıldığında yok denecek kadar azdır. Gerek homojen ısıtma sağlanabilmesi gerek de işçilik ve temizleme maliyetlerinde sağlayacağı avantajlar nedeniyle günümüzde tüm pompalanabilir sıvı gıdalar ve karışımları için alternatif bir ısıtma tekniği olarak ortaya çıkmış ve bu konuda yapılan çalışmalar son yıllarda oldukça artmıştır (Reznick 2000).

Bu çalışmada Maraş usulü dondurma karışımının farklı pastörizasyon sıcaklıklarındaki reolojik özelliklerinin saptanması ve 3 farklı voltaj değerinde ohmik ısıtma yapılarak ohmik ısıtma sürelerinin ve elektriksel iletkenliğin sıcaklıkla değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Karşılaştırma amacıyla aynı koşullardaki kaymaklı dondurma karışımının özellikleri de belirlenmiştir.

## **MATERYAL ve YÖNTEM**

Materyal olarak modern bir işletmede sürekli sistemde üretilmiş Maraş usulü dondurma karışımı kullanılmıştır. Karışım sistemden pastörizasyon öncesi aşamada alınmıştır. Karşılaştırma amacıyla yine aynı işletmeden pastörizasyon öncesi alınan kaymaklı standart dondurma karışımı kullanılmıştır. Kullanılan dondurma karışımlarının bileşimleri Çizelge 1.'de verilmiştir.

Dondurma karışımlarının reolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Brookfield RVT model viskometre (Brookfield Engineering Laboratories, USA) kullanılmıştır. Dört numaralı karıştırma ünitesi kullanılarak 7 farklı dönme hızında görünür viskozite değerleri (cps) ölçülmüştür. Deneysel veriler üssel modele göre değerlendirilmiştir.

Çizelge 1. Dondurma karışımlarının bileşimleri (100 g üzerinden)

Dondurma karışımı tipi	Yağ (g)	Nem (g)	Karbonhidrat (g)	Protein (g)	Kül (g)
Maraş	3,3	66	26,7	2,6	1,4
Kaymaklı	9,8	63,3	23,4	3,4	0,1

rilmiş, denklem (1) kullanılarak dondurma karışımlarının 3 farklı sıcaklıktaki (60, 70, 80 °C) kıvam katsayıları (K) ve akış davranış indeksleri (n) belirlenmiştir. Görünür viskozite değerleri (Pa.s) ve kayma hızı değerleri (rad/s) olarak ifade edilmiştir.

$$\text{Görünür viskozite} = K (\text{kayma hızı})^{n-1} \quad (1)$$

Dondurma karışımları 4° -80 °C sıcaklık aralığında ohmik olarak ısıtılmış, örneklerin ohmik ısıtma süreleri ve elektriksel iletkenliklerinin sıcaklıkla değişimi saptanmıştır. Ohmik ısıtma denemeleri Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü pilot tesislerinde kurulmuş olan ohmik ısıtma sisteminde gerçekleştirilmiştir. Sistem ile ilgili ayrıntılı teknik bilgi İçier (2003)'de bulunmaktadır. Ohmik ısıtma denemeleri 20, 40 ve 60 V/cm voltaj değerleri uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Dondurma karışımlarının farklı sıcaklıklardaki elektriksel iletkenlikleri, ohmik ısıtma sırasında kaydedilen deneysel veriler kullanılarak Denklem (2) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Elektriksel iletkenlik} = \frac{L I}{A V} \quad (2)$$

L, Elektrotlar arasındaki uzaklığı (m); A, elektrotların kesit alanını (m<sup>2</sup>); I, elektrik akımını (A); V, uygulanan voltajı (V) ifade etmektedir.

Deneysel verilerin değerlendirilmesinde ve model analizinin yapılmasında SPSS 11.0.1 (2001) istatistiksel paket programı kullanılmıştır.

## SONUÇ ve TARTIŞMA

Dondurma karışımlarının 3 farklı pastörizasyon sıcaklığındaki reolojik özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir. Her iki dondurma karışımının da görünür viskozite ile kayma hızı arasında Denklem (1)'de belirtildiği gibi üssel bir ilişki olduğu saptanmıştır. Elde edilen modellerin regresyon katsayıları Çizelge (2)'den de görüldüğü üzere oldukça yüksektir.

Çizelge 2. Dondurma karışımlarının pastörizasyon sıcaklıklarındaki reolojik özellikleri

Dondurma karışımı tipi	Sıcaklık (°C)	Reolojik sabitler		Regresyon katsayısı (R <sup>2</sup> )
		Kıvam katsayısı K (Pa.s <sup>n</sup> )	Akış davranış indeksi n	
Kaymaklı	60	0,698	0,575	0,994
	70	0,581	0,596	0,988
	80	0,607	0,693	0,992
Maraş usulü	60	1,136	0,722	0,987
	70	0,852	0,728	0,999
	80	0,798	0,751	0,984

Sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirildiğinde kaymaklı dondurma karışımının pastörizasyon sıcaklıklarında kıvam katsayıları ve akış davranış indeksleri arasında istatistiksel olarak önemli fark olduğu tespit edilmiştir (P<0.05). Akış davranış indeksi değerlerinin sıcaklıkla artış gösterdiği saptanmıştır.

Maraş usulü dondurma karışımının ise sıcaklık arttıkça kıvam katsayısının düştüğü ve üssel katsayı olan akış davranış indeksinin arttığı belirlenmiştir. Başka bir deyişle, Maraş usulü dondurma karışımının kıvamı sıcaklık arttıkça azalmaktadır. Farklı pastörizasyon sıcaklıklarındaki reolojik sabitler arasında istatistiksel olarak da önemli fark olduğu tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ). Kaya ve Tekin (2001) de farklı salep konsantrasyonlarından oluşan model dondurma karışımlarının akış davranış indekslerinin 10-50° C sıcaklık aralığında sıcaklık arttıkça arttığını ve 0,77-0,95 arasında olduğunu belirtmişlerdir. Goff, Davidson ve Cappi (1994)'de de ksantan kullanılan dondurma karışımlarında akış davranış indeksinin 0,7 diğer karışımlar için ise 0,5 olduğu belirtilmiştir.

İki dondurma karışımının reolojik sabitleri karşılaştırıldığında, tüm sıcaklıklarda Maraş usulü dondurma karışımının kıvam katsayısının ve akış davranış indeksinin kaymaklı standart dondurma karışımından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ). Dolayısıyla, Maraş usulü dondurma karışımının pastörizasyon sıcaklıklarındaki kıvamının, kaymaklı standart dondurma karışımından daha yüksek olduğu görülmektedir. Kaya ve Tekin (2001) akış davranış indekslerinin Maraş usulü dondurmada diğer dondurma karışımlarına göre daha yüksek olduğunu ve bunun salep kullanımından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Bu çalışmada da kıvamlar arasındaki farkın Maraş usulü dondurmada stabilizatör olarak kullanılan salepten kaynaklandığı söylenebilir. Salebin kendine özgü doğal aroması ve kıvamı Maraş usulü dondurmaya bir ayrıcalık katmakta ve özel bir dondurma elde edilmesini sağlamaktadır.

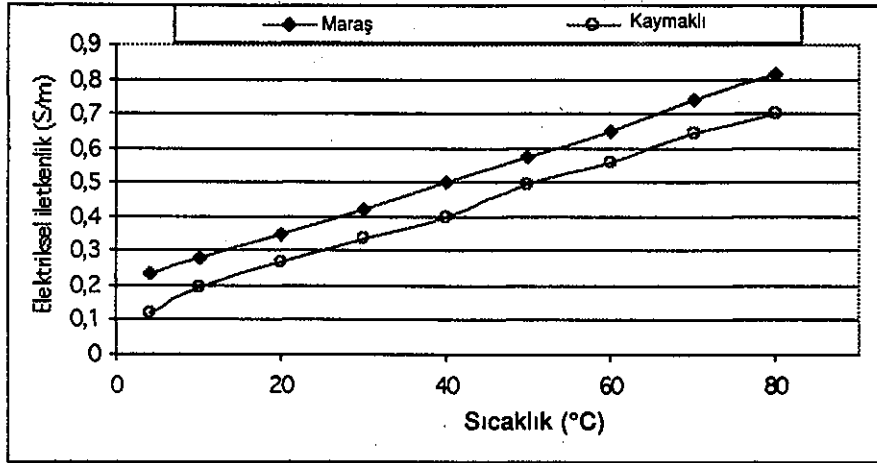
Ancak kıvamın yüksek olması pastörizasyon sırasında ısı transferinde problemlerin yaşanmasına neden olmaktadır. Ekipmanların iç yüzeylerinde yanma ve yapışma problemleri ile karşılaşmakta, homojen ısı transferi sağlanamamaktadır. Bazı durumlarda yeterli pastörizasyonun sağlanamaması da mümkün olabilmektedir. Bu nedenle sıcaklık kontrolü hassas, homojen ısıtmanın sağlanabildiği ve pastörizasyon etkinliğinin yüksek olduğu ısı transfer ekipmanlarının tasarımı önemlidir. Ohmik ısıtmanın dondurma karışımlarının homojen ısıtılmasına alternatif olarak kullanılabilmesi düşünülmektedir. Bu amaçla 3 farklı voltaj değerinde ohmik ısıtma denemeleri yapılmış ve karışımların elektriksel iletkenliklerinin sıcaklıkla değişimi belirlenmiştir. Dondurma karışımlarının farklı voltaj değerlerinde ohmik ısıtma süreleri Çizelge 3'de verilmiştir. Her iki dondurma karışımının ohmik ısıtılmasında voltaj değeri arttıkça ohmik ısıtma sürelerinin azaldığı görülmektedir. İçier (2004) de yaptığı çalışmada süt örneklerinin ohmik ısıtılmasında voltaj değeri artışının ısıtma süresinde azalışa neden olduğunu vurgulamıştır.

Çizelge 3. Dondurma karışımlarının farklı voltaj değerlerinde ohmik ısıtma süreleri

Dondurma karışımı tipi	Voltaj değeri (V/cm)	Ohmik ısıtma süresi (s)
Kaymaklı	50	43
	40	91
	20	328
Maraş usulü	60	33
	40	58
	20	186

Tüm voltaj değerlerinde Maraş usulü dondurma karışımının kaymaklı dondurma karışımından daha kısa sürede ısındığı belirlenmiştir. Maraş dondurma karışımının yağ içeriği Çizelge 1'den de görüldüğü gibi kaymaklı dondurma karışımından daha düşüktür. Yağ elektriksel iletkenliği düşük olan bir bileşendir. Bu nedenle örnekler arasındaki yağ içeriği farkının elektriksel iletkenliğe etki ettiği ve ısıtma sürelerinde farka neden olduğu saptanmıştır.

Dondurma karışımı örneklerinin 20 V/cm voltaj değerinde ohmik ısıtılması sırasında farklı sıcaklıklarda ki elektriksel iletkenlik değişimi Şekil 1'de görülmektedir. Sıcaklık arttıkça elektriksel iletkenliğin artışı tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar sıvı gıdaların ohmik ısıtılması sırasında İçier (2003) tarafından da saptanmıştır. Elektriksel iletkenlik sıvı gıdalarda kompozisyona ve özellikle sıcaklığa bağlı bir özelliktir. Elektriksel iletkenlik değe-



Şekil 1. Dondurma karışımı örneklerinin elektriksel iletkenliğinin sıcaklıkla değişimi (20 V/cm)

ri arttıkça örnek içerisindeki ısı enerjisi oluşumu artar. Bu çalışmada da aynı sıcaklıkta, örnekler arasında yağ oranı düşük olan Maraş dondurma karışımının elektriksel iletkenliğinin kaymaklı dondurma karışımından daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bu nedenle Maraş dondurma karışımı daha kısa sürede istenilen sıcaklığa ısıtılabilir.

Dondurma karışımlarının ohmik ısıtılmasının alternatif olarak düşünüldüğünden, ohmik ısıtma ünitelerinin tasarımı ve sıcaklık kontrolünün etkin yapılabilmesi için dondurma karışımlarının elektriksel iletkenlik özelliklerinin tespiti çok büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada elde edilen elektriksel ve reolojik özellik verilerinin, dondurma üretiminde ısı transferi ekipmanı tasarımında literatürde bulunan boşluğu kapatacağı düşünülmektedir.

## TEŞEKKÜR

Örneklerin sağlanmasında desteklerini esirgemeyen Unilever Türk A.Ş.'ne teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- Bolliger S, Wildmoser H, Goff H.D and Tharp B.W. 2000. Relationships between ice cream mix viscoelasticity and ice crystal growth in ice cream. *International Dairy Journal*, 10: 791-797.
- Cogné C, Andrieu J, Laurent P, Besson A and Nocquet J. 2003. Experimental data and modelling of thermal properties of ice creams. *Journal of Food Engineering*, 58: 331-341.
- Dickinson E and Stainsby G. 1982. *Colloids in foods*. Applied Science Publishers, 382-383, London.
- Goff H.D, Davidson V.J and Cappi E. 1994. Viscosity of ice cream mix at pasteurization temperatures. *Journal of Dairy Science*, 77(8): 2207-2213.
- İçier F. 2003. Gıdaların ohmik ısıtma yöntemiyle ısıtılmasının deneysel ve kuramsal olarak incelenmesi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi., 245 s, İzmir.
- İçier F. 2004. The use of ohmic heating as a preheating method in milk processing. Uluslar arası Süt Mamülleri Sempozyumu (International Dairy Symposium; Dairy 2004) kongre kitapçığı, 5 s., 24-28 Mayıs 2004, Isparta, Türkiye.
- Kaya S. and Tekin A.R. 2001. The effect of salep content on the rheological characteristics of a typical ice-cream mix. *Journal of Food Engineering*, 47: 59-62.
- Reznick D. 2000. Electroheating. [www.raztek.com/electroheating.html](http://www.raztek.com/electroheating.html) (15.07.2004).
- SPSS İstatistiksel Analiz Paketi 2001. *SPSS for Windows*. Ver. 11.0.1. SPSS Inc., Chicago.
- Uzomah A and Ahiligwo R.N. 1999. Studies on the rheological properties and functional potentials of achi (*Brachystegea eurycoma*) and ogbono (*Iringia gabonensis*) seed gums. *Food Chemistry*, 67: 217-222.