

Domates Suyu Üretiminde İlımlı Elektrik Uygulaması: 1. İşlem Koşullarının Optimizasyonu

Filiz İçier, Taner Baysal, Ahsen Rayman [✉], Gülay Özkan, Salih Erođlu, Abdullah Aydın

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir

Geliş Tarihi (Received): 22.03.2013, Kabul Tarihi (Accepted): 10.04.2013

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): ahsenrayman@hotmail.com (A. Rayman)

☎ 0 232 311 30 42 📠 0 232 342 75 92

ÖZET

Bu çalışmada domates suyu eldesinde ılımlı elektrik uygulamasının (elektroplazmoliz) kullanımı sırasında işlem koşullarının etkisi incelenmiş, en uygun koşul belirlenmeye çalışılmıştır. Optimizasyon işlemi amacıyla "Yanıt Yüzey Yöntemi destekli Merkezi Karma Dönel Tasarım ($\lambda=1$)" kullanılmıştır. İşlem faktörleri olarak voltaj gradyanı (10-75 V/cm) ve uygulama süresi (1-12 s) seçilmiş olup, verim (VT), renk (R), viskozite (VS), serum ayrılması (SA), pulp oranı (PO), bulanıklık (B) ve toplam kuru madde (TKM) özellikleri yanıt olarak alınmıştır. Elektroplazmoliz işlemi uygulanan düşük voltaj gradyanı ve kısa işlem süresinin, domates suyunun verim ve viskozite değerleri üzerinde olumlu etkileri bulgulanmıştır. Domates suyu eldesinde elektroplazmoliz işlemi için incelenen işlem aralıklarında, 10 V/cm voltaj gradyanı ve 9.5 s işlem süresinin optimum işlem koşulu olduğu belirlenmiştir. Bu optimum koşulda, elde edilen domates suyunun verim değerinin %68.89 ve viskozitenin 13.18 s olacağı öngörölmüş ve deneysel olarak teyit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Domates suyu, Elektroplazmoliz, Optimizasyon, Verim, Viskozite

Moderate Electrical Treatment for Tomato Juice Production: 1. Optimization of Process Parameters

ABSTRACT

In this study, the effect of processing parameters on some attributes of tomato juice was investigated during electroplasmolysis, and optimum conditions were determined. Response surface method assisted central composite rotatable design ($\lambda=1$) was used for optimization. Optimization factors were selected as voltage gradient (10-75 V/cm) and processing time (1-12 s) whereas responses were yield, color, viscosity, serum separation, pulp ratio, turbidity and total dry matter content properties. Low voltage gradient and short process time had an enhancing effect on the yield and viscosity values of the tomato juice processed by electroplasmolysis treatment. The optimum heating condition was 10 V/cm and 9.5 s for electroplasmolysis treatment. At this optimum condition, the yield and viscosity of samples were 68.89% and 13.18 s respectively, and these were also confirmed experimentally.

Key Words: Tomato juice, Electroplasmolysis, Optimization, Yield, Viscosity

GİRİŞ

Domates suyu üretiminde, tam olgun, kuru madde içeriği yüksek, etli, koyu kırmızı renkli domatesler kullanılmaktadır. Ayrıca, stabil yapıda bir domates suyu

üretimi için hasat edilmiş domateslerin beklemeksizin derhal işlenmesi gerekmektedir. Bu amaca uygun hammadde yıkanıp ayıklandıktan sonra parçalanır, pektolitik enzim inaktivasyonu sağlamak amacıyla ısıtılır ve ince bir pulp elde etmek amacıyla palperden geçirilir.

Domates suyu üretiminde verim, hücre içi sıvısının dışarı alınma oranıyla doğrudan ilişkilidir. Hücre içi sıvısının dışarı çıkmasını yarı geçirgen özellikteki stoplazmik zar engellemektedir. Hücre içi sıvılarının çıkmasını kolaylaştırmak plazmik zarın parçalanmasıyla sağlanmaktadır ve bunun da özellikle verim üzerine önemli etkisi bulunmaktadır [1]. Bu amaçla mekanik parçalama, enzim ve ısı uygulamasının yanında; vurgulu elektrik alan (PEF), elektroplazmoliz (EP), ohmik ısıtma, mikrodalga ısıtma gibi değişik yöntemler üzerinde yapılan çalışmalar mevcuttur [2].

Elektroplazmoliz; direkt elektrik akımının etkisiyle bitkisel hücre zarının parçalanması olarak tanımlanmaktadır ve diğer yöntemlere göre hücreleri en uygun tarzda parçalayan yöntem olarak bilinmektedir [3]. EP işleminde parçalanma oranı; uygulanan elektriksel alan şiddeti, işlem sıcaklığı ve süresi, ürünün elektriksel özellikleri ve ürünün partikül büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedir [1]. EP süresi elektriksel alan şiddetine bağlı olmakta ve elektriksel alan şiddeti 50 V/cm'nin üzerine çıktığında meyve dokusunda EP işlemi gerçekleşmektedir [4]. Ayrıca elektriksel alan şiddeti 50-125 V/cm olduğunda üründe EP işlemi kısa zamanda gerçekleşmektedir [5]. Sıvı fazda çözünen iyonlar ve maddeler ürünün elektriksel iletkenliğini belirler. İşlem süresince hücre içi sıvılar hücre dışına çıkmakta ve iletkenlik artmaktadır. Tüm hücreler parçalandığında en yüksek iletkenliğe ulaşılmaktadır ve bu nokta EP işleminin sonu olarak kabul edilmektedir. İşlem süresince ürün sıcaklığında bir artış olmaktadır. Buna bağlı olarak EP işlem süresi kontrolünün, sıcaklığın takip edilerek yapılması da mümkün olmaktadır. Sıcaklığın yükselmesi ile ürün protoplazması ve membran geçirgenliği artmakta, ürün yumuşamakta ve dolayısıyla verim artmaktadır [3].

Ürün partikül büyüklüğü de EP işleminde etkilidir. Bazı elektroplazmolizatörler hariç (iğneli tip), EP işlemi öncesinde ürün parçalanmaktadır ve parçalanma derecesi arttıkça elektriksel işlem süresi kısalmaktadır. Ancak parçacık boyutunun çok küçük olması durumunda preslemede verim azalmaktadır [1].

Elektroplazmoliz işlemi elektroplazmolizatörlerde gerçekleştirilmektedir. Elektroplazmolizatörler, gradyent potansiyele, elektrik akımının frekansına, elektrik faz sayısına, elektrik işleminin devamlılığına, ürünün beslenme durumu, elektrotların hareket edebilirliklerine ve cihazın yapısına göre sınıflandırılmaktadır. Genel olarak, sınıflandırma elektroplazmolizatörlerin yapısına göre olup, kutulu, valsli, iğneli, borulu, helezonlu, bantlı ve paketli elektroplazmolizatörler olarak sınıflandırılmaktadır [1].

EP uygulamasıyla, verim artışı yanında domates pulpunun asit içeriği, pH ve ısı iletkenlik katsayısında artış, pulp viskozitesi, posa nemi, çözünen pektin ve B vitamini miktarında ise azalma meydana gelmekte, elektriksel direnç, pulp yoğunluğu, kuru madde, organik asit, C vitamini ve karbonhidrat içeriklerinde önemli bir değişiklik gözlenmemekte ve ayrıca palperleme işlemi

kolaylaşmaktadır [5]. Ayrıca EP uygulaması mikroorganizma yükünün azaltılması amacıyla da kullanılabilir [3].

Bu çalışmada elektroplazmoliz işleminin domates suyu eldesinde ön işlem olarak uygulanabilirliği, işlem koşullarının bazı kalite özellikleri üzerine etkisi ve en uygun işlem koşulunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Bu çalışmada domates suyu üretiminde kullanılan domatesler, özel bir firmadan temin edilerek buzdolabı koşullarında (+4°C) işleninceye kadar (en fazla iki gün) saklanmıştır. Her üretim periyodunda aynı partiden hammadde kullanılmasına dikkat edilmiştir. Domates suyu üretimleri öncesinde hammaddeden örnek alınarak suda çözünür kuru madde (SÇKM) ve toplam kuru madde (TKM) değeri tespit edilmiştir.

Sistem ve işlem

EP sistemi: Bu çalışmada elektroplazmoliz uygulamaları Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projesi (Nar ve Vişne Suyu Üretiminde Elektroplazmoliz Uygulaması konulu-07 BİL 027 No lu proje) kapsamında Gıda Mühendisliği Bölümü'nde tasarımı ve yapımı gerçekleştirilmiş olan iğneli tip elektroplazmolizatör kullanılarak yapılmıştır [6]. Söz konusu ekipman bütün haldeki meyve ve sebzelerin işlenmesine uygun olarak tasarlanmıştır.

iğneli tip elektroplazmolizatör; üzerinde paslanmaz çelik iğnelerden (2018 adet) oluşan iki adet silindire, sisteme farklı voltajlarda (0-380 Volt) elektrik akımı verebilen bu silindirlere adapte edilmiş bir varyak, silindirlerin dönüş hızının ayarlanmasını sağlayacak kontrol sistemi ve elektrik güvenlik donanımından oluşmaktadır. Beslemenin sabit debide yapılmasını ve örneklerin silindirler arasından geçerken iğnelerle temas halinde olmasını sağlayabilecek besleme ünitesi mevcuttur. Ayrıca farklı boyutlardaki bitkisel materyallerin işlenebilmesi için silindirler arası mesafe ayarlanabilir durumdadır.

Uygulanan işlem: Denemeler silindirler arası mesafe 4.2 cm, iğneler arası mesafe 2.2 cm olarak ön denemelerde belirlenen statik konumda yürütülmüştür.

Domates suyu eldesinde ılımlı elektrik uygulaması koşullarının belirlenmesi için "Merkezi Karma Dönel Tasarım ($\lambda=1$)" yöntemi kullanılmıştır. Temel işlem değişkenleri olarak voltaj gradyanı (10-75 V/cm aralığı) ve süre (1-12 saniye aralığı) belirlenmiştir. Yanıtlar ise verim (VT), renk (RD), viskozite (VS), serum ayrılması (SA), pulp oranı (PO), bulanıklık (B) ve toplam kuru madde (TKM) şeklinde seçilmiştir. 13 farklı koşul içeren deneme deseni ile çalışılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. İşlem koşullarına göre elde edilen kayıp ve verim değişimi

Voltaj gradyanı (V/cm)	EP uygulama süresi (s)	Kayıp (%)	Kayıp kısımların kuru madde değeri (%)	Verim (%)	Verimdeki değişim (%)
10.0	1.0	2.95	22.20	69.56	3.52
10.0	6.5	3.44	6.10	68.33	2.29
10.0	12.0	2.76	15.87	67.99	1.95
42.5	1.0	5.98	10.40	53.04	-13.00
42.5	6.5	5.77	3.78	57.57	-8.47
42.5	6.5	5.13	9.84	58.57	-7.47
42.5	6.5	5.60	9.73	55.72	-10.32
42.5	6.5	4.90	9.27	57.36	-8.68
42.5	6.5	4.10	13.02	58.48	-7.56
42.5	12.0	4.34	17.62	59.68	-6.36
75.0	1.0	3.89	12.27	57.58	-8.46
75.0	6.5	5.36	15.90	62.12	-3.92
75.0	12.0	5.72	12.19	64.00	-2.04

Öncelikle her bir yanıt için uygun model tipi belirlenmiştir. İşlem değişkenleri ile her bir yanıt arasındaki ilişkiyi ifade eden matematiksel modeller çoklu lineer regresyon analizi yapılarak oluşturulmuştur. Bu amaçla modellere her bir değişkenin öncelikli "ikinci dereceden" (quadratic) etki terimleri, daha sonra toplu halde eklenmiş ve kareler toplamındaki artış ve modelin matematiksel forma uygunsuzluğundan kaynaklanan hata (lack of fit) değerleri analiz edilmiştir.

Elde edilen son modellerin deneysel verilerle istatistiksel uyumuna göre tüm modellerin varyasyonun büyük bir kısmını açıkladığı görülmektedir ($R^2 > 0.94$). Aynı zamanda R^2 ile $Adj-R^2$ arasındaki farkın %2'nin altında olması modelin istatistiksel olarak önemsiz terimleri içermediğini gösterirken, $Pre-R^2$ değeri ile $Adj-R^2$ değerleri arasındaki farkın % 20'nin altında olması (belirlenen modelde % 2'nin altında çıkmıştır), $C.V.$ değerinin 10'un altında olması, $Adeq.Precision$ değerinin 4'ten büyük olması ve düşük $PRESS$ değerlerine sahip

Kontrol grubu için;

$$\text{Verim(\%)} = \left[\frac{\text{[domates ağırlığı(g)} - \text{ekstraksiyon sonrası posa(g)}] \cdot 100}{\text{domates ağırlığı (g)}} \right] \quad (1)$$

Elektroplazmoliz grubu için;

$$\text{Verim(\%)} = \left[\frac{\text{[EP sonrası domates ağırlığı(g)} - \text{ekstraksiyon sonrası posa(g)}] \cdot 100}{\text{EP sonrası domates ağırlığı (g)}} \right] \quad (2)$$

Renk tayini

Üretim sonucunda elde edilen domates suyu örneklerinin renk (CIE L^* , a^* , b^*) değerleri HunterLab ColorFlex model Colorimetre (Management Company, USA) kullanarak saptanmıştır. Aydınlik değeri olan L^* ; "0" siyahtan "100" beyaza kadar değişir. " a^* " değeri, " $-a^*$ " ile yeşil, " $+a^*$ " ile kırmızılığı gösterir. " b^* " değeri ise " $-b^*$ " ile mavi, " $+b^*$ " ile sarılığı göstermektedir. Örnekler aynı oranda çalkalanarak homojenize edilmiştir ve sonrasında renk değerleri tespit edilmiştir.

Viskozite

Elde edilen domates suyu örneklerinin viskozite değerleri kapiler viskozimetre kullanılarak saptanmıştır.

olması belirlenmiş olan modelin tahminleme açısından istatistiksel olarak uygun olduğunu göstermektedir.

Bu istatistiksel değerlendirmeler, belirli varsayımlara dayanmaktadır. Buna göre, belirlenen modelin matematiksel yapısının uygun olmasına; değerlerin normal dağılışa uygun olmasına ve rastgele hataların birbirinden bağımsız olmasına dikkate edilmiştir.

Analizler

Verim tayini

EP ve kontrol grubu domates sularının ekstraksiyon verimleri (%) (1) ve (2) formülleri kullanılarak hesaplanmıştır. Verim hesapları domates suyunda ekstraksiyon esnasında meydana gelen kayıplardan kaynaklanan hataları engellemek amacıyla posa üzerinden yapılmıştır.

Saf suyun kapiler viskozimetredeki viskozite değeri referans olarak alınmıştır.

Serum ayrılması

Yüz mililitre hacimdeki mezüre, 100 mL domates suyu örnekleri konularak 24 saat bekletilmiştir. Süre sonunda mezürlerdeki serum ayrılması miktarları hacimsel olarak okunmuştur.

Pulp oranı

Oda sıcaklığındaki örneklerden konik 8 adet santrifüj tüpüne 50 mL çizgisine kadar örnek konulmuştur. 4000 rpm (revolution per minute) devirde 10 dakika süre ile gerçekleştirilen santrifüj (CFC free Universal Hettich

Zentrifugen) sonrası pulp miktarları % olarak hesaplanmıştır [7].

Bulanıklık

Oda sıcaklığındaki domates suyu örneklerinin bulanıklık değerleri Türbidimetre (Usmate, Velp Scientifica TB1, Italy) kullanılarak NTU (Nephelometric Turbidity Unit) cinsinden belirlenmiştir.

pH değeri

Oda sıcaklığındaki domates sularının pH değerleri; pH metre (WTW- pH 537 model, Burladingen, Germany) kullanılarak belirlenmiştir.

Suda çözünür kuru madde tayini

Domates suyunun suda çözünür kuru madde (SÇKM) içerikleri, sıcaklık düzeltmesine sahip refraktometre (RFM 330 Bellingham+Stanley Limited, İngiltere) kullanılarak belirlenmiştir.

Toplam kuru madde tayini

Örneklerin ve posaların 517.17 mmHg vakum basıncında ve 65°C sıcaklıkta vakumlu etüvde (Nüve EV 018, Türkiye) sabit tartıma gelinceye kadar bekletilmesi yoluyla gerçekleştirilmiş ve gravimetrik yöntemle hesaplanmıştır [8].

SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

Elektroplazmoliz işlemindeki her bir deneme için toplam kütle denkliği ve toplam kuru madde denkliği dikkate alınarak kayıp miktarları ve kayıplardaki kuru madde yüzdeleri saptanmıştır (Tablo 1). 13 deneme koşulu için EP uygulanmış örneklerin verim değerleri tespit edilmiştir.

EP uygulaması ile 10 V/cm'de %69.56 ile en yüksek verim elde edilirken; 42.5 V/cm'de %53.04 ile en düşük verim elde edilmiştir. Aynı zamanda, en yüksek kayıp yüzdesi de %5.98 ile bu işlem koşulunda gerçekleşmiştir. Yapılan işlemlerde kayıp yüzdeleri %2.95 ile %5.98 arasında değişmiştir. 10 V/cm voltaj gradyanında süre arttıkça verimde azalma görülürken; 42.5 V/cm ve 75 V/cm voltaj gradyanlarında, süre arttıkça verimde artma görülmüştür. Bununla birlikte; 10 V/cm voltaj gradyanındaki kayıp miktarı, 42.5 V/cm ve 75 V/cm voltaj gradyanlarındaki kayıp miktarına oranla daha düşüktür. Dolayısıyla 10 V/cm voltaj gradyanında daha yüksek verim değerlerine ulaşılmıştır.

EP İşleminin Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri

Domates suyu eldesinde ılımlı elektrik uygulaması koşullarının belirlenmesi için "Merkezi Karma Dönel Tasarım ($\lambda=1$)" yöntemi kullanılmıştır. Temel işlem değişkenleri olarak voltaj gradyanı (10-75 V/cm aralığı) ve süre (1-12 saniye aralığı) belirlenmiştir. Yanıtlar ise verim (VT), renk (RD), viskozite (VS), serum ayrılması (SA), pulp oranı (PO), bulanıklık (B) ve toplam kuru madde (TKM) şeklinde seçilmiştir. İşlem değişkenlerinin her bir yanıt üzerindeki etkisi ve optimizasyon için seçilecek en uygun model varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir.

Elektroplazmoliz sistemindeki deneme planı ve deneysel yanıtlar Tablo 2'de gösterilmektedir. Modellerin uyumu açısından anlamlı yanıtların verim ve viskozite olduğu bulunmuştur. Voltaj gradyanı ve sürenin renk, pulp oranı, serum ayrılması, bulanıklık ve toplam kuru madde üzerine istatistiksel olarak etkili değişkenler olmadığı tespit edildiği için, optimizasyon aşamasında yanıt olarak alınmaması tercih edilmiştir.

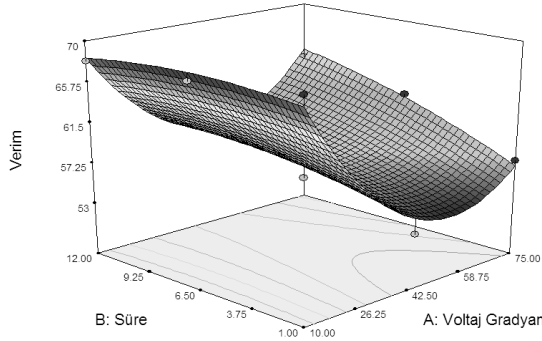
Tablo 2. Elektroplazmoliz sistemindeki deneme planı ve deneysel yanıtlar*

Deney No	Voltaj gradyanı (V/cm)	Süre (s)	VT (%)	RD (a/b)	VS	SA (%)	PO (%)	B (NTU)	TKM (%)
1	10.0	1.0	69.56	1.649	13.32	50	28.5	565	6.30
2	10.0	6.5	68.33	2.404	13.43	48	24.0	407	7.01
3	10.0	12.0	67.99	1.732	13.18	36	24.0	562	6.49
4	42.5	1.0	53.04	1.875	21.47	22	24.5	622	5.26
5	42.5	6.5	57.57	2.013	25.33	36	24.5	579	6.10
6	42.5	6.5	58.57	1.832	22.31	34	28.5	447	5.80
7	42.5	6.5	55.72	2.030	24.18	18	26.0	583	5.52
8	42.5	6.5	57.36	2.015	23.45	26	27.5	613	5.77
9	42.5	6.5	58.48	2.045	20.74	22	28.0	656	5.90
10	42.5	12.0	59.68	2.005	21.45	18	30.0	562	5.50
11	75.0	1.0	57.58	1.999	18.58	26	27.5	604	5.71
12	75.0	6.5	62.12	2.011	24.31	24	30.5	736	5.36
13	75.0	12.0	64.00	1.857	29.25	10	29.0	564	5.53

*VT : verim (%), RD: renk oranı (a/b), VS: viskozite, SA: serum ayrılması (%), PO: pulp oranı (%), B: bulanıklık (NTU), TKM: toplam kuru madde (%)

Elde edilen modellerle işlem değişkenlerinin yanıtlar üzerine etkisinin görsel olarak da belirlenebilmesi için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri çizilmiştir. EP

uygulanmasında voltaj gradyanı ve sürenin verim üzerine etkisi Şekil 1'de viskozite üzerine etkisi ise Şekil 2'de gösterilmiştir.



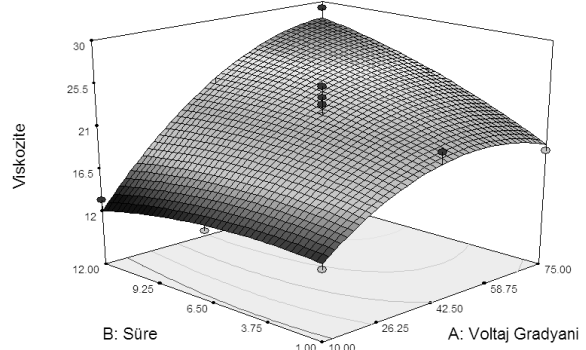
Şekil 1. EP uygulamasında voltaj gradyanı ve sürenin verim üzerine etkisi

Voltaj gradyanı ile uygulama sürenin incelenen yanıtlar üzerine etkisi belirlenmiştir. Düşük voltaj gradyanı ve uzun sürede domates suyunun verim değerinin maksimum olduğu ve temel olarak etkili değişkenin voltaj gradyanı olduğu görülmüştür.

Aynı EP uygulama süresinde voltaj gradyanındaki değişime bağlı olarak verim incelenmiştir. Buna göre 1 saniyelik EP uygulaması ile 10 V/cm'de %69.56 ile en yüksek verim elde edilirken; 42.5 V/cm'de %53.04 ile en düşük verim elde edilmiştir. En istenilir verim değerine 10 V/cm voltaj gradyanı ve 1 saniye sürede ulaşılmıştır. Model uyumluluğu aşağıda belirtildiği gibi ikinci dereceden polinomial denklem (3) olarak bulunmuştur.

$$VT=75.69606-0.83347*V+0.22735*t+0.011175*V*t+0.00761281*V^2-0.027239*t^2 \quad (3)$$

EP uygulamasının verim üzerine etkilerinin konusunda literatürde çalışmalar da bulunmaktadır. Okilov (1995) EP uygulaması ve klasik yöntemlerle üretilen Golden Delicious elmalarının meyve suyuna işlenmesiyle pres veriminde %4.39-6.95 verim artışı sağlandığını belirtmişlerdir [9]. Aynı çalışmanın Starking elma çeşidiyle yürütülmesi sonucunda da benzer sonuçlar elde edilmiştir [10]. Turunçgil sularında EP uygulamasıyla verim artışı üzerine yapılan çalışmada valsli elektroplazmolizator kullanımı ile turunçgil suları üretiminde %10'luk verim artışı sağlandığı belirtilmektedir [11]. Havuç suyu üretiminde EP uygulaması konusunda yapılan bir çalışmada, optimum işlem koşulunun 40 Volt-60 s olduğu tespit edilmiştir. EP uygulamasında verimin %55.01 olduğu hesaplanmıştır. EP uygulanmamış (kontrol) örneklerin verimleri ise %49.57 olarak belirlenmiştir [12]. Elektroplazmoliz uygulamasına ait optimizasyon çalışmasında "Valencia" çeşidi portakalların kullanıldığı bir çalışmada, uygulanan EP işlemi (27 volt/cm ve 10 s işlem süresi) sonucunda ekstraksiyon sonrası verimleri EP grubunda ortalama %51.13; kontrol grubunda ise %47.02 olarak belirlenmiştir. Elektroplazmoliz uygulamasının portakal sularında ortalama %8.74 verim artışı sağladığı bulgulanmıştır [13]. Nar üzerine yapılan bir çalışmada



Şekil 2. EP uygulamasında voltaj gradyanı ve sürenin viskozite üzerine etkisi

ise elektroplazmoliz uygulaması 10, 30, 60 V/cm voltaj gradyanlarında 15 s süre ile gerçekleştirilmiş ve verimler sırasıyla %59.76±0.13; %62.47±2.01; %62.62±1.87 olarak bulunmuştur. Kontrol örneğinde ise verim %58.53±0.37 olarak saptanmıştır.

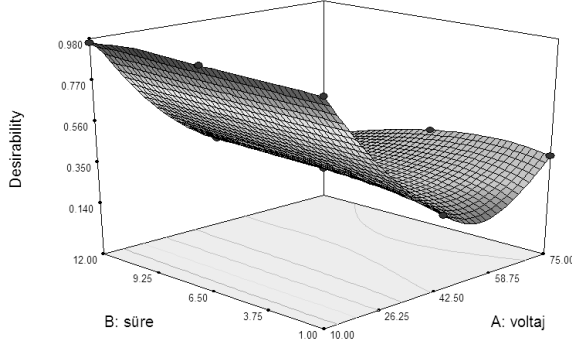
EP uygulamasının domates suyunun kıvam özelliği üzerine etkisi incelendiğinde, düşük voltaj gradyanı ve uzun süre uygulamasının viskozite değerinde düşüşe neden olduğu saptanmıştır. 10 V/cm'de 12 s EP uygulaması ile 13.18 s ile minimum viskozite değeri elde edilirken; 75 V/cm'de 29.25 s ile maksimum viskozite değeri elde edilmiştir. En istenilir viskozite değerine 10 V/cm voltaj gradyanı ve 12 saniye sürede ulaşılmıştır. Model uyumluluğu 4 nolu denklemde görüldüğü gibi ikinci dereceden polinomial denklem olarak bulunmuştur.

$$VS=10.42547+0.35885*V+0.12321*t+0.015112*V*t-0.00343407*V^2-0.034372*t^2 \quad (4)$$

Optimum İşlem Koşulunun Belirlenmesi

Yapılan istatistiksel testler sonucunda her bir yanıt için belirlenen modeller "istenilirlik (desirability) fonksiyonu" metodu kullanılarak belirlenmiştir. İncelenen yanıtlar için kriterler şu şekilde seçilmiştir: maksimum verim, minimum viskozite. İncelenen yanıtlar arasında yer alan renk, pulp oranı, bulanıklık, serum ayrılması ve toplam kuru madde değerlerinin voltaj gradyanı ve uygulama süresi ile değişimi için istatistiksel olarak anlamlı modeller elde edilemediği için optimizasyon aşamasında dikkate alınmamıştır.

İstenilirlik sonuçlarına göre, domates suyunun elektroplazmoliz uygulamasının optimum işlem koşulları; 10 V/cm voltaj gradyanında, 9.5 s sürede olduğu bulunmuştur. Şekil 3'te görüldüğü gibi 10 V/cm voltaj gradyanında ve 9.5 s sürede istenilirliğin 0.979 düzeyinde maksimum elde edilebildiği saptanmıştır. Bu istenilirlik değerinde optimizasyon öngörülerini verim için %68.89 ve viskozite için 13.18 s olarak belirlenmiştir.



Şekil 3. Optimum işlem koşullarında istenilirlilik

Doğrulama Analizleri

Optimum işlem koşulları olan 10 V/cm voltaj gradyanında ve 9.5 s sürede doğrulama analizleri gerçekleştirilmiştir. Elektroliz uygulaması sonucunda doğrulama analizinde domates suyu üretiminde sağlanan %2.55 verim artışının optimizasyon aşamasında elde edilen %2.85 verim artışına yakın olduğu saptanmıştır. Aynı şekilde viskozite değerinin de 13.32 s olduğu ve öngörülen 13.18 s değerine yakın olduğu saptanmıştır.

Sonuç olarak verimin maksimum ve viskozitenin de minimum olarak kriter seçildiği en uygun işlem koşulunun 10 V/cm voltaj gradyanı ve 9.5 s uygulama süresi olduğu teyit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre, elektroliz uygulamasının domates suyu üretiminde özellikle verim artışı ve kıvam azalışı açısından etkili bir ön işlem olabileceği ortaya koyulmuştur. 1 ton domates suyu üretiminde, EP uygulamasıyla normal üretime göre 28.5 kg daha fazla domates suyu elde edilebileceği ve bu verim artışının dikkate değer olduğu düşünülmektedir. Ancak pilot ölçekli üretim yapılarak gerçekleştirilen bu deneme sonuçlarının sanayiye aktarılabilmesi için işletme ölçeğinde tekrarlanması gerekmektedir. Bunun yanı sıra; sonraki çalışmalarda EP uygulamasıyla elde edilen verim artışının, EP uygulaması sırasında harcanan elektrik enerjisi masraflarını karşılayıp karşılamadığının araştırılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Pazır, F., Okilov, Ş., 1996, Gıda sanayinde kullanılan elektroliz katotları, *Gıda* 21(6):485-491.

- [2] Wang, W., Sastry, S.K., 2002, Effects of moderate electrothermal treatments on juice yield from cellular tissue, *Innovative Food Science And Emerging Technologies* 3: 371-377.
- [3] Lazerenko, B.R., Fursov, S.P., Seglov, Yu. A., Bordyan, V.V., Çebanu, V.G., 1977, Elektroliz, 51: 79. (Okilov, 1995'den).
- [4] Schheglov, Yu. A., Zelonskaya, M. N., Resetko, E. V., Bogdan, K.N., 1967, Elektronaya Obrabotka Materialov, No. 2 (Yıldız, 2004'den).
- [5] Bologa, M. K., Çebanu, V. G., Berzoi, S. E., Botoman, N. I., 1988, Elektronaya Obrabotka Materialov, No. 2 (Heççimen, 1996'dan).
- [6] Baysal, T., İçier, F., Yıldız, H., Demirdöven, A., 2007. Nar ve Vişne Suyu Üretiminde Elektroliz Uygulamasının Verim ve Kalite Özellikleri İle Durultma Koşulları Üzerine Etkileri. Ege Üniversitesi, Bilimsel Araştırmalar Projesi (Proje No: 07 BİL 027).
- [7] Anonim, 2000, FMC Food Tech. Laboratory Manual. Procedures for Analysis of Citrus Products. Manual No. 054R11990. 100, Lakeland, FL, U.S.A. (Cemeroğlu, 2007'den).
- [8] Anonim, 1972, Meyve ve Sebze Mamulleri Toplam Katı Madde Tayini, TS 1129, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [9] Okilov, S., 1995, Klasik ve Elektroliz Yöntemleri ile Elde Edilen Golden Delicious Elmaların Pres Suyuna İşlenmesi Sırasında Kimi Özelliklerine Etki Eden Faktörlerin Araştırılması, Y.L. Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- [10] Saidov, O., 1995, Klasik ve Elektroliz Yöntemleri ile Elde Edilen Starking Elmaların Pres Suyuna İşlenmesi Sırasında Kimi Özelliklerine Etki Eden Faktörlerin Araştırılması, Y. L. Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- [11] Flaumenbaum, B.L.I., Al-Saadi, C., 1966, Elektroliz Pripolucemi Tsitrusovih Sokov. Konsevnaya İ Ovosesulnaya Promıslennot, No.7
- [12] Rayman, A., 2010, Havuç Suyu Üretiminde Elektroliz Ve Mikrodalga Uygulamalarının Verim Ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 205s.
- [13] Demirdöven, A., 2009. Portakal Suyu Üretiminde Bazı Elektriksel Yöntemlerin Verim Ve Kalite Üzerine Etkileri. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 233 S.