

## **Elma Suyu Ultrafiltrasyonunun Üssel Model ile İncelenmesi**

Özge Çetinkaya\*, Vural Gökmen

Hacettepe Üniv., Mühendislik Fakültesi, Gıda Müh. Bölümü Beytepe, Ankara

\* ozgec@hacettepe.edu.tr

### **Özet**

Berrak elma suyu üretiminde ultrafiltrasyon yöntemi uzun yıllardır kullanılmaktadır. Membran proseslerde karşılaşılan en büyük problem, permeat akısında (J) zamanla (t) meydana gelen düşmedir (membran kirlenmesi) ve konu üzerine yapılmış model çalışmalar sınırlıdır. Bu çalışmada, De La Garza ve Boulton'un üssel modelinin elma suyu ultrafiltrasyonuna uygulanabilirliği incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar; üssel modelin, elma suyu ultrafiltrasyonuna ait permeat hacmi-zaman verilerinin analizinde başarı ile kullanılabilceğini ve bu verilerden başlangıç akısı ( $J_0$ ) değerlerine ulaşılabilceğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Elma suyu, membran kirlenmesi, üssel model

### **Giriş**

Berrak elma suyu üretiminde ultrafiltrasyon yöntemi uzun yıllardır kullanılmaktadır. Membran proseslerde karşılaşılan en büyük problem ise, membran kirlenmesi olarak adlandırılan, permeat akısının (J) zamanla (t) düşmesi olayıdır. Akıda meydana gelen bu düşmenin sebebi, besleme bileşenlerinin membran yüzeyinde ve membran porlarında birikmesidir (1).

Membran proses esnasındaki akı davranışını açıklamak üzere bazı yarı ampirik ve ampirik modeller öne sürülmüştür (2). Bu modellerde tipik akı (J)-zaman (t) değişimi eğrisi iki ya da üç bölgeye ayrılarak incelenmektedir. Ancak, bölgeleri birbirinden ayıran sınırların rastgele seçilmesi ve üzerinde çalışılan sisteme özgü olması, öne sürülen bu modellerin sadece incelenen sistem için geçerli olmasına sebep olmaktadır.

Bu çalışmada, elma suyu ultrafiltrasyonunda zamanla meydana gelen akı değişimi De La Garza ve Boulton (3)'un üssel modeli kullanılarak incelenmiş ve modelin, besleme bileşimi ve uygulanan basınç gibi çeşitli ultrafiltrasyon koşulları için sisteme ait verilerin analizinde kullanılabilirliği araştırılmıştır.

### **Materyal ve Yöntem**

Elma Suyunun Hazırlanması: Çalışmada depektinize elma suyu kullanılmıştır. Depektinize elma suyuna ultrafiltrasyon işlemi öncesinde farklı konsantrasyonlarda jelatin-bentonit (G-B) ilave edilmiştir. Elma sularının,

Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs 2006, Bolu

klasik yöntemle durultma ve berraklaştırılması işlemi için gerekli olan G-B konsantrasyonları sırasıyla 300 mg/l ve 1500 mg/l olarak belirlenmiş ve bu oran 1:1 G-B oranı olarak kabul edilerek ham elma suyuna 1:1 ve gittikçe azalan oranlarda (1:2, 1:5, 1:10 ve 0) G-B ilave edilmiştir.

Ultrafiltrasyon Sistemi: Elma suyu ultrafiltrasyon sistemi, Amicon 8200 model ultrafiltrasyon hücresi, manyetik karıştırıcı, basınçlı azot tüpü ve permeatın toplandığı bir dereceli silindirden oluşmaktadır. Çalışmada 10 kDa ayırma sınırına sahip membranlar (Millipore Corp.Bedford,USA) kullanılmıştır. Ultrafiltrasyon denemeleri oda sıcaklığında 1, 2, 3 ve 4 bar basınçlar ( $\Delta P$ ) altında gerçekleştirilmiştir. Her bir parametre için ultrafiltrasyon işlemi iki defa tekrarlanmıştır.

Hacim-Zaman Verilerinin Analizi: Genel filtrasyon eşitliği;

$$J = \frac{1}{A} \frac{dV}{dt} = \frac{\Delta P}{\mu R_{tot}} \quad (1)$$

Burada J:permeat akısı ( $m^3/m^2.s$ ), A:filtrasyon alanı ( $m^2$ ), V:permeat hacmi ( $m^3$ ), t: zaman (s),  $\Delta P$ : basınç farkı (Pa),  $\mu$ : viskozite (Pa.s);  $R_{tot}$ : toplam direnç ( $m^{-1}$ ) tir.

De La Garza ve Boulton (3)'un üssel modeline göre ;

$$R_{tot} = R_m \exp(kV/A) \quad (2)$$

Burada  $R_m$ : membran direnci ( $m^{-1}$ ), ve k: üssel kirlenme sabiti ( $m^{-1}$ ) dir.

Denklik (1) ve (2) birleştirilirse;

$$J = \frac{1}{A} \frac{dV}{dt} = \frac{\Delta P}{\mu R_m \exp(kV/A)} \quad (3)$$

elde edilir. Ultrafiltrasyonun başında permeat akışına direnç gösteren tek unsur  $R_m$  olduğundan, başlangıç akısı ( $J_0$ ) şu şekilde ifade edilebilir;

$$J_0 = \frac{\Delta P}{\mu R_m} \quad (4)$$

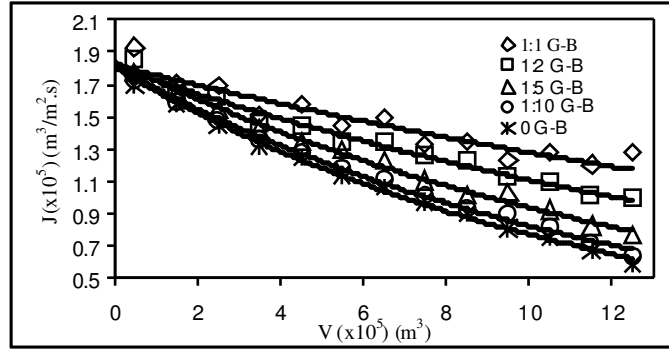
Denklik (4), Denklik (3)'de yerine konulduğunda J'nın  $J_0$  cinsinden ifadesine ulaşılır;

$$J = J_0 [\exp(-kV/A)] \quad (5)$$

Elma suyu ultrafiltrasyonunda elde edilen V-J verileri Curve Expert programı kullanılarak analiz edilmiş ve üssel modelin elma suyu ultrafiltrasyonuna uygulanabilirliği araştırılmıştır.

### Bulgular ve Tartışma

Şekil 1'de farklı G-B konsantrasyonları ilave edilerek ön işlemlere tabi tutulan elma sularının ultrafiltrasyonuna ait V-J grafikleri verilmiştir. Elde edilen veriler Curve Expert programı ile Denklik (5)'e göre analiz edilmiş ve Çizelge 1'de verilen  $J_0$  değerlerine ulaşılmıştır. Yüksek korelasyon katsayıları, elma suyunun ultrafiltrasyon verilerinin üssel modele uygunluk gösterdiğini ortaya koymaktadır.  $J_0$  değeri,  $\Delta P$  ve  $R_m$ 'e bağlıdır.  $R_m$  ise,  $\Delta P$  ve membran özelliklerine bağlı olmakla birlikte besleme özelliklerinden bağımsızdır. Buna göre,  $\Delta P$  ve kullanılan membran aynı olduğu sürece, aynı  $J_0$  değerlerinin elde edilmesi gerekir. Çizelge 1'den de görülebileceği gibi, elma suyuna uygulanan ön işlemlerden bağımsız olarak, her proseste aynı  $J_0$  değerlerine ulaşılmıştır.



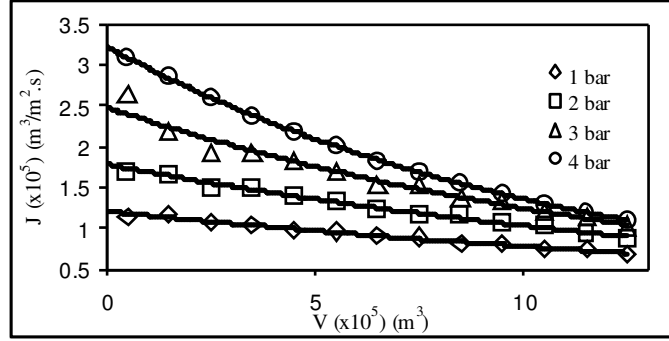
Şekil 1. Farklı G-B konsantrasyonları için V-J grafikleri ( $\Delta P=2$  bar, 10 kDa membran)

Çizelge 1. Farklı G-B konsantrasyonları için  $J_0$  değerleri ( $\Delta P=2$  bar, 10 kDa membran)

G-B	$J_0$ ( $m^3/m^2.s$ )	r
1:1	$1.841 \times 10^{-5}$	0.95
1:2	$1.821 \times 10^{-5}$	0.99
1:5	$1.830 \times 10^{-5}$	0.99
1:10	$1.794 \times 10^{-5}$	0.99
0	$1.782 \times 10^{-5}$	0.99

1:5 G-B ile ön işleme tabi tutulmuş elma suyu 1, 2, 3 ve 4 bar  $\Delta P$  altında

ultrafiltrasyona tabi tutulmuş ve elde edilen veriler analiz edilmiştir. Şekil 2'de elma suyunun farklı  $\Delta P$  altında ultrafiltrasyonuna ait V-J grafikleri, Çizelge 2'de ise  $J_0$  değerleri verilmektedir. Yüksek korelasyon katsayıları, üssel modelin farklı işlem koşulları için ultrafiltrasyon verilerini açıkladığını göstermektedir.



Şekil 2. Farklı  $\Delta P$  için V-J grafikleri (1:5 G-B, 10 kDa membran)

Çizelge 2. Farklı  $\Delta P$  için  $J_0$  değerleri (1:5 G-B, 10 kDa membran)

$\Delta P$ (bar)	$J_0$ ( $m^3/m^2.s$ )	r
1	$1.204 \times 10^{-5}$	0.99
2	$1.776 \times 10^{-5}$	0.99
3	$2.512 \times 10^{-5}$	0.99
4	$3.224 \times 10^{-5}$	0.99

## Sonuç

Tipik akı-zaman değişimini iki ya da üç bölgeye ayırarak inceleyen, bölgeleri birbirinden ayıran sınırların rastgele seçildiği karmaşık modeller yerine, De La Garza ve Boulton (3)'ün üssel modeli elma suyu ultrafiltrasyon verilerinin analizinde başarıyla kullanılabilir.

## Kaynaklar

1. Çetinkaya Ö. 2005. Jelatin-Bentonit ile Ön Floklaştırmanın Elme Suyunun Ultrafiltrasyon Performansı Üzerine Etkileri. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 16 s, Ankara
2. Song L. 1998. Flux decline in crossflow microfiltration and ultrafiltration: mechanisms and modeling of membrane fouling. J.Membrane Sci. 139: 183-200.
3. De La Garza F. and Boulton R. 1984. The modeling of wine filtrations. Am. J. Enol. Vitic. 35: 189-195.