Journal of Engineering and Natural Sciences
Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Sigma 31, 447-455, 2013

Research Article / Araştırma Makalesi

SOLID-LIQUID EXTRACTION OF JOJOBA OIL OBTAINED BY THE PROCESS AND THE PROCESS VARIABLES OIL EFFECTS ON YIELD

Zehra Gülten ALTIN*, Seyfullah KEYF, Burcu Didem ÇORBACIOĞLU, Berceste BEYRİBEY

Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Esenler-İSTANBUL

Received/Geliş: 21.09.2012 Revised/Düzeltme: 15.02.2013 Accepted/Kabul: 07.03.2013

ABSTRACT

In this study, hexane was used as solvent to extract Jojoba oil in a batch leaching process. The effects of temperature, mixing speed, particle size and solvent-to-seed ratio on Jojoba oil extraction were investigated. The best yield of oil was obtained when the parameters investigated were at the boiling point temperature of the solvent, a particle size of 0,48 mm, a mixing speed of 1000 rpm, and a solvent-to-seed ratio of 15 ml/g. The maximum amount exracted was 55 wt-% under the above-mentioned operating conditions. The amount extracted at a higher particle size (1,5 mm) was around 44 wt-%. An empirical model was obtained based on the experimental data, in order to predict the extraction yield under the operating conditions. The derived model is in good agreement with the experimental data, with a maximum deviation of 8%.
Keywords: Jojoba, jojoba oil, solid-liquid extraction, solid-liquid extraction parameters.

KATI-SIVI EKSTRAKSİYON İŞLEMİ İLE JOJOBA YAĞININ ELDESİ VE İŞLEM DEĞİŞKENLERİNİN YAĞ VERİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

ÖZET

Bu çalışmada, kesikli katı-sıvı ekstraksiyon işleminde jojoba yağının eldesi için hekzan solvent olarak kullanılmıştır. Sıcaklık, karıştırma hızı, tanecik boyutu ve solvent – tohum oranının jojoba yağının eldesindeki etkileri incelenmiştir. İncelenen parametrelerden solventin kaynama noktası sıcaklığı, 0,48 mm'lik tanecik boyutu, 1000 dev/dak karıştırma hızı ve 15 ml/g solvent - tohum oranında en iyi yağ eldesi sağlanmıştır. Yukarıda sözü edilen işlem koşulları altında elde edilen maksimum miktar %55'tir. Daha yüksek tanecik boyutunda (1,5 mm) ise ekstrakte edilen miktar yaklaşık %44 civarında gerçekleşmiştir. İşlem koşulları altındaki ekstraksiyon veriminin saptanması için, deneysel verilere dayanan bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen bu modelin %8 maksimum sapma gösterdiği ve deneysel verilerle oldukça uyumlu olduğu görülmüştür.
Anahtar Sözcükler: Jojoba, Jojoba yağı, katı-sıvı ekstraksiyon, katı-sıvı ekstraksiyon parametreleri.

1. GİRİŞ

Yağlı tohumlar içerisinde, jojoba tohumları yaklaşık %50 yağ içerdiklerinden göreceli olarak en fazla ilgiyi çekmektedir (1). Jojoba yağı bilinen yağlı tohumların aksine farklı özellikler de göstermektedir. Gliserinin yokluğu jojoba yağına sıvı vaks formu kazandırmaktadır.

*Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: gulten@yildiz.edu.tr, tel: (212) 383 47 72

Jojoba yağı, bitkisel yağların eldesinde yaygın olarak kullanılan sıkıştırma ve çeşitli solventlerin kullanıldığı kesikli katı-sıvı ekstraksiyon yöntemleriyle tohumlarından çıkarılabilir. Sıkıştırma, sıkıştırma + katı-sıvı ekstraksiyon yöntemleri, jojoba tohumlarından yağın eldesinde kullanılan yöntemlerdir. Sıkıştırma yönteminde işlemi etkileyen çeşitli faktörler söz konusudur (2,3). Sıkıştırma işleminde motor akım şiddeti, tohumun nem içeriği, tanecik boyutu dağılımı ve en önemli özelliğin nem içeriği olduğu bilinmektedir. Büyük hacimli işlemlerde %2-3 nem içeriği tavsiye edilmektedir. Tek kademeli sıkıştırmada, tohumun başlangıç ağırlığına bağlı olarak %31 yağ elde edilmekte ve yaklaşık %13,7-18,4 ilave yağ eldesi için ikinci kademe sıkıştırma önerilmektedir. Sıcaklık ve nem içeriğinin etkisi daha önceki çalışmalarda incelenmiştir (3). 80-88ºC işlem sıcaklığı ve %3-4 nem içeriği en iyi koşullar olarak bulunmuştur. İkinci sıkıştırma ile yağın %42'si yağlı tohumdan uzaklaştırılabilmiş, %9-10'luk kısmı hala öğütülmüş tohumda kalmıştır. Tek kademeli bir sıkıştırma işleminde yağın %40'ı iki kademeli sıkıştırma işleminde ise % 47'sine ulaşmak için %4 nem içeriğinin gerekli olduğu görülmüştür (4). Sıkıştırma işlemini, solvent ekstraksiyonu verileriyle karşılaştırmak için bir kontrol numunesi olarak kullanılmış ve %31 yağ eldesi sağlanmıştır (5).

En etkili sıkıştırma işleminden sonra dahi, jojoba tohumu tanecikleri fark edilir miktarda absorbe yağı tutmaktadır. Bu miktar iki kademeli sıkıştırma işleminden sonra bile genellikle %3-8'dir. Bu yağın daha fazla bir kısmını geri kazanmak için katı-sıvı ekstraksiyon işlemi yaygın bir şekilde kullanılır. Solvent ekstraksiyonu üzerine yapılan çalışmalarda farklı solventlerin ve farklı parametrelerin etkileri üzerine çalışmalar yapılmış ve farklı, farklı 6 solvent kullanmıştır (5-6). Karbon tetraklorür, benzen, İzopropil alkol, heptan, hekzan ve tetrakloroetilen. İşlem, bir soxhlet ekstraktörde, tohumların kırılması ve parçalanmasından sonra gerçekleştirilmiştir. Toplam 20-24 solvent geçişi kullanılmıştır. Ekstraksiyon işlemi kullanılan solventin kaynama noktasında gerçekleştirilmiş, solventden yağın ayrılması ise vakum altında sağlanmıştır. En yüksek potansiyele sahip 3 solvent hekzan, IPA ve heptan için sonuçlar verilmiştir. Kullanılan soxhlet ekstraksiyon cihazında, solvent-tohum oranı 5,1 ve 20-24 solvent geçişi sağlanmıştır. Solventler, vaksları çözme yeteneği, kaynama noktası aralıkları ve polaritelerine göre belirlenmiştir. Kullanılan solventler arasında en yüksek yağ verimi (%48,8) hekzan ve heptan ile sağlanmıştır. Diğer yağlı tohumlar için önceleri kullanılan filtrasyon – ekstraksiyon yöntemini kullanarak etkin bir yağ verimi elde etmek için ön-işlem ve ekstraksiyon için gerekli koşulları incelenmiştir (7). Tohumlar önce 0,004-0,01 in farklı kalınlıklara öğütülmüş, karıştırıcı-tipli bir pişiricide pişirilmiş, 20 dak süreyle buharlaştırmalı soğutmayla gevrekleştirilmiş ve pişmiş malzeme solventle bulamaç haline getirilmiştir. Daha sonra filtrasyon-ekstraksiyon karekteristikleri incelenmiştir: Tanecik boyutu, pişirme ve pişmiş taneciklerin tekrar ezilmesi sırasındaki taneciklerin nem içeriği (%5-20 aralığında değiştirilmiştir), teknik kalite hekzan ve heptan solventlerinin kullanılması, ekstraksiyon sıcaklığı, kütle hızı ve ekstraksiyon verimliliğini sağlamıştır.. Heptanla yapılan testlerden, ekstraksiyon sıcaklığı 26,7 ºC'den 60 ºC'ye artırıldığında ve nem içeriği %10'a kadar yükseltildiğinde ekstraksiyon verimliliğinin yaklaşık %3 arttığı görülmüştür. Ekstraksiyonun 60 ºC ve %20 nem içeriğinde gerçekleştirilmesinin ekstraksiyon verimliliğini %1'den az artırdığı görülmüştür. Elde edilen verilerde %10'un üzerinde artan nem içeriğinin herhangi bir artma sağlamadığı görülmektedir. 26,7 ºC ekstraksiyon sıcaklığında %10, %15 ve %20'e yükseltilen nem içeriğinin sırasıyla %2,6, %2,9 ve %3,1 verimlilik artışı gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca filtre yüzey alanı başına saatte filtre edilen madde miktarı olarak tanımlanan kütle hızının ticari uygulamalar için 2000'den fazla olması gerektiği belirtilmektedir. 60ºC ekstraksiyon sıcaklığı için, nem içeriği %10'a artırıldığında kütle hızı 1617'ye düşmekte, 26,7ºC'de nem içeriği %20'ye artırıldığında kütle hızı 2000'in altına düşmektedir. Tanecikler başlangıçta 0,004 in kalınlığa parçalandığında, tekrar bir kırmanın gerekli olmadığı görülmüştür. Sonuçlara göre, her iki solventle elde edilen ekstraksiyon verimliliği ve kütle hızında önemli farklılık olmadığı, jojoba taneciklerinin büyük ölçekli ekstraksiyonu için hekzan ve heptanın her ikisinin de uygun olduğu saptanmıştır. Hekzanın daha kolay bulunması, daha ucuz ve üründen daha hızlı ve kolay

ayrılmasını sağlayan düşük kaynama noktasına sahip olması nedeniyle heptana oranla hekzanın kullanılmasının daha uygun olacağı saptanmıştır.

Pişirilmemiş jojoba taneciklerinin filtrasyon - ekstraksiyon karakteristiklerini belirlemek amacıyla üç farklı deney gerçekleştirildi. Kütle hızı 200'den 1600'e, ekstraksiyon verimliliği 96,5'tan 97,8'e değişmekle beraber büyük ölçekli işlemlerde pişirme kademesinin atlanması fikri gündeme gelmiştir. Yağ ve detoksifiye protein unu elde etmek için jojoba tohumlarına yaş işlem teknolojisi uygulaması yapılmıştır. Yağ verimi, referans toplam tohuma oranla ağırlıkça %20'den daha az gerçekleşmiştir (8). Yapılan diğer çalışmalar incelendiğinde kuru işlem teknolojisinin en uygun olduğu saptanmıştır (9).

Sıkıştırma ve ekstraksiyon işlemleri kullanılarak jojoba yağının eldesi, işlem parametrelerinin etkilerinin belirlenmesi ve jojoba yağının fiziko-kimyasal özelliklerinin saptanması için çalışmalar yapılmıştır (10,11), Bu çalışmada, jojoba tohumlarından kesikli ekstraksiyon işlemi kullanılarak yağ ekstraksiyonunun daha ayrıntılı incelenmesi amaçlanmıştır. Sıcaklık, karıştırma hızı, tanecik boyutu, solvent-tohum oranı ve ekstraksiyon süresi gibi ekstraksiyon prosesi üzerindeki farklı işlem parametrelerinin etkileri incelenmiştir (12).

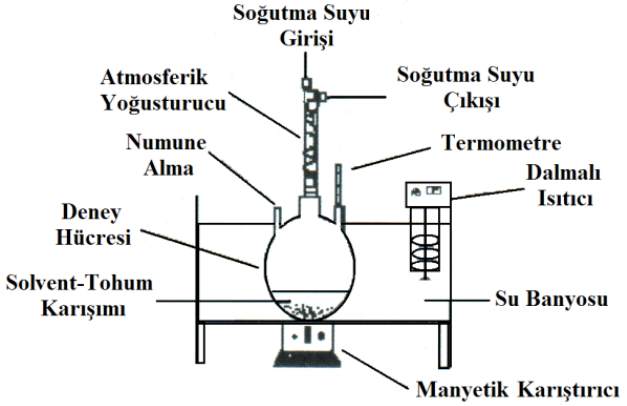
2. MALZEMELER VE YÖNTEMLER

2.1. Jojoba Tohumlarının Hazırlanması

Ürdün jojoba tohumları, Ürdün Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Zirai Araştırmalar enstitüsünden elde edilmiştir. Bu tohumlar, üniversite arazisinde yetiştirilmiştir. Tohumlar parçalanmış ve 0,48 'den 2,0 mm 'ye değişen boyutlara elekten geçirilmiştir.

2.2. Deney Düzeneği ve İşlem

Deney düzeneği (Şekil 1), bir tohum solvent karıştırıcısı, su banyosu, dalmalı ısıtıcı ve bir manyetik karıştırıcıdan ibaret bir hücreden oluşmaktadır. Su banyosu, dalmalı ısıtıcı kullanılarak gerekli sıcaklığa ısıtılmıştır. Deneysel çalışmayı gerçekleştirmek için, 20 g. belirli tanecik boyutlu jojoba tohumu her bir deneyde verilen solvent miktarı ile deney hücresine yerleştirilmiştir. Manyetik karıştırıcı belirli bir hızda (dev/dak) çalıştırılmıştır. Çözeltiden numuneler her 30 dak. da bir alınmış ve analiz edilmiştir. Her bir numune için, jojoba yağı basit destilasyon ve izleyen rotavapor yardımlı vakum destilasyonuyla solventten ayrılmıştır. Yağ tartılmış ve elde edilen yağ miktarı hesaplanmıştır. İşlem değişkenleri, diğer işlem değişkenleri sabit tutularak belirli zamanlarda değiştirilmiştir.



Şekil 1. Deney düzeneğinin şematik gösterimi

2.2.1. Sıcaklık

Diğer değişkenler sabit tutularak sıcaklık 35ºC'den her bir solventin kaynama noktası sıcaklığına kadar değiştirilerek jojoba yağ verimi incelenmiştir. Hekzanın kaynama noktası 65ºC'dir. Sıcaklık her bir test için 10ºC'lik bir artışla yükseltilmiştir. Maksimum yağ veriminin elde edildiği sıcaklık sabit tutularak, maksimum verimi veren en iyi değerin elde edilmesi için diğer değişkenlerin etkisi incelenmiştir.

2.2.2. Karıştırma Hızı

Maksimum verimi veren sıcaklıkta çalışarak ve diğer değişkenler sabit tutularak, en iyi karıştırma hızını bulmak için karıştırma hızı sırasıyla 200, 600, 1000 dev/dak olmak üzere üç değere yükseltilmiştir.

2.2.3. Tanecik Boyutu

En iyi sıcaklık ve karıştırma hızında, üç tane jojoba tohumu tanecik boyutu (0,48, 0,855 ve 1,5 mm), maksimum yağ verimini veren en iyi tohum boyutunu belirlemek üzere incelenmiştir.

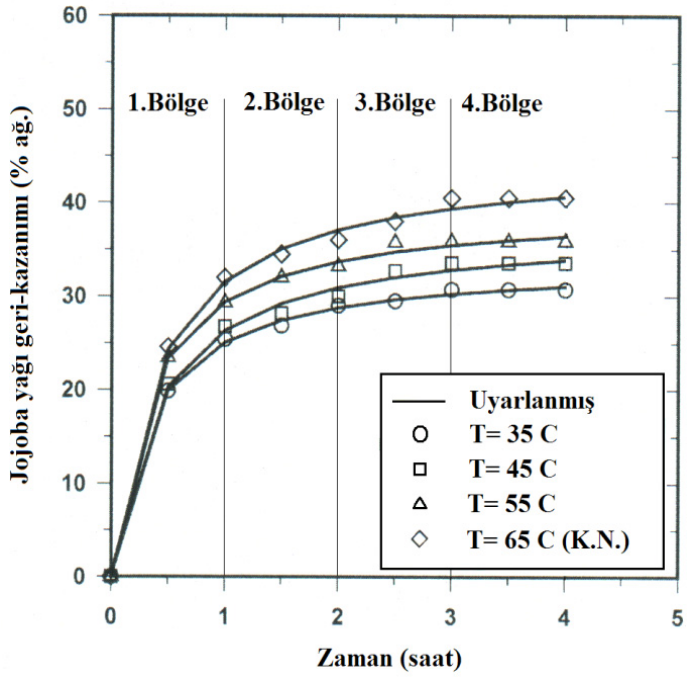
2.2.4. Solvent-Tohum Oranı

En iyi değerdeki diğer değişkenler sabit tutularak, maksimum yağ verimini sağlayan en uygun solvent - tohum oranını bulmak için solvent miktarı değiştirilmiştir. 5, 10, 15 mL/g değerleri ile çalışılmıştır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. Sıcaklığın Etkisi

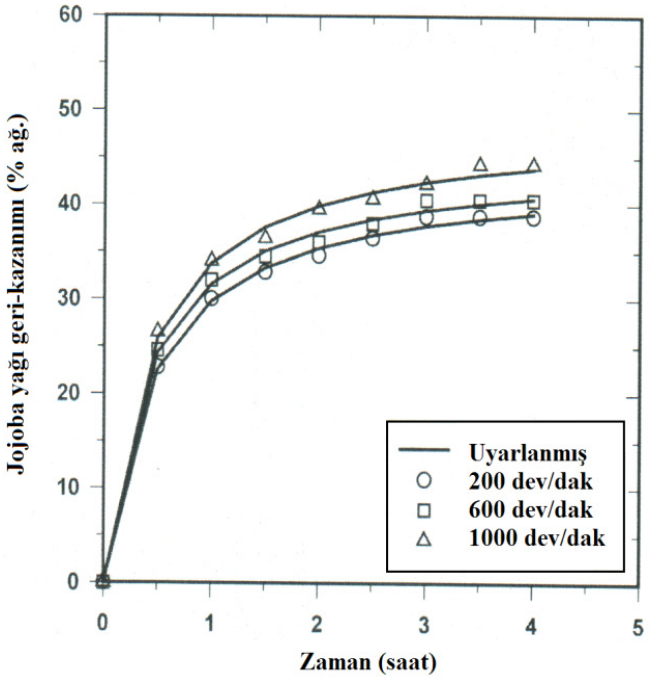
Şekil 2, ekstraksiyon işlemi üzerinde sıcaklığın etkisini göstermektedir. Diğer değişkenler sabit tutularak sıcaklık artırıldığında, jojoba yağı eldesi, maksimum yağ veriminin elde edildiği solvent kaynama noktası sıcaklığına erişilinceye değin artmaktadır. İşlem başlangıcında yağ verim oranı, - ilk bir saatte yağın yaklaşık % 30'u elde edilinceye kadar - çok hızlıdır. Daha sonra, ekstraksiyon süresi 2 saate ulaşıncaya değin bu oran yavaşlamakta ve sonra oran 3 saat'e kadar tekrar hafifçe artmaktadır. Daha sonrasında ise 65ºC'de (hekzanın kaynama noktası) yağ verimi yaklaşık %41 değerine ulaşmakta ve sabit kalmaktadır. Yağ eldesinin bu davranışı, ekstraksiyon hızındaki değişimi açıklayan bir varsayıma götürür. Buna göre, yağ ve solventin, tohum ve çözelti içerisinden kütle transferi sırasında var olan dirençler söz konusudur. Şekil 2 'de gösterildiği gibi, deneysel verilerden elde dilen yağ verim hızları dört bölgeye ayrılır. Çalışılan 4 farklı sıcaklıktaki jojoba yağı geri kazanımı için yağ eldesi grafikleri çalışma saati boyunca aynı artma sonucunu göstermektedir.



Şekil 2. Yağ geri-kazanımı üzerinde sıcaklığın etkisi
(karıştırma hızı: 600 dev/dak, tanecik boyutu: 1,5 mm, solvent/tohum oranı: 10 ml/g)

3.2. Karıştırma Hızının Etkisi

Ekstraksiyon işlemi üzerinde karıştırma hızının etkisi Şekil 3'de gösterilmektedir. Şekil 3, 200 dev/dak'dan 600 dev/dak'ya karıştırma hızı artışı için yağ eldesindeki artışın göreceli olarak düşük olduğunu göstermektedir. Örneğin, 200 dev/dak'da maksimum yağ verimi %38,75 iken 600 dev/dak %40,5'dir. Bu, 400 dev/dak.'lık karıştırma hızındaki artış aralığına karşılık yağ verimi artış aralığının %1,75 olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan, karıştırma hızı 600 dev/dak'dan 1000 dev/dak'ya artırıldığında (aynı artış aralığı), yağ eldesi %9,3 (1000 dev/dak. %44,25 yağ) artmaktadır. Bu yüzden, göreceli yüksek karıştırma hızlarındaki yağ verimindeki artış düşük karıştırma hızlarındakinden daha yüksektir. Bu sonuç ekstraksiyon işleminin sadece ileri kademelerinde (2 saatten sonra) gözlenir. Başlangıç bölümlerinde yağ verimindeki artış, düşük ve yüksek karıştırma hızları için hemen hemen aynıdır. Bu gözlemler, ekstraksiyon işlemi teoremleriyle uyum içindedir; başlangıçta, işlem tanecik yüzeyindeki yağ ve solventin karışmasından meydana geldiği için çok hızlıdır; sonra, difüzyon işlemi meydana gelir. Karıştırma hızının difüzyon işleminde herhangi bir etkiye sahip olmaması, tüm ekstraksiyon işlemini minimum seviyede etkileyeceği düşünülmektedir.



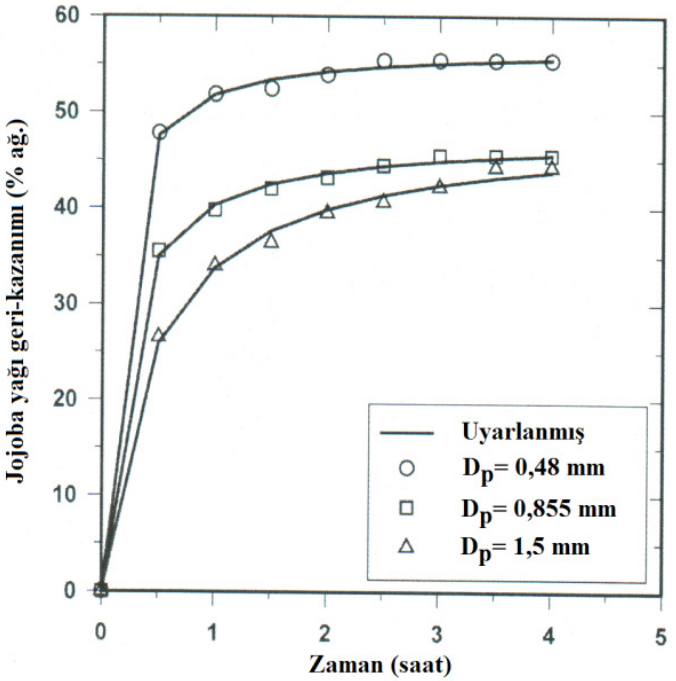
Şekil 3. Yağ geri-kazanımı üzerinde karıştırma hızının etkisi
(sıcaklık:65 C, tanecik boyutu: 1,5 mm, solvent-tohum oranı: 10 ml/g)

Geniş hacimli kesikli bir ekstraktördeki mekanik bir karıştırıcının farklı karıştırma özelliklerinden dolayı, labaratuvar ölçekli manyetik karıştırıcı ile karşılaştırıldığında küçük bir sapma söz konusudur. Sonuçlardan ve yağ verim eşitliğinden, karıştırma hızının diğer değişkenler içerisinde en düşük etkiye sahip olduğu görülmektedir.

3.3. Jojoba Tohumları Tanecik Boyutunun Etkisi

Ekstraksiyon işleminde tanecik boyutunun etkisi Şekil 4'te gösterilmektedir. Tanecik boyutundaki küçülmenin ekstraksiyon işleminde pozitif etkiye sahip olduğu görülmektedir. Örneğin, tanecik boyutu 1,5 mm'den 0,855 mm'ye küçüldüğünde, yağ verimindeki başlangıç değişimi (30 dak sonra) (yağ veriminde yaklaşık %17 artış) önemlidir. Belirli bir zaman sonra, 1,5 mm ve 0,855 mm tanecik boyutları için iki eğri birbirine daha yakın bir yağ değerine ulaşmaktadır. Diğer taraftan, tanecik çapı 0,855 mm'den 0,48 mm'ye düşürüldüğünde, iç kütle direnci daha küçük olduğundan, yağ verimindeki artış, ekstraksiyon işleminin hem ilk hem de son kademelerinde önemli olmaktadır.

Bu sonuçlardan, tanecik boyutu çok küçültüldüğü zaman ekstraksiyon işleminin arttığı, sonuçta maksimum bir değere ulaşarak hızlı bir yağ verimine ulaşıldığı saptanmıştır. Bu, tanecik içlerinden tanecik yüzeyine doğru yağ difüzyonu ve taneciklerin iç kısmındaki solventin yüzeye olan difüzyonu üzerinde etkili iç dirençteki azalmadan dolayıdır.

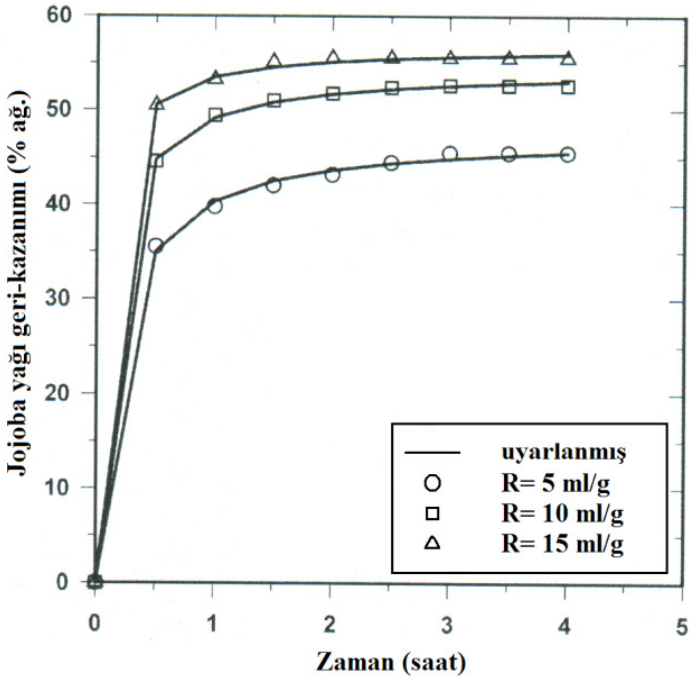


Şekil 4. Yağ geri-kazanımı üzerinde tanecik boyutunun etkisi
(sıcaklık: 65 C, solvent-tohum oranı: 10 ml/g, karıştırma hızı: 1000 dev/dak)

Ayrıca taneciklerin hücresel yapılarının parçalanmasından ileri gelmekte, iç dirençte bir azalma sağlamakta ve toplam yağ verimini artırmaktadır.

3.4. Solvent – Tohum Oranının Etkisi

Şekil 5, değişen solvent - tohum oranının yağ verimi üzerindeki etkisini göstermektedir. Ekstraksiyon işlemi, önemli derecede katı iç kısmı ve küme arasındaki yağ konsantrasyonu değişimine bağlıdır. Bu değişim arttığında, ekstraksiyon hızı artar ve verimi yüksek olur. Solventle alınan yağ daha fazladır. Toplam yağ çıkarılıncaya kadar, ekstraksiyon işlemi sürdürüldüğünde, solvent miktarındaki artış ekstraksiyon hızını etkilemez. Solvent miktarı artırıldığında, yağ veriminin maksimum elde edilebilir yağa kadar arttığı görülmektedir. Ayrıca, 10 ml/g ve 15 ml/g oranlarına karşılık gelen yağ verimlerinin ekstraksiyon işleminin sonunda yaklaşık aynı değere ulaştığı da görülmektedir. Bu, tohumların içerisindeki toplam elde edilebilir yağın alındığını, 15 ml/g üzerinde solvent-tohum oranındaki ilave artışın ekstraksiyon işleminin başlangıcında yağ verimini artırmakla beraber, ilave bir yağ çıkarılmasıyla sonuçlanmadığını göstermektedir. Şekil 5 ’den jojoba tohumlarının yaklaşık %55 elde edilebilir yağ içerdiği görülmektedir.



Şekil 5. Yağ geri-kazınımı üzerinde solvent-tohum oranının etkisi
(sıcaklık: 65 C, karıştırma hızı: 1000 dev/dak, tanecik boyutu: 0,48 mm)

3.5. Deneysel Model Üretme

İşlem değişkenleri sabit tutularak ve yağ verimi zamanın bir fonksiyonu olarak alınarak, deneysel veriler aşağıdaki modele uyarlanmıştır.

$$Y = \frac{at}{1 + bt} \quad (1)$$

Burada Y elde edilen jojoba yağı (% ağ.), t ekstraksiyon süresi (saat), a ve b ise deney koşullarına bağlı değişkenlerdir. Şekil 2.3.4'den den görüldüğü gibi, eşitlik 1 yağ eldesi hızını temsil etmektedir. Bu eşitlikten verilen işlem koşulları için herhangi bir zamandaki yağ verimi saptanabilir. Regresyon (geriye gitme) analizinden, hekzan için işlem koşulları ile a ve b'nin değişimleri aşağıdaki gibidir:

$$a = 560{,}3 - 0{,}174\,(T) - 521\,(Dp) - 0{,}0397\,(S) + 34{,}9\,(R) \quad (2)$$

$$b = 11{,}48 - 0{,}0217\,(T) - 6{,}29\times10^{-4}\,(S) - 8{,}799\,(Dp) + 0{,}57\,(R) \quad (3)$$

Burada T sıcaklık (ºC), Dp ortalama tanecik çapı (mm), S karıştırma hızı (dev/dak) ve R solvent – tohum oranı'dır. Varyans (değişim) analizi, eşitlik 2'de R^2 değeri yaklaşık %95; ayarlanmış R^2= 0,92, büyüklük F= 0,0013, yaklaşık %2,4 standart sapmayla eşitliğin iyi bir değere sahip olduğunu göstermektedir. Eşitlik 3 için, R^2 değeri yaklaşık %96; ayarlanmış R^2= 0,942, büyüklük F= 0,006, yaklaşık %1,05 standart sapmadır.

İncelenen bütün değişkenler ve her iki solvent için nihai (denge) yağ verimiyle ilişkili deneysel bağıntılar elde edilmiştir. Bu bağıntılar, verilen koşullar altında denge yağ verimini hesaplamakta kullanılır. Bu bağıntıların formu:

$$Y = 29{,}207 + 0{,}336\ T - 11{,}046\ Dp + 0{,}005\ S + 0{,}228\ R \quad (4)$$

Varyans analizi, R^2 değeri yaklaşık %96; ayarlanmış R^2= 0,94, büyüklük F= 0,0007 eşitliğin iyi bir değere sahip olduğunu göstermektedir. Yukarıdaki bağıntıdan hesaplanan ile deneysel verilerden elde edilen yağ eldesindeki maksimum sapma yaklaşık %8'dir.

4. SONUÇLAR

Deneysel sonuçlar, jojoba yağının kesikli ekstraksiyon işleminin, sıcaklık, karıştırma hızı, tanecik boyutu ve solvent – tohum oranı gibi işlem değişkenlerine çok bağlı olduğunu göstermektedir. Sonuçlardan, bütün işlem değişkenlerinin yağ verimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ama en yüksek etkiye tanecik boyutunun küçültülmesinin sahip olduğu görülmüştür. Jojoba tohumlarından maksimum yağ eldesi, solvent olarak hekzan kullanarak, solventin kaynama noktası sıcaklığında, 0,48 mm'lik tanecik boyutu, 1000 dev/dak karıştırma hızı ve 15 ml/g solvent-tohum oranıyla yaklaşık %55 olduğu sonuç olarak bulunmuştur. Daha yüksek tanecik boyutunda (1,5 mm) ekstrakte edilen miktar yaklaşık %44 civarında olmuştur.

Küçük tanecik boyutunda yapılan ektraksiyon verimi yüksek olduğu saptanmıştır.

REFERENCES / KAYNAKLAR

[1] J. Wisniak: Chapter 4. In: The Chemistry and Technology of Jojoba Oil. Am. Oil Chem. Soc., Champaign, IL (USA), 1987, pp. 251-267.

[2] R. E. Miller, R. H. Edwards, G. O.Kohler: "Pilot-plant scale grinding and pressing of jojoba seeds". J. Am.Oil Chem. Soc. 1979, 54, pp 556-558.

[3] M.K. Abu-Arabi1, M.A. Allawzi, H.S. Al-Zoubi, A. Tamimi., "Extraction of jojoba oil by pressing and leaching", Chemical Engineering Journal 76 (2000) 61–65.

[4] L. R. Rawles: "Proceedings of the Third International Conference on Jojoba and Its Uses". University of California, Riverside, CA (USA), September 1978, pp. 279-283.

[5] A. Ruiz, E. Flores, M. A. Kuljasha:" Proceedings of the Third International Conference on Jojoba and Its Uses". University of California, Riverside, CA (USA), September 1978, pp. 285-289.

[6] J. J. Spadaro, M. G.Lambou: "Proceedings of the First International Conference on Jojoba and Its Uses". Office of Arid Lands Studies, College of Earth Sciences, University of Arizona, Tucson, AZ (USA), June 1972, pp. 47-60.

[7] N. B. Knoepler, E. J. McCourtney, L. J. Molaison, J. J. Spadaro: "A comparison of six solvents for the extraction of jojoba Seed". J. Am. Oil Chem. Soc. 1959, 36, pp. 644-648.

[8] J. J. Spadaro. P. H. Eaves, E. A. Gastrock: "Direct extraction of Jojoba seeds". J Am. Oil Chem. Soc., 1960, 37, pp.121-124.

[9] A. Lanzani, P. Bondioli, A. Brillo, M. Cardillo, E. Fedeli, A. Ponzetti, G. Pieralisi: "A wet process technology applied to jojoba seed to obtain oil and detoxified protein meal". J. Am. Oil Chem. Soc., 1991, 68, pp. 772-774.

[10] J. T. Chien, J. E. Hoff, M. J. Lee, H. M. Lin, Y. J. Chen, L. F. Chen: "Oil extraction of dried ground corn with ethanol". Chem. Eng. J. Bio. Eng. J., 1990, 43, pp. B103-B113.

[11] M. A. Allawzi, M. K. Abu-Arabi, H.S. Al-Zoubi, A. Tamimi: "Physicochemical characteristics and thermal stability of Jordanian jojoba oil", J. Am. Oil Chem. Soc., 1998, 75, pp. 57-62.

[12] M. A. Allawzi, M. K. Abu-Arabi, F. A. Al-Taher: "Parametric study on the batch leaching process of jojoba oil", Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2005, 107, pp. 469-475.