

**GIDA ATIKLARINDAN ÇEŞİTLİ ÖN İŞLEMLERLE ELDE  
EDİLEN BESİN ORTAMLARINDA *Rhodotorula glutinis*  
MAYASI İLE  $\beta$ -KAROTEN ÜRETİMİNİN İNCELENMESİ**

**INVESTIGATION OF  $\beta$ -CAROTENE PRODUCTION BY  
*Rhodotorula glutinis* YEAST IN THE GROWTH MEDIA  
OBTAINED FROM PRETREATED FOOD WASTES**

**Şenay UĞURLU**

**Prof. Dr. Zümriye AKSU**

**Tez Danışmanı**

**Dr. Öğr. Üyesi Hande GÜNAN YÜCEL**

**Eş Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü

Yüksek Lisans TEZİ olarak hazırlanmıştır

2022

## ÖZET

# GIDA ATIKLARINDAN ÇEŞİTLİ ÖN İŞLEMLERLE ELDE EDİLEN BESİN ORTAMLARINDA *Rhodotorula glutinis* MAYASI İLE $\beta$ -KAROTEN ÜRETİMİNİN İNCELENMESİ

**Şenay UĞURLU**

**Yüksek Lisans, Kimya Mühendisliği Bölümü**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zümriye AKSU**

**İkinci Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Hande GÜNNAN YÜCEL**

**Nisan 2022, 135 sayfa**

Bu tez çalışmasında, gıda endüstrisinde atık olarak büyük miktarlarda oluşan ve genellikle değerlendirilmeden bertaraf edilen portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan ve ekstraksiyondan sonra kalan posaların asidik hidrolizinden elde edilen şekerlerin yer aldığı doğal besin ortamlarında *Rhodotorula glutinis* mayası ile ardışık bu iki prosesle  $\beta$ -karoten üretimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ilk kısmında, portakal, üzüm ve havuç atıkları ön işleme tabi tutulmadan (yaş) ya da çeşitli ön işlemlerden (kurutma, otoklavlama, dondurma) geçirildikten sonra kaynar suyla ekstrakte edilerek, atık türünün, uygulanan ön işlemin, tanecik boyut aralığının ve katı/sıvı oranının suya geçen şekerlerin toplam derişimine ve verimine etkileri araştırılmıştır. En yüksek şeker derişimleri 100 g/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) püre formundaki ve kurutma ön işleminde uygulanmış toz formundaki üzüm posalarının kaynar suyla ekstraksiyonuyla, sırasıyla 61.2 g TİŞ (toplam indirgen şeker derişimi)/L ve 60.7 g TİŞ (toplam indirgen şeker derişimi)/L olarak elde edilmiştir.

Çalışmanın daha sonraki aşamasında, glikoz içeren sentetik besin ortamında başlangıç glikoz derişimi değiştirilerek ve ön işleme tabi tutulmamış (yaş) ve kurutma ön işlemine tabi tutulmuş portakal, üzüm ve havuç atıklarından, kaynar

suyla ekstraksiyonla şekerlerin doğrudan elde edildiği besin ortamlarında tanecik boyut aralığı, katı/sıvı oranı (başlangıç toplam indirgen şeker derişimi, TİŞ) değiştirilerek, *Rhodotorula glutinis* mayasından β-karoten üretimi incelenmiştir. Sentetik besin ortamında glikoz derişiminin 100 g/L'ye kadar artmasıyla mikrobiyal üreme ve β-karoten üretimi artmış, 150 g/L glikoz derişiminde substrat inhibisyonuna bağlı olarak her iki değer de azalmıştır. Tüm atıklardan kaynar suyla ekstraksiyonla elde edilen besin ortamlarında katı/sıvı oranı arttıkça mikrobiyal üremenin ve β-karoten üretiminin arttığı gözlenmiştir. 100 g/L glikoz içeren sentetik besin ortamında en yüksek β-karoten derişimi 451.4 mg/L olarak saptanmışken; 100 g/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) üzüm posasının kaynar suyla ekstraksiyonuyla elde edilen besin ortamında en yüksek β-karoten derişimi 5988.6 mg/L olarak bulunmuştur.

Glikoz derişiminin 5-100 g/L aralığında değiştiği sentetik besin ortamında ve katı/sıvı oranınının 10-100 aralığında değiştirilmesiyle (değişen TİŞ derişimlerinde) ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemleri uygulanmış portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonuyla elde edilen doğal besin ortamlarında mikrobiyal üremenin Monod modeline çok iyi uyduğu görülmüştür.

Çalışmanın son aşamasında, 100 g kuru atık/L katı/sıvı oranında sadece kurutma ön işlemleri uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu, çekirdeksiz üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan sonra kalan atık posaların kurutulduktan sonra asidik hidrolizi ile elde edilen şekerleri içeren doğal besin ortamlarında *R. glutinis*'ten β-karoten üretim çalışmaları gerçekleştirilmiştir. 100 g kuru atık/L posalı portakal kabuğu, çekirdeksiz üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyon işlemi sonucunda, atıkların kütlelerinde sırasıyla % 70, % 72 ve % 62 azalma gözlenmiştir. Ekstraksiyondan sonra kalan atık kütlelerin asidik hidrolizinden sonra ise her bir kuru atık için toplam atık kütlelerinin sırasıyla % 85.3, % 80.2 ve % 70.2 azaldığı saptanmıştır. Posalı portakal kabuğu, çekirdeksiz üzüm posası ve havuç posası atıklarından asidik hidroliz aşamasında elde edilen şeker derişimleri sırasıyla 10.1 g/L, 6.7 g/L ve 10.8 g/L olarak belirlenmiş, *R. glutinis*'ten üretilen en yüksek β-karoten derişimi portakal kabuklarının ekstraksiyon atıklarının asidik hidroliziyle elde edilen besin ortamında 370.0 mg/L olarak saptanmıştır.

*R. glutinis* 100 g/L kurutulmuş posalı portakal kabuğuyla ekstraksiyon basamağından sonra elde edilen besin ortamında 1407.1 mg/L  $\beta$ -karoten üretmişken, 100 g/L atıktan arda kalan 30 g/L kurutulmuş posalı portakal kabuğundan asidik hidroliz basamağından sonra elde edilen besin ortamında 370.0 mg/L  $\beta$ -karoten üretmiş ve toplam  $\beta$ -karoten üretimi % 26 artışla 1777.1 mg/L'ye yükselmiştir.

*R. glutinis* 100 g/L kurutulmuş çekirdeksiz üzüm posasıyla ekstraksiyon basamağından sonra elde edilen besin ortamında 3125.7 mg/L  $\beta$ -karoten üretmişken, 100 g/L atıktan arda kalan 28 g/L kurutulmuş çekirdeksiz üzüm posasından asidik hidroliz basamağından sonra elde edilen besin ortamında 153.9 mg/L  $\beta$ -karoten üretmiş ve toplam  $\beta$ -karoten üretimi % 4.9 artışla 3279.6 mg/L'ye yükselmiştir.

*R. glutinis* 100 g/L kurutulmuş havuç posasıyla ekstraksiyon basamağından sonra elde edilen besin ortamında 2245.7 mg/L  $\beta$ -karoten üretmişken, 100 g/L atıktan arda kalan 38 g/L kurutulmuş havuç posasından asidik hidroliz basamağından sonra elde edilen besin ortamında 193.8 mg/L  $\beta$ -karoten üretmiş ve toplam  $\beta$ -karoten üretimi % 8.6 artışla 2439.5 mg/L'ye yükselmiştir.

Bu tez çalışması ile literatürde bir ilk olarak gıda atıkları iki aşamada değerlendirilerek katma değeri yüksek bir ürün olan  $\beta$ -karotenin üretimi gerçekleştirilmiş, ürün verimi kaynar suyla ekstraksiyon ve asidik hidrolizden oluşan ardışık iki prosesle arttırılmış ve atık miktarı çok yüksek oranda azaltılarak sıfır atık yaklaşımına önemli bir katkıda bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Gıda atıkları, portakal kabuğu, üzüm posası, havuç posası, ön işlem, ekstraksiyon, asidik hidroliz, fermantasyon, *Rhodotorula glutinis*,  $\beta$ -karoten, sıfır atık yaklaşımı

## ABSTRACT

### INVESTIGATION OF $\beta$ -CAROTENE PRODUCTION BY *Rhodotorula glutinis* YEAST IN THE GROWTH MEDIA OBTAINED FROM PRETREATED FOOD WASTES

**Şenay UĞURLU**

**Master, Department of Chemical Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Zümriye AKSU**

**Co-Supervisor: Asst. Prof. Dr. Hande GÜNAN YÜCEL**

**April 2022, 135 pages**

In this thesis,  $\beta$ -carotene production was carried out with *Rhodotorula glutinis* yeast in the growth media including sugars obtained by two consecutive steps: Hot water extraction of orange peel, grape pomace and carrot pomace wastes, which are formed in large quantities as waste in the food industry and are generally disposed of without valorization and acidic hydrolysis of the remaining pulp after extraction. In the first part of the study, the sugars included in the untreated (wet) and the pretreated (dried, autoclaved, freezed) orange, grape and carrot wastes were obtained with hot water extraction. Here, the effects of food waste characteristics, applied pretreatment, particle size range and solid/liquid ratio on the total concentration and yield of sugars transferred to the water were investigated. The highest sugar concentrations were obtained by the hot water extraction of untreated (wet) grape pomace in the puree form and dried grape pomace in the powder form as 61.2 g TİŞ/L and 60.7 g TİŞ/L, respectively, at a solid/liquid ratio of 100 g/L.

In the following step of the study, the effect of varying initial glucose concentration in the synthetic growth media and the effects of change in particle size range and solid/liquid ratio (initial total reducing sugars, TRS) in the growth media obtained by the hot water extraction of untreated and dried orange, grape and carrot wastes on  $\beta$ -carotene production characteristics of *R. glutinis* were investigated. Microbial growth and  $\beta$ -carotene production enhanced with the increasing initial glucose concentration up to 100 g/L in the synthetic growth media; however, both values decreased at 150 g/L of initial glucose concentration due to substrate inhibition. Microbial growth and  $\beta$ -carotene production increased with the increasing solid/liquid ratio in the growth media obtained by the hot water extraction of all wastes. While the highest  $\beta$ -carotene concentration was found to be 451.4 mg/L in the synthetic growth medium containing glucose; it was determined as 5988.6 mg/L in the growth medium obtained by the hot water extraction of untreated (wet) grape pomace at a solid/liquid ratio of 100 g/L.

It has been observed that, microbial growth in the synthetic growth media at varying glucose concentrations between 5-100 g/L and in the natural growth media which were obtained by the hot water extraction of untreated (wet) and dried orange peel, grape pomace and carrot pomace wastes at varying solid/liquid ratios between 10-100 (at varying TIS concentrations), fit the Monod model very well.

In the last part of the study,  $\beta$ -carotene production studies from *R. glutinis* were carried out in the growth media including reducing sugars, which were obtained with the acid hydrolysis of the hot water extraction residue of 100 g/L dried pulpy orange peel, seedless grape pomace and carrot pomace. After the hot water extraction process of 100 g dry waste/L of pulped orange peel, seedless grape pomace and carrot pomace wastes, 70%, 72% and 62% reduction in the mass of the wastes was observed, respectively. In addition, total waste mass decreased by 85.3%, 80.2% and 70.2% for each 100 g/L dry food waste, respectively, after the acid hydrolysis of the extraction residues. Sugar concentrations obtained with acid hydrolysis of pulpy orange peel, seedless grape pomace and carrot pomace extraction residues were determined as 10.1 g/L, 6.7 g/L and 10.8 g/L, respectively. The highest  $\beta$ -carotene concentration of 370.0 mg/L was obtained with *R. glutinis* growing in the medium obtained by acid hydrolysis of the extraction residues of orange peels.

*R. glutinis* produced 1407.1 mg/L and 370.0 mg/L  $\beta$ -carotene in the medium obtained with the extraction of 100 g/L dried pulpy orange peel and in the medium obtained with the acid hydrolysis of its 30 g/L extraction residue, respectively. Hence, total  $\beta$ -carotene production enhanced by 26% to 1777.1 mg/L.

*R. glutinis* produced 3125.7 mg/L and 153.9 mg/L  $\beta$ -carotene in the medium obtained with the extraction of 100 g/L dried pulpy orange peel and in the medium obtained with the acid hydrolysis of its 28 g/L extraction residue, respectively. Hence, total  $\beta$ -carotene production enhanced by 4.9% to 3279.6 mg/L.

*R. glutinis* produced 2245.7 mg/L and 193.8 mg/L  $\beta$ -carotene in the medium obtained with the extraction of 100 g/L dried pulpy orange peel and in the medium obtained with the acid hydrolysis of its 38 g/L extraction residue, respectively. Hence, total  $\beta$ -carotene production enhanced by 8.6% to 2439.5 mg/L.

In this study, for first time in the literature,  $\beta$ -carotene, a high value-added product was produced by the valorization of the food wastes, the product yield was increased with two consecutive processes of extraction with hot water and acidic hydrolysis, and an important contribution was made to the zero waste approach by reducing the residual waste biomasses in significant amounts.

**Keywords:** Food waste, orange peel, grape pomace, carrot pomace, pretreatment, extraction, acid hydrolysis, fermentation, *Rhodotorula glutinis*,  $\beta$ -carotene, zero waste approach

## TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesinde, çalışmalarımın yönlendirilmesinde ve sonuçlandırılmasında büyük tavsiyeleri ve paylaşımları ile bana yol gösterici ve destek olan çok değerli hocam sayın Prof. Dr. Zümriye AKSU'ya,

Tezin her aşamasında her konuda bana sürekli destek olan, beni yönlendiren ve hep iyi hissetmemi sağlayan sevgili hocam Dr. Öğr. Üyesi Hande GÜNAN YÜCEL'e,

Bana destek veren ve beni motive eden sevgili arkadaşım Nebahat YILMAZ ÇINARLI'ya,

Her zaman beni destekleyen canım oğullarım Bekir'e ve Barış'a

en içten teşekkürlerimi sunarım.

Şenay UĞURLU



# İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
ÇİZELGELER.....	xiii
ŞEKİLLER.....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xxvi
1. GİRİŞ.....	1
2. TEMELBİLGİLER.....	4
2.1. Gıda Atıkları.....	4
2.1.1. Portakal Atıkları.....	9
2.1.2. Üzüm Atıkları.....	11
2.1.3. Havuç Atıkları.....	12
2.2. Karotenoidler.....	13
2.2.1. $\beta$ -Karoten.....	15
2.2.1.1. Yapısı ve Özellikleri.....	15
2.2.1.2. Kullanım Alanları.....	17
2.2.1.3. Üretim Yöntemleri.....	17
2.3. Mikroorganizmalar.....	18
2.3.1. Mikroorganizmaların Genel Özellikleri.....	18
2.3.2. Mikroorganizmaların Üretilmesi ve Üretimi Etkileyen Faktörler.....	19
2.3.3. Mikroorganizmanın Üreme Eğrisi.....	20
2.3.4. Mayalar.....	21
2.3.4.1. <i>Rhodotorula</i> Türü Mayalar.....	22
2.4. Mikrobiyal $\beta$ -Karoten Üretimi ile İlgili Literatür Çalışmaları.....	23
3. DENEY SİSTEMİNİN MATEMATİKSEL TANIMLANMASI.....	26
3.1. Gıda Atıklarından Ön İşlemsiz (Yaş) ve Çeşitli Ön İşlemlerden Geçirildikten Sonra Kaynar Suyla Ekstraksiyonla Şekerlerin Doğrudan Eldesi .....	26

3.1.1. Gıda Atıklarından Ön İşlemsiz (Yaş) ve Kurutma Ön İşleminde Geçirildikten Sonra Kaynar Suyla Ekstraksiyonla Şekerlerin Doğrudan Eldesinde Şeker Ekstraksiyon Hızı .....	26
3.1.2. Gıda Atıklarından Ön İşlemsiz (Yaş) ve Çeşitli Ön İşlemlerden Sonra Kaynar Suyla Ekstraksiyonla Doğrudan Şekerlerin Eldesinde ve Ekstraksiyondan Sonra Kalan Atık Posadan Asit Hidrolizi ile Doğrudan Şekerlerin Eldesinde Şeker Verimi.....	26
3.2. Kesikli Sistemde Mikrobiyal Üremenin ve $\beta$ -Karoten Üretiminin Matematiksel Tanımlanması.....	27
3.2.1. Mikroorganizmanın Özgül Üreme Hızı.....	27
3.2.2. Mikroorganizmanın $\beta$ -Karoten Üretim Hızı.....	28
3.2.3. $\beta$ -Karoten Verimi.....	28
3.2.3.1. Mikroorganizma Derişimine Bağlı $\beta$ -Karoten Verimi.....	28
3.2.3.2. Gıda Atıklarından Kaynar Suyla Ekstraksiyonla Doğrudan Şekerlerin Elde Edildiği ve Ekstraksiyondan Sonra Kalan Atık Posadan Asit Hidrolizi ile Doğrudan Şekerlerin Elde Edildiği Doğal Besin Ortamlarında Başlangıç Substrat Derişimine Bağlı $\beta$ -Karoten Verimleri.....	29
3.3. Mikroorganizmanın Tek Substratın Kısıtlayıcı Olduğu Durumda Büyüme Kinetiğinin Modellenmesi.....	30
4. DENEY SİSTEMİ VE YÖNTEMLERİ.....	31
4.1. Gıda Atıklarından Şekerlerin Eldesi.....	32
4.1.1. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Gıda Atıkları ve Yapılan Ön İşlemler.....	32
4.1.2. Ön İşlemsiz (Yaş) ve Çeşitli Ön İşlemlere Tabi Tutulmuş Gıda Atıklarından Kaynar Suyla Ekstraksiyonla Şekerlerin Doğrudan Eldesi.....	33
4.1.3. Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Gıda Atıklarından Kaynar Suyla Ekstraksiyonla Şekerlerin Doğrudan Eldesinden Sonra Kalan Posadan Asit Hidrolizi ile Şekerlerin Eldesi .....	34
4.2. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Mikroorganizma; Üretilmesi ve $\beta$ -Karoten Üretimi.....	35

4.2.1. Glikoz İçeren Sentetik Besin Ortamlarında <i>R. glutinis</i> 'in Çoğaltılması ve $\beta$ -Karoten Üretimi Çalışmaları.....	36
4.2.2. Gıda Atıklarından Elde Edilen Doğal Besin Ortamlarında <i>R. glutinis</i> 'in Üretilmesi ve $\beta$ -Karoten Üretimi Çalışmaları.....	37
4.2.2.1. Ön İşlemsiz ve Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Gıda Atıklarından Kaynar Suyula Ekstraksiyonla Doğrudan Elde Edilen Şekerlerin Yer Aldığı Doğal Besin Ortamlarında <i>R. glutinis</i> 'in Üretilmesi ve $\beta$ -Karoten Üretimi Çalışmaları.....	37
4.2.2.2. Kurutulmuş Gıda Atıklarının Kaynar Suyula Ekstraksiyonundan Sonra Şekeri Alınmış Gıda Atık Posalarının Asit Hidrolizi ile Elde Edilen Şekerlerin Yer Aldığı Doğal Besin Ortamlarında <i>R. glutinis</i> 'in Çoğaltılması ve $\beta$ -Karoten Üretimi Çalışmaları .....	39
4.3. Analiz Yöntemleri .....	40
4.3.1. Portakal Kabuğu, Üzüm Posası ve Havuç Posası için Yaş Ağırlık– Kuru Ağırlık Çalışma Doğrularının Elde Edilmesi.....	40
4.3.2. Mikroorganizma Derişimi Tayini.....	41
4.3.3. $\beta$ -Karoten Derişimi Tayini.....	41
4.3.4. Toplam İndirgen Şeker Derişimi Tayini .....	41
5. DENEYSEL SONUÇLAR.....	42
5.1. Gıda Atıklarından Ön İşlemsiz (Yaş) ve Çeşitli Ön İşlemlerden Geçirildikten Sonra Kaynar Suyula Ekstraksiyonla Şekerlerin Doğrudan Eldesinde Şeker Derişimlerinin ve Verimliliklerinin Karşılaştırılması .....	43
5.1.1. Portakal Kabuğundan Ön İşlemsiz (Yaş) ve Çeşitli Ön İşlemlerden Geçirildikten Sonra Kaynar Suyula Ekstraksiyonla Şekerlerin Doğrudan Eldesinde Şeker Derişimlerinin ve Verimliliklerinin Karşılaştırılması ...	43
5.1.2. Üzüm Posasından Ön İşlemsiz (Yaş) ve Çeşitli Ön İşlemlerden Geçirildikten Sonra Kaynar Suyula Ekstraksiyonla Şekerlerin Doğrudan Eldesinde Şeker Derişimlerinin ve Verimliliklerinin Karşılaştırılması.....	45
5.1.3. Havuç Posasından Ön İşlemsiz (Yaş) ve Çeşitli Ön İşlemlerden Geçirildikten Sonra Kaynar Suyula Ekstraksiyonla Şekerlerin Doğrudan	

Eldesinde Şeker Derişimlerinin ve Verimliliklerinin Karşılaştırılması.....	47
5.2. Gıda Atıklarından Ön İşlemsiz ve Kurutma Ön İşlemi Uygulanarak Kaynar Suyla Ekstraksiyonla Şekerlerin Doğrudan Eldesinde Şeker Ekstraksiyon Hız ve Verimliliklerinin Karşılaştırılması .....	49
5.3. Glikoz İçeren Sentetik Besin Ortamında ve Gıda Atıklarından Elde Edilen Doğal Besin Ortamlarında <i>R. glutinis</i> Mayasından $\beta$ -Karoten Üretim Çalışmaları.....	51
5.3.1. Glikoz İçeren Sentetik Besin Ortamında <i>R. glutinis</i> 'ten $\beta$ -Karoten Üretimi Çalışmaları.....	52
5.3.2. Ön İşlemsiz (Yaş) ve Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Gıda Atıklarından Kaynar Suyla Ekstraksiyonla Şekerlerin Doğrudan Elde Edildiği Doğal Besin Ortamlarında <i>R. glutinis</i> 'ten $\beta$ -Karoten Üretimi Çalışmaları.....	56
5.3.2.1. Ön İşlemsiz (Yaş) ve Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Portakal Kabuğu Atıklarından Kaynar Suyla Ekstraksiyonla Şekerlerin Doğrudan Elde Edildiği Doğal Besin Ortamlarında <i>R. glutinis</i> 'ten $\beta$ -Karoten Üretimi Çalışmaları.....	56
5.3.2.2. Ön İşlemsiz (Yaş) ve Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Çekirdeksiz Üzüm Posası Atıklarından Kaynar Suyla Ekstraksiyonla Şekerlerin Doğrudan Elde Edildiği Doğal Besin Ortamlarında <i>R. glutinis</i> 'ten $\beta$ -Karoten Üretimi Çalışmaları.....	71
5.3.2.3. Ön İşlemsiz (Yaş) ve Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Havuç Posası Atıklarından Kaynar Suyla Ekstraksiyonla Şekerlerin Doğrudan Elde Edildiği Doğal Besin Ortamlarında <i>R. glutinis</i> 'ten $\beta$ -Karoten Üretimi Çalışmaları.....	81
5.4. Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Gıda Atıklarının Kaynar Suyla Ekstraksiyonundan Sonra Kalan Posalarından Asit Hidroliziyle Elde Edilen Şekerlerin Yer Aldığı Doğal Besin Ortamlarında <i>R. glutinis</i> 'ten $\beta$ -Karoten Üretimi Çalışmaları.....	92
5.5. Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Gıda Atıklarının Kaynar Suyla Ekstraksiyonundan ve Ekstraksiyondan Sonra Kalan Posaların Asidik Hidrolizinden Elde Edilen Şekerlerin Yer Aldığı Doğal Besin Ortamlarında	

Ardışık Olarak <i>R. glutinis</i> 'ten $\beta$ -Karoten Üretimi Çalışmalarında Toplam Mikroorganizma ve Ürün Verimliliklerinin Karşılaştırılması.....	101
6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	103
7. KAYNAKLAR.....	121
EKLER.....	128
ÖZGEÇMİŞ.....	135

## ÇİZELGELER

- Çizelge 4.1. Portakal, üzüm ve havuç atıklarından ön işlemsiz ve çeşitli ön işlemlerden geçirildikten sonra kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin eldesinde çalışılan parametrelerin çalışılan değerleri/koşulları.....33
- Çizelge 4.2. 20 g kuru atık/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemi uygulanmış portakal, üzüm ve havuç atıklarından kaynar suyla şeker ekstraksiyonunda toplam şeker derişiminin zamana bağlı değişiminin incelenmesinde çalışılan parametreler.....34
- Çizelge 4.3. 100 g/L katı/sıvı oranındaki kurutulmuş posalı portakal kabuğu, çekirdeksiz üzüm posası ve havuç posası atıklarından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerler elde edildikten sonra kalan posalarla yapılan asidik hidroliz işleminin çalışma koşulları .....35
- Çizelge 4.4. *R. glutinis* mayasının üretimi için kullanılan sentetik besin ortamı bileşenleri.....36
- Çizelge 4.5. Ön işlemsiz (yaş) ve kurutulmuş portakal kabuğu, üzüm ve havuç atıklarından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan elde edilen şekerlerin yer aldığı besin ortamlarında mikrobiyal üremeye ve β-karoten üretimine etkileri incelenen parametreler.....38
- Çizelge 5.1. Ön işlemsiz (yaş) ve çeşitli ön işlemler uygulanmış posalı ve posasız portakal kabuğu atıklarından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan elde edilen en yüksek şeker derişimleri ve şeker verimleri.....44
- Çizelge 5.2. Ön işlemsiz (yaş) ve çeşitli ön işlemler uygulanmış çekirdekli ve çekirdeksiz üzüm posası atıklarından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan elde edilen en yüksek şeker derişimleri ve şeker verimleri.....46
- Çizelge 5.3. Ön işlemsiz (yaş) ve çeşitli ön işlemler uygulanmış havuç posası atıklarından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan elde edilen en yüksek şeker derişimleri ve şeker verimleri .....48
- Çizelge 5.4. 20 g/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemi uygulanmış posalı portakal kabuğu, çekirdeksiz üzüm posası ve havuç posası

atıklarından kaynar suyla doğrudan şeker ekstraksiyonunda elde edilen şeker ekstraksiyon hızları ve 2. ve 8. saat sonundaki şeker verim değerleri.....51

Çizelge 5.5. Farklı başlangıç glikoz derişimlerinde elde edilen en yüksek mikroorganizma derişimi, özgül üreme hızı, mikroorganizma üreme verimi, en yüksek  $\beta$ -karoten derişimi,  $\beta$ -karoten üretim hızı ve en yüksek mikroorganizma ve başlangıç substrat derişimine bağlı  $\beta$ -karoten üretim verimleri değerlerinin karşılaştırılması.....54

Çizelge 5.6. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde), posalı ve posasız portakal kabuğu atıklarından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği besin ortamlarında elde edilen en yüksek kuru mikroorganizma derişimi, özgül üreme hızı, mikroorganizma üreme verimi, en yüksek  $\beta$ -karoten derişimi,  $\beta$ -karoten üretim hızı ve en yüksek mikroorganizma ve başlangıç substrat derişimlerine bağlı  $\beta$ -karoten üretim verimleri değerlerinin karşılaştırılması.....70

Çizelge 5.7. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde), çekirdeksiz üzüm posası atıklarından kaynar suyla ekstraksiyonla şekerlerin doğrudan elde edildiği besin ortamlarında elde edilen en yüksek kuru mikroorganizma derişimi, özgül üreme hızı, mikroorganizma üreme verimi, en yüksek  $\beta$ -karoten derişimi,  $\beta$ -karoten üretim hızı ve en yüksek mikroorganizma ve başlangıç substrat derişimlerine bağlı  $\beta$ -karoten üretim verimleri değerlerinin karşılaştırılması.....80

Çizelge 5.8. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde), havuç posası atıklarından kaynar suyla ekstraksiyonla şekerlerin doğrudan elde edildiği besin ortamlarında elde edilen en yüksek kuru mikroorganizma derişimi, özgül üreme hızı, mikroorganizma üreme verimi, en yüksek  $\beta$ -karoten derişimi,  $\beta$ -karoten üretim hızı ve en yüksek mikroorganizma ve başlangıç substrat derişimlerine bağlı  $\beta$ -karoten üretim verimleri değerlerinin karşılaştırılması.....91

Çizelge 5.9. 100 g/L katı/sıvı oranında ( $K_1/S$ ) kurutma ön işlemleri uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonunda elde edilen TİŞ derişimleri ( $S_1$ ), kalan kuru posa katı/sıvı oranları ( $K_2/S$ ) ve bu posaların asidik hidrolizi sonucu elde edilen TİŞ derişimleri ( $S_2$ ), hidrolizden sonra kalan katı/sıvı oranları ( $K_3/S$ ) ve ardışık bu iki proses sonucunda giderilen toplam atık yüzdelerinin karşılaştırılması .....94

Çizelge 5.10. 100 g/L katı/sıvı oranında (K<sub>1</sub>/S) kurutma ön işlemi uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan sonra kalan posalarından asit hidroliziyle elde edilen şekerlerin yer aldığı doğal besin ortamlarında *R. glutinis*'ten β-karoten üretim çalışmalarında elde edilen en yüksek kuru mikroorganizma derişimi, özgül üreme hızı, başlangıç substrat derişimine bağlı kuru mikroorganizma verimi, en yüksek β-karoten derişimi, β-karoten üretim hızı, başlangıç substrat derişimine ve en yüksek mikroorganizma derişimine bağlı ürün verimleri değerlerinin karşılaştırılması.....100

Çizelge 5.11. *R. glutinis*'ten β-karoten üretiminde kurutma ön işlemi uygulanmış gıda atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan ve ekstraksiyondan sonra kalan posaların asidik hidrolizinden elde edilen şekerlerin yer aldığı doğal besin ortamlarında elde edilen mikroorganizma ve ürün verimlilikleri ile ardışık bu iki proses sonucunda elde edilen toplam mikroorganizma ve ürün verimliliklerinin karşılaştırılması.....103

Çizelge 6.1. 100 g kuru atık/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemi uygulanmış portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarından kaynar suyla doğrudan şekerlerin ekstraksiyonunda elde edilen en yüksek TİŞ derişimleri ve verim değerleri.....105

Çizelge 6.2. 50 g/L glikoz içeren sentetik besin ortamında ve 100 g/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemi uygulanmış portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında saptanan en yüksek kuru mikroorganizma derişimi, özgül üreme hızı, mikroorganizma üreme verimi, en yüksek β-karoten derişimi, β-karoten üretim hızı ve en yüksek mikroorganizma ve başlangıç substrat derişimlerine bağlı β-karoten üretim verimleri değerlerinin karşılaştırılması.....112

Çizelge 6.3 Glikoz derişiminin 5-100 g/L aralığında değiştiği sentetik besin ortamında ve katı/sıvı oranınının 10-100 aralığında değiştirilmesiyle (değişen TİŞ derişimlerinde) ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemi uygulanmış portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan elde



edilen doğal besin ortamlarında *R. glutinis*'in üremesinde Monod modelinden bulunan en yüksek özgül üreme hızı ve doygunluk sabiti değerlerinin karşılaştırılması.....113

Çizelge 6.4. Bu tez çalışmasında elde edilen deneysel sonuçların literatür verileriyle karşılaştırılması.....119

## ŞEKİLLER

Şekil 2.1. Glikozun kimyasal yapısı.....	6
Şekil 2.2. Fruktozun kimyasal yapısı.....	6
Şekil 2.3. Laktozun kimyasal yapısı.....	6
Şekil 2.4. Maltozun kimyasal yapısı.....	7
Şekil 2.5. Sakkarozun kimyasal yapısı.....	7
Şekil 2.6. (A) Likopen ve $\beta$ -karoten karotenoidlerindeki karbon atomlarının numaralandırılması; (B) karotenoid moleküllerinde bulunan uç grupların şematik gösterimi.....	15
Şekil 2.7. $\beta$ -karotenin moleküler yapısı.....	16
Şekil 2.8. All-trans- $\beta$ -karoten (A) ve 9-cis-trans- $\beta$ -karoten (B) molekül yapılarının şematik gösterimi.....	16
Şekil 2.8. Prokaryotik hücre yapısı.....	18
Şekil 2.9. Ökaryotik hücre yapısı.....	19
Şekil 2.10. Mikroorganizmanın üreme evreleri.....	21
Şekil 4.1 Ön işlemsiz (yaş) ve çeşitli ön işlemlere tabi tutulmuş gıda atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan sonra şekerlerin doğrudan elde edilmesiyle hazırlanan doğal besin ortamları .....	38
Şekil 4.2. Ön işlemsiz (yaş) ve çeşitli ön işlemlere tabi tutulmuş gıda atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan sonra şekerlerin doğrudan elde edilmesiyle hazırlanan doğal besin ortamlarında üretilmiş R. glutinis hücreleri.....	39
Şekil 5.1. 20 g/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemi uygulanmış posalı portakal kabuğu, çekirdeksiz üzüm posası ve havuç posası atıklarından kaynar suyla doğrudan şeker ekstraksiyonunda elde edilen şeker derişimlerinin zamanla değişimi .....	50

Şekil 5.2. Glikoz içeren sentetik besin ortamında mikroorganizma üremesinin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....	53
Şekil 5.3. Glikoz içeren sentetik besin ortamında β-karoten üretiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....	53
Şekil 5.4. Glikoz içeren sentetik besin ortamında glikoz tüketiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....	54
Şekil 5.5. Glikoz içeren sentetik besin ortamında <i>R. glutinis</i> için elde edilen 1/μ'ye karşı 1/S <sub>0</sub> grafiği.....	55
Şekil 5.6. <i>R. glutinis</i> için farklı başlangıç glikoz derişimlerinde elde edilen deneysel ve teorik özgül üreme hız (μ) değerlerinin karşılaştırılması.....	55
Şekil 5.7. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) ön işlemsiz (yaş) püre formundaki posalı portakal kabuğu atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında mikroorganizma derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....	58
Şekil 5.8. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) ön işlemsiz (yaş) püre formundaki posalı portakal kabuğu atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında β-karoten derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....	58
Şekil 5.9. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) ön işlemsiz (yaş) püre formundaki posalı portakal kabuğu atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında TİŞ derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....	59
Şekil 5.10. Ön işlemsiz (yaş) püre formundaki posalı portakal kabuğu atığından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında <i>R. glutinis</i> için elde edilen 1/μ'ye karşı 1/S <sub>1</sub> grafiği .....	60
Şekil 5.11. Ön işlemsiz (yaş) püre formundaki posalı portakal kabuğu atığından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında <i>R. glutinis</i> için farklı TİŞ derişimlerinde elde edilen deneysel ve teorik özgül üreme hız (μ) değerlerinin karşılaştırılması.....	60

Şekil 5.12. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) kurutma ön işlemleri uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında mikroorganizma derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....62

Şekil 5.13. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) kurutma ön işlemleri uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında β-karoten derişiminin zamanla değişimi (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....62

Şekil 5.14. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) kurutma ön işlemleri uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında toplam indirgen şeker derişiminin zamanla değişimi (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....63

Şekil 5.15. Kurutma ön işlemleri uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu atığından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında *R. glutinis* için elde edilen 1/μ'ye karşı 1/S<sub>1</sub> grafiği .....64

Şekil 5.16. Kurutma ön işlemleri uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu atığından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında *R. glutinis* için farklı TİŞ derişimlerinde elde edilen deneysel ve teorik özgül üreme hızı (μ) değerlerinin karşılaştırılması.....64

Şekil 5.17. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) kurutma ön işlemleri uygulanmış 0.500-0.707 mm tanecik boyut aralığındaki posasız portakal kabuğu atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla şekerlerin doğrudan elde edildiği doğal besin ortamlarında mikroorganizma derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....66

Şekil 5.18. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) kurutma ön işlemleri uygulanmış 0.500-0.707 mm tanecik boyut aralığındaki posasız portakal kabuğu atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla şekerlerin doğrudan elde edildiği doğal besin ortamlarında β-karoten derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....66

- Şekil 5.19. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) kurutma ön işlemleri uygulanmış 0.500-0.707 mm tanecik boyut aralığındaki posasız portakal kabuğu atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla şekerlerin doğrudan elde edildiği doğal besin ortamlarında TİŞ derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....67
- Şekil 5.20. Kurutma ön işlemleri uygulanmış 0.500-0.707 mm boyut aralığındaki posasız portakal kabuğu atığından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında *R. glutinis* için elde edilen 1/μ'ye karşı 1/S<sub>1</sub> grafiği .....68
- Şekil 5.21. Kurutma ön işlemleri uygulanmış 0.500-0.707 mm boyut aralığındaki posasız portakal kabuğu atığından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında *R. glutinis* için farklı TİŞ derişimlerinde elde edilen deneysel ve teorik özgül üreme hızı (μ) değerlerinin karşılaştırılması.....68
- Şekil 5.22. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) ön işlemsiz (yaş) püre formundaki çekirdeksiz üzüm posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında mikroorganizma derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....72
- Şekil 5.23. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) ön işlemsiz (yaş) püre formundaki çekirdeksiz üzüm posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında β-karoten derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....73
- Şekil 5.24. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) ön işlemsiz (yaş) püre formundaki çekirdeksiz üzüm posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında TİŞ derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....73
- Şekil 5.25. Ön işlemsiz (yaş) püre formundaki çekirdeksiz üzüm posası atığından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında *R. glutinis* için elde edilen 1/μ'ye karşı 1/S<sub>1</sub> grafiği.....74

Şekil 5.26. Ön işlemsiz (yaş) püre formundaki çekirdeksiz üzüm posası atığından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında <i>R. glutinis</i> için farklı TİŞ derişimlerinde elde edilen deneysel ve teorik özgül üreme hız ( $\mu$ ) değerlerinin karşılaştırılması.....	74
Şekil 5.27. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) kurutma ön işlemleri uygulanmış toz formdaki çekirdeksiz üzüm posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında mikroorganizma derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....	76
Şekil 5.28. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) kurutma ön işlemleri uygulanmış toz formdaki çekirdeksiz üzüm posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında $\beta$ -karoten derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....	76
Şekil 5.29. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) kurutma ön işlemleri uygulanmış toz formdaki çekirdeksiz üzüm posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında TİŞ derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....	77
Şekil 5.30. Kurutma ön işlemleri uygulanmış toz formdaki çekirdeksiz üzüm posası atığından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında <i>R. glutinis</i> için elde edilen $1/\mu$ 'ye karşı $1/S_1$ grafiği .....	78
Şekil 5.31. Kurutma ön işlemleri uygulanmış toz formdaki çekirdeksiz üzüm posası atığından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında <i>R. glutinis</i> için farklı TİŞ derişimlerinde elde edilen deneysel ve teorik özgül üreme hız ( $\mu$ ) değerlerinin karşılaştırılması.....	78
Şekil 5.32. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) ön işlemsiz (yaş) püre formundaki havuç posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında mikroorganizma derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....	82

Şekil 5.33. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) ön işlemsiz (yaş) püre formundaki havuç posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında $\beta$ -karoten derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....	83
Şekil 5.34. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) ön işlemsiz (yaş) püre formundaki havuç posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında TİŞ derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....	83
Şekil 5.35. Ön işlemsiz (yaş) püre formundaki havuç posası atığından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında <i>R. glutinis</i> için elde edilen $1/\mu'$ 'ye karşı $1/S_1$ grafiği .....	84
Şekil 5.36. Ön işlemsiz (yaş) püre formundaki havuç posası atığından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında <i>R. glutinis</i> için farklı TİŞ derişimlerinde elde edilen deneysel ve teorik özgül üreme hız ( $\mu$ ) değerlerinin karşılaştırılması.....	85
Şekil 5.37. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) kurutma ön işlemleri uygulanmış toz formundaki havuç posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında mikroorganizma derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm) .....	87
Şekil 5.38. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) kurutma ön işlemleri uygulanmış toz formundaki havuç posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında $\beta$ -karoten derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....	87
Şekil 5.39. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) kurutma ön işlemleri uygulanmış toz formundaki havuç posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında TİŞ derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....	88
Şekil 5.40. Kurutma ön işlemleri uygulanmış toz formundaki havuç posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında <i>R. glutinis</i> için elde edilen $1/\mu'$ 'ye karşı $1/S_1$ grafiği .....	89

- Şekil 5.41. Kurutma ön işlemi uygulanmış toz formundaki havuç posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında *R. glutinis* için farklı TİŞ derişimlerinde elde edilen deneysel ve teorik özgül üreme hız ( $\mu$ ) değerlerinin karşılaştırılması.....89
- Şekil 5.42. 100 g/L katı/sıvı oranında ( $K_1/S$ ) kurutma ön işlemi uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan sonra kalan kuru posalarından asit hidroliziyle elde edilen şekerlerin yer aldığı doğal besin ortamlarında *R. glutinis*'ten  $\beta$ -karoten üretim çalışmalarında elde edilen mikroorganizmanın büyüme eğrileri ( $T=30^\circ\text{C}$ ,  $\text{pH}=5.5$ ,  $\text{KH}=120$  rpm).....96
- Şekil 5.43. 100 g/L katı/sıvı oranında ( $K_1/S$ ) kurutma ön işlemi uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan sonra kalan kuru posalarından asit hidroliziyle elde edilen şekerlerin yer aldığı doğal besin ortamlarında *R. glutinis*'ten  $\beta$ -karoten üretim çalışmalarında elde edilen mikroorganizmanın  $\beta$ -karoten üretim eğrileri ( $T=30^\circ\text{C}$ ,  $\text{pH}=5.5$ ,  $\text{KH}=120$  rpm).....97
- Şekil 5.44. 100 g/L katı/sıvı oranında ( $K_1/S$ ) kurutma ön işlemi uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan sonra kalan kuru posalarından asit hidroliziyle elde edilen şekerlerin yer aldığı doğal besin ortamlarında *R. glutinis*'ten  $\beta$ -karoten üretim çalışmalarında elde edilen mikroorganizmanın TİŞ tüketim eğrileri ( $T=30^\circ\text{C}$ ,  $\text{pH}=5.5$ ,  $\text{KH}=120$  rpm).....98
- Şekil 6.1. 50 g/L glikoz içeren sentetik besin ortamında (A) ve 100 g/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) püre formunda posalı portakal kabuğu (B), kurutma ön işlemi uygulanmış toz formda posalı portakal kabuğu (C), kurutma ön işlemi uygulanmış 0.500-0.707 mm boyut aralığındaki posasız portakal kabuğu (D), ön işlemsiz (yaş) püre formunda üzüm posası (E), kurutma ön işlemi uygulanmış toz formda üzüm posası (F), ön işlemsiz (yaş) püre formunda havuç posası (G), kurutma ön işlemi uygulanmış toz formda havuç posası (H) atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında mikroorganizma,  $\beta$ -karoten ve TİŞ derişimlerinin zamanla değişim eğrileri ( $T=30^\circ\text{C}$ ,  $\text{pH}=5.5$ ,  $\text{KH}=120$  rpm).....107



- Şekil 6.2. 50 g/L glikoz içeren sentetik besin ortamında ve 100 g/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemi uygulanmış portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında *R. glutinis* derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....109
- Şekil 6.3. 50 g/L glikoz içeren sentetik besin ortamında ve 100 g/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemi uygulanmış portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında β-karoten derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....110
- Şekil 6.4. 50 g/L glikoz içeren sentetik besin ortamında ve 100 g/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemi uygulanmış portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında glikoz/TİŞ derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....111
- Şekil 6.5. 100 g/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemi uygulanmış portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarıyla iki aşamalı prosesle (kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında (A) ve ekstraksiyondan sonra kalan posalarından asit hidroliziyle elde edilen şekerlerin yer aldığı doğal besin ortamlarında (B)) toplam mikroorganizma derişimlerinin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....116
- Şekil 6.6. 100 g/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemi uygulanmış portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarıyla iki aşamalı prosesle (kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında (A) ve ekstraksiyondan sonra kalan posalarından asit hidroliziyle elde edilen şekerlerin yer aldığı doğal besin ortamlarında (B)) toplam β-karoten derişimlerinin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....117
- Şekil 6.7. 100 g/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemi uygulanmış portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarıyla iki aşamalı prosesle (kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal

besin ortamlarında (A) ve ekstraksiyondan sonra kalan posalarından asit hidroliziyle elde edilen şekerlerin yer aldığı doğal besin ortamlarında (B)) toplam TİŞ derişimlerinin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm).....117

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

$K_1$	Kaynar suyla ekstraksiyonla şekerlerinin doğrudan elde edilmesi işleminde kullanılan gıda atığının kuru kütle bazındaki miktarı (g)
$K_2$	Ekstraksiyondan sonra kalan ve asidik hidrolize tabi tutulan atık posaların kuru kütle bazındaki miktarı (g)
$K_3$	Ekstraksiyondan sonra kalan atık posaların asit hidrolizle şekerleri elde edildikten sonra kalan kuru kütle bazındaki miktarı (g)
$K_s$	Doygunluk sabiti (en yüksek üreme hızının elde edildiği substrat derişiminin yarısına karşılık gelen substrat derişimi (g TİŞ/L))
$P$	$\beta$ -karoten derişimi (mg $\beta$ -karoten/L)
$P_m$	Üstel üreme evresinin sonunda elde edilen $\beta$ -karoten derişimi (mg $\beta$ -karoten/L)
$P_{m,toplam}$	Ardışık iki proses sonucunda elde edilen toplam $\beta$ -karoten derişimi (mg $\beta$ -karoten/L)
$r'_s$	Toplam indirgen şeker üretim hızı (g TİŞ/dk)
$S_0$	Sentetik besin ortamında başlangıç glikoz derişimi (g glikoz/L)
$S_1$	Gıda atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonuyla şekerlerinin doğrudan elde edildiği doğal besin ortamlarında başlangıç toplam indirgen şeker derişimi (g TİŞ/L)
$S_1'$	Gıda atıklarından ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işleminden geçirildikten sonra kaynar suyla ekstraksiyonla herhangi bir anda elde edilen toplam indirgen şeker (TİŞ) derişimi (g TİŞ/L)
$S_2$	Gıda atıklarının ekstraksiyondan sonra kalan atık posalarının asit hidroliziyle elde edilen şekerlerin yer aldığı doğal besin ortamlarında başlangıç toplam indirgen şeker derişimi (g TİŞ/L)

$S_{\text{topl}}m$	Gıda atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonuyla ve ekstraksiyondan sonra kalan atık posalarının asit hidroliziyle elde edilen toplam indirgen şeker derişimi (g TİŞ/L)
$t$	Zaman (dk, sa)
$T$	Sıcaklık (°C)
$V$	Ekstraksiyonda kullanılan su hacmi (L)
$X$	Üstel üreme bölgesinde herhangi bir zamanda kuru mikroorganizma derişimi (g kuru mo/L)
$X_m$	Üstel üreme evresinin sonunda elde edilen kuru mikroorganizma derişimi (g kuru m.o./L)
$X_{m,\text{topl}}m$	Gıda atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonuyla ve ekstraksiyondan sonra kalan atık posalarının asit hidroliziyle elde edilen doğal besin ortamlarındaki toplam mikroorganizma derişimi (g kuru m.o./L)
$Y_{P/S_0}$	Glikoz birim substrat başına elde edilen $\beta$ -karoten verimi (mg $\beta$ -karoten/g glikoz)
$Y_{P/S_1}$	Gıda atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonuyla elde edilen toplam indirgen şeker derişimi (kuru atık birim substrat miktarı) başına üretilen $\beta$ -karoten miktarı (mg $\beta$ -karoten/g TİŞ)
$Y_{P/S_2}$	Gıda atıklarının ekstraksiyondan sonra kalan atık posalarının asit hidroliziyle elde edilen toplam indirgen şeker derişimi (kuru atık birim substrat miktarı) başına üretilen $\beta$ -karoten miktarı (mg $\beta$ -karoten/g TİŞ)
$Y_{P/X}$	Birim kuru mikroorganizma kütlesi başına elde edilen $\beta$ -karoten miktarı (mg $\beta$ -karoten/g kuru m.o.)
$Y_{P/K_1}$	Kaynar suyla ekstraksiyonla şekerlerin doğrudan elde edildiği besin ortamında birim kuru atık kütlesi başına üretilen $\beta$ -karoten miktarı (mg $\beta$ karoten/g kuru atık)

$Y_{P/K_2}$	Gıda atıklarının ekstraksiyondan sonra kalan atık posalarının asit hidroliziyle elde edilen doğal besin ortamlarında birim kuru atık kütlesi başına üretilen $\beta$ -karoten miktarı (mg $\beta$ karoten/g kuru atık)
$Y_{S_1/K_1}$	Birim kuru gıda atığı kütlesi başına kaynar suyla ekstraksiyonla elde edilen toplam indirgen şeker miktarı (g TİŞ /g kuru atık)
$Y_{S_2/K_2}$	Birim kuru gıda atığı kütlesi başına asidik hidroliz ile elde edilen toplam indirgen şeker miktarı (g TİŞ /g kuru atık)
$Y_{X/S_0}$	Kaynar suyla ekstraksiyonla şekerlerin doğrudan elde edildiği besin ortamında toplam indirgen şeker derişimi başına elde edilen mikroorganizma miktarı (g kuru m.o./g glikoz)
$Y_{Xm/K_1}$	Kaynar suyla ekstraksiyonla şekerlerin doğrudan elde edildiği besin ortamında birim kuru atık kütlesi başına elde edilen mikroorganizma miktarı (g kuru m.o./g kuru atık)
$Y_{Xm/K_2}$	Gıda atıklarının ekstraksiyondan sonra kalan atık posalarının asit hidroliziyle elde edilen doğal besin ortamlarında birim kuru atık posası kütlesi başına elde edilen mikroorganizma miktarı (g kuru m.o./g kuru atık posası)
$\mu$	Mikroorganizmanın özgül üreme hızı (1/sa)
$\mu_m$	Mikroorganizmanın en yüksek özgül üreme hızı (1/sa)
$v$	$\beta$ -karoten üretim hızı (mg $\beta$ -karoten/g kuru mo.sa)

### Kısaltmalar

K/S	Katı/sıvı (g kuru atık/L su)
KH	Karıştırma Hızı
m.o .	Mikroorganizma
TİŞ	Toplam İndirgen Şeker

## 1. GİRİŞ

Gıda endüstrisinde kullanılan prosesler sonucunda çok miktarda gıda atıkları oluşmaktadır. Bunların büyük bir çoğunluğu değerlendirilmeden bertaraf edilirken, bir kısmı ise daha düşük teknolojiler kullanılarak ekonomik değeri az olan ürünlerin (hayvan yemi, gübre, vb.) üretilmesi için kullanılmaktadır. Gıda işleme sırasında ortaya çıkan atıkların etkin bir şekilde değerlendirilmesi, yalnız çevre kirliliğinin önlenmesi açısından değil, katma değer yaratılması ve ürünlerin çeşitlendirilmesi gibi açılardan da önemlidir [1]. Meyve ve sebze işleme endüstrilerinin atıkları genellikle şeker, diğer karbonhidratlar, protein, lif, vitamin ve mineral kaynağı bakımından oldukça zengindir. Ayrıca içerdikleri yağ asitleri ve fenolik bileşenler gibi biyoaktif moleküller, bu atıkları daha da değerli kılmaktadır. Uygun koşullar sağlandığında bu atıkların fermantasyon için besin kaynağı olarak kullanımı çok daha kazançlı olabilmektedir [2].

Karotenoidler renk verici özelliklerinin yanı sıra A vitamini aktivitelerinin yüksek olmasından dolayı antioksidan özellik de göstermektedirler ve bu nedenle diğer doğal pigmentlere kıyasla daha fazla talep görmektedirler [3,4]. Karotenoidler gıda endüstrisinde üretilen ürünlerde istenilen özellikleri sağlamak ve ürünlerin raf ömrünü uzatmak amacıyla tüketicilerin yaygın tercihi doğrultusunda doğal pigmentler olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Karotenoidler içinde A vitamini aktivitesi en yüksek olan ise  $\beta$ -karotendir. Bu özelliği nedeniyle "antioksidan" ya da "provitamin A" olarak gıda takviyesi şeklinde ve kozmetik uygulamalarında; anti-kanser etkisi sebebiyle medikal alanda da yaygın kullanımı vardır [5,6].

$\beta$ -karoten, vücuda gıdalarla doğrudan alınabileceği gibi, çeşitli işlemlerle (fiziksel veya kimyasal) elde edilen formlarının tüketilmesi de mümkündür. Ancak  $\beta$ -karoten kimyasal olarak sentezlendiğinde ve bitkiler tarafından üretildiğinde sadece all-trans formu elde edilirken; mikrobiyal olarak üretildiğinde all-trans formuna ilaveten, hayvansal dokularda daha iyi aktivite gösteren ve anti-kanser özelliği daha fazla olan cis-izomeri de üretilmektedir. Bu nedenle,  $\beta$ -karotenin sağlık, çevre ve maliyet açısından büyük avantaj sağlayan mikrobiyal üretim prosesinin geliştirilmesi üzerine hem deneysel hem de endüstriyel ölçekteki uygulamalar günden güne artmaktadır [7] [8]. Mikrobiyal yöntemlerle büyük ölçekte  $\beta$ -karoten üretimi, ABD,

İsrail ve Avusturalya'da *Dunaliella* türü alglerle gerçekleştirilmektedir. Literatür çalışmaları incelendiğinde, *Haematococcus sp.* (alg), *Penicillium sclerotiorum*, *Phycomyces blakesleanus*, *Blakeslea trispora* (küf), *Micrococcus sp.* *Flavobacterium sp.* (bakteri) gibi çeşitli mikrobiyal türlerin düşük  $\beta$ -karoten üretim verimleri nedeniyle mevcut endüstriyel üretim proseslerine alternatif olamadığı; ancak *Rhodotorula* türü mayalarla yüksek verimle  $\beta$ -karoten elde edilebildiği görülmektedir [9].

Fermantasyonla  $\beta$ -karoten üretim veriminin artırılması ve maliyetin düşürülmesi amacıyla mikrobiyal üreme için gerekli olan şeker kaynağı olarak fazla miktarda şeker içeren gıda atıkları ön işlemden geçirilerek kullanılabilir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, narenciye işleme endüstrileri tarafından her yıl büyük miktarlarda atık üretildiği ve tek başına narenciye kabuğu atıklarının ıslak meyve kütesinin yaklaşık % 50'sini oluşturduğu dikkat çekmektedir. Narenciye atıkları içerdikleri şekerler, çeşitli flavonoidler, karotenoidler, diyet lifi, polifenoller, uçucu yağlar ve askorbik asit ve bazı eser elementlerden dolayı büyük bir ekonomik değere sahiptir [10]. Bir diğer zengin içerikli atık da, meyve suyu ve şarapçılık üretim işlemleri sonucunda büyük miktarda açığa çıkan ve çoğunlukla değerlendirilmeden bertaraf edilen üzüm posasıdır. Üzüm posası, ezilmiş üzüm kütesinin yaklaşık % 10-30'unu oluşturmaktadır ve mayalanmamış şekerler, alkoller, polifenoller, tanenler, pigmentler ve diğer değerli ürünleri içermektedir [11,12]. Dünya genelinde bol miktarda üretilen ve ekonomik tarımsal bir ürün olan havucun işlenmesi sırasında da, havucun neredeyse yarısı posa olarak kalmakta olup, bu kısım yem veya gübre olarak kullanılmakta veya atılmaktadır. Havuç atığının da, yüksek miktarlarda şekerler, fenolik bileşikler ve diyet lifi içerdiği bilinmektedir [11,13]. Bu atıkların içerdiği şekerlerin ve diğer değerli bileşenlerin suya ekstraksiyonla doğrudan elde edilmesiyle başka bir kimyasal kullanmadan mikrobiyal  $\beta$ -karoten üretimi için düşük maliyetli besin ortamları hazırlamak mümkün olduğu gibi, atıkların yapısındaki çözünmeyen polisakkaritlerin asidik veya enzimatik hidrolizle parçalanmasıyla açığa çıkan basit şekerleri içeren besin ortamları da bu amaçla kullanılabilir [9,14,15,16].

Bu tez çalışmasında, yapısında büyük miktarlarda fermente edilebilir basit şekerleri içeren portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarından, hiçbir kimyasal

kullanmadan şekerlerinin ve diğ er besin bileşenlerinin doğrudan ekstraksiyonla eldesiyle ve ardından kalan atıkların asitle hidroliz edilerek polisakkarit yapılarının parçalanması yoluyla basit şekerlerin eldesiyle hazırlanan besin ortamlarında *Rhodotorula glutinis*'ten  $\beta$ -karoten üretimi hedeflenmiştir. Bu amaçla öncelikle, portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıkları, ön işleme tabi tutulmadan (yaş) ya da çeşitli ön işlemlerden (kurutma, otoklavlama, dondurma) geçirildikten sonra kaynar suyla ekstrakte edilerek, atık türüne, uygulanan ön işleme, tanecik boyut aralığına ve katı/sıvı oranına bağlı olarak suya geçen şekerlerin toplam derişimleri ve verimleri karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir.  n işlemsiz (yaş) ve kurutma  n işlemine tabi tutulmuş atıkların kaynar suyla ekstraksiyonuyla elde edilen şekerli sıvı kısımlar doğrudan besin ortamı olarak *R. glutinis* mayası ile  $\beta$ -karoten üretiminde kullanılmış ve fermantasyon sonuçları glikoz içeren sentetik besin ortamında elde edilenlerle karşılaştırılmıştır. Ardından, kurutma  n işlemine tabi tutulmuş portakal, üzüm ve havuç atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan sonra geriye kalan şekerli sıvı kısımları, yine *R. glutinis* mayası ile  $\beta$ -karoten üretimi için besin ortamı olarak kullanılarak  $\beta$ -karoten üretim verimi arttırılmıştır. Böylelikle, ekstraksiyon ve asidik hidroliz proseslerinin ardışık olarak gerçekleştirilmesiyle, bu tarımsal atıkların  $\beta$ -karoten üretiminde besin ortamı olarak en yüksek verimle kullanımı araştırılmış, katma değeri yüksek bir ürün oldukça düşük maliyetle üretilmiş ve gerçekleştirilen katı atık giderimi ile sıfır atık yaklaşımına önemli bir katkıda bulunulmuştur.



## 2. TEMEL BİLGİLER

### 2.1. Gıda Atıkları

Gıda endüstrisinde kullanılan prosesler sonucunda büyük miktarlarda gıda atıkları oluşmaktadır. Bunların büyük bir çoğunluğu çevre kirliliğine yol açmakla birlikte anında imha edilmektedir. Gıda atıklarının bir kısmı ise, daha düşük teknolojiler kullanılarak ekonomik değeri az olan ürünlerin (hayvan yemi, gübre, vb.) üretilmesi için kullanılmaktadır. Gıda işleme sırasında ortaya çıkan atıkların etkin bir şekilde değerlendirilmesi, yalnız çevre kirliliğinin önlenmesi açısından değil, katma değer yaratılması ve ürünlerin çeşitlendirilmesi gibi açılardan da önemlidir[1].

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), meyve ve sebzelerdeki kayıp ve israfın tüm gıda türleri arasında en yüksek olduğunu ve bu değerlerin %60'a ulaşabileceğini bildirmiştir. Meyve ve sebzelerin işleme prosesleri sonucunda, tüm gıda ürün gruplarının yaklaşık % 25 ila % 30'unu oluşturan miktarda yan ürün açığa çıktığı bilinmektedir. Temel olarak çekirdek, kabuk ve posadan oluşan gıda atıkları, büyük miktarlarda karbonhidratlar, azotlu bileşikler, yağlar ve mineral maddelerin yanı sıra, karotenoidler, polifenoller, diyet lifleri, vitaminler ve enzimler gibi pek çok değerli biyoaktif bileşiği içermektedir. Çeşitli biyoaktif bileşenlerin atıklar kullanılarak üretilmesi ya da geri kazanılması, hem atık yönetimi hem de sürdürülebilir kalkınmaya yönelik önemli bir adım olarak görülmektedir [17].

Gıda atıklarının değerli bileşenleri önemli miktarlarda içermesi nedeniyle, Avrupa Birliği'ne üye ülkeler tarafından atık yönetimi hakkındaki 2006/12/CE yönergenin temel alınmasıyla atıkların geri kazanımı veya değerlendirilmesine yönelik bir eylem planı oluşturulmuştur. Bu eylem planı kapsamında, besin içeriği zengin olan tarımsal atıkların kimyasal (hidroliz, dehidrasyon, izomerasyon vb.), biyolojik (enzimatik hidroliz, fermantasyon, anaerobik bozunma) ya da termokimyasal (doğrudan yakma, piroliz vb.) işlemlerle değerlendirilmesi hedeflenmektedir [18].

Meyve ve sebze işleme endüstrilerinin dünya çapında 0.5 milyar tondan fazla atığa katkıda bulunduğu bilinmektedir. Dünya genelinde potansiyeli yeterince değerlendirilemeyen bu hammaddeler, son yıllarda araştırmacıları bu alanda ayrıntılı çalışmalar yapmaya teşvik etmektedir. Meyve ve sebze işleme atıklarının (kabuklar, posa ve çekirdek fraksiyonları) pektin, lipitler, flavonoidler, diyet lifleri vb.

benzeri biyoaktif bileşiklerin geri kazanılmasında potansiyel olarak oldukça uygun hammaddeler olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur [19]. Bu tür atıkların yapısında bulunan basit şekerleri doğrudan suya ekstrakte etmek mümkün olduğu gibi, şekeri uzaklaştırılmış bu atıkların yapılarında yer alan ve suda çözünmeyen polisakkaritleri türüne ve atık içindeki oranlarına göre çeşitli ön işlemlerle (asidik, bazik ve enzimatik hidroliz) parçalayarak yine basit şekerlerin elde edilmesi de mümkündür. Bu aşamalar uygun koşullarda gerçekleştirildiği takdirde, içeriği, şekerlerin yanı sıra vitamin, yağ asitleri ve mineral gibi değerli bileşenler bakımından da oldukça zengin olan bu çözeltiler, katma değeri yüksek pek çok ürünün fermantasyonunda besin ortamı olarak kullanılabilir (Sun and Cheng, 2002). Literatürde gıda atıklarının yapılarında yer alan basit şekerlerin fazladan bir kimyasal kullanmadan sıcak suya ekstraksiyonuyla doğrudan elde edilen besin ortamlarında fermantasyonla değerli ürünlerin üretimi üzerine kısıtlı sayıda çalışma olmasına karşın, biyoatıkların hidrolizi ardından elde edilen besin ortamlarında enzim, etanol, asetik asit, laktik asit ve  $\beta$ -karoten gibi pek çok ürünün fermantasyonla üretilmesiyle ilgili çok fazla çalışmanın bulunduğu görülmektedir [9, 20,21,22].

Meyve ve sebzelerin bileşimleri, ürünün yetiştirildiği yörenin çevresel koşulları, toprağın niteliği, yetiştirme tekniği, olgunluk düzeyi gibi faktörlere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Genel olarak meyvelerin içeriğinde % 80–85 su, % 3–18 karbonhidrat, % 0.2–1.0 azotlu maddeler, % 0.1–0.3 yağ ve % 0.3–0.8 mineral madde bulunmaktadır. Aynı şekilde sebzelerin içeriğinde ise, % 90–95 su, % 3-7 karbonhidrat, % 1-3 azotlu maddeler, % 1' den az yağ ve % 1-2 mineral madde yer aldığı söylenebilir [23].

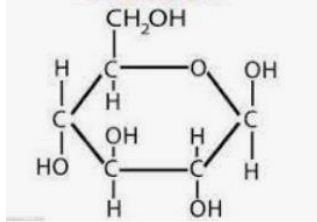
Karbonhidratlar, meyve ve sebzelerin çözünür ve çözünmeyen katı kısımlarının büyük bir bölümünü oluşturan tatlı ya da tatsız bileşiklerdir. Bu moleküller, yapılarında karbon, oksijen ve hidrojen elementlerini bulundurmakta ve bu elementlerin sayısına ve birleşme şekline göre üç grupta toplanmaktadır:

1. Monosakkaritler: Yiyeceklerde yaygın olarak bulunan monosakkaritlerin genel formülleri  $C_6H_{12}O_6$ 'dır. Glikoz (Şekil 2.1.), fruktoz (Şekil 2.2.), galaktoz, mannoz, riboz ve ksiloz en yaygın monosakkaritlerdir. Bu bileşikler suda çözünebilirler. Üzüm,

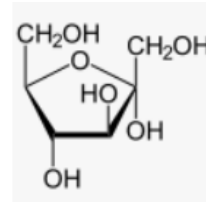
elma, armut, kiraz gibi meyveler glikoz ve fruktoz gibi monosakkaritleri önemli miktarlarda içermektedir.

**2. Disakkaritler:** İki monosakkaritin bir molekül su kaybederek glikozit bağı ile birleşmesinden oluşan şekerlerdir. Molekül formülleri  $C_{12}H_{22}O_{11}$  şeklindedir. Bunlardan laktoz (Şekil 2.3.), glikoz ve galaktozun; maltoz (Şekil 2.4.), iki molekül glikozun; sakkaroz (Şekil 2.5.) ise bir molekül glikoz ile bir molekül fruktozun glikozit bağı ile birleşmesinden oluşmaktadır. Bu moleküller de suda çözünmektedir. Şeker pancarı, şeker kamışı, havuç, portakal, şeftali, kayısı, erik, muz gibi sebze ve meyveler sakkaroz gibi disakkaritleri ihtiva etmektedir.

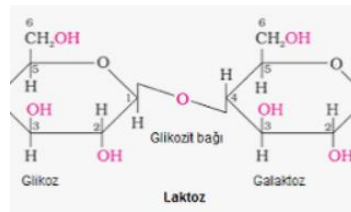
**3. Polisakkaritler:** Monosakkaritlerin glikozit bağı ile birleşerek oluşturdukları polimerik yapılardır. Meyve ve sebzelerdeki polisakkaritler genel olarak nişasta, selüloz, hemiselüloz ve pektinden oluşmaktadır. Bunlar içinde, yapıları oldukça kararlı olan ve bitkisel dokuların odunlaşmış kısmında bulunan selüloz ve hemiselüloz, parçalanmaya karşı oldukça dirençlidir ve suda çözünmemektedir. Bu polisakkaritlerden monosakkaritlerin elde edilmesi ancak asidik ya da enzimatik hidrolizle mümkün olabilmektedir. Mısır, buğday, patates, bezelye, havuç, elma gibi sebze ve meyveler de nişasta, pektin, selüloz gibi polisakkaritleri içermektedir [23,24,25].



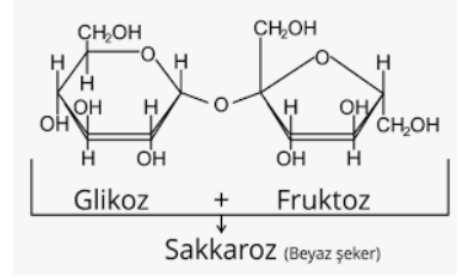
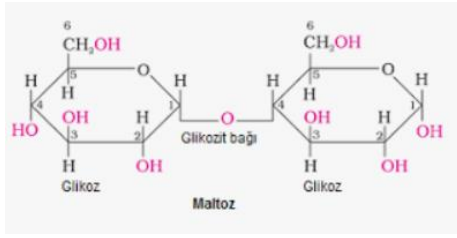
Şekil 2.1. Glikozun kimyasal yapısı [24]



Şekil 2.2. Fruktozun kimyasal yapısı [24]



Şekil 2.3. Laktozun kimyasal yapısı [24]



Şekil 2.4. Maltozun kimyasal yapısı yapısı [24] Şekil 2.5. Sakkarozun kimyasal yapısı [24]

**Azot:** Azot bitkilerde birçok önemli organik bileşiğin yapısında yer alır. Proteinler, amino asitler, nükleik asitler, enzimler, ATP, ADP azot içeren önemli organik bileşiklerdir. Azot bitkide gerçekleşen birçok fizyolojik ve biyokimyasal olayda çok önemli rol oynar. Proteinlerin ve klorofilin sentezinde azotun etkisi çok büyüktür. Bitki hücre duvarının temel yapı taşıdır [26].

Meyve ve sebzeler azotlu bileşikler açısından zengin gıdalar değildirler. Meyvelerin bileşiminde % 0.2-1.0, sebzelerde ise ortalama % 2 düzeyinde bulunurlar. Bunun da % 35-80 kadarını proteinler oluşturur. Buna karşın fındık, badem ve ceviz gibi sert kabuklu meyveler % 20 dolayında protein içermektedir. Yine bezelye, fasulye, mercimek, soya, nohut, bakla ve börülce gibi baklagillerin protein kaynağı olduğu da bilinmektedir.

**Serbest Aminoasitler:** Proteinlerin yapıtaşlarını aminoasitler oluşturmaktadır. Serbest amino asitler suda çözünürler ve meyveler açısından özellikle prolin önem taşımaktadır. Turunçgiller ve üzüm prolin açısından zengindir. Aminoasitler çeşitten çeşide ve yıllara göre değişim göstermektedir. Sebzelerdeki proteinlerin çoğu suda çözünmeyen formdadır.

**Enzimler:** Meyvelerin içerdikleri proteinlerin çeşit ve olgunluk durumuna göre değişmekle birlikte büyük bir kısmını enzimler oluşturmaktadır. Bunlar karbonhidrat metabolizmasında (pektolitik enzimler, selülazlar, amilazlar, sakkarazlar gibi) veya lipid metabolizmasında (lipazlar ve yağ asidi sentezleyen enzimler) ya da protein metabolizmasında (proteazlar ve transminazlar gibi) rol alan enzimlerle, esterazlar, katalazlar ve peroksidazlar gibi enzimlerdir.

**Biyojen Aminler:** Biyojen aminler bazı meyve ve sebzelerde doğal olarak bulunabilmektedir. Biyojenik aminler, hormonlar, alkaloidler, nükleik asitler ve proteinlerin sentezinde azot kaynağı olarak rol almaktadır. Diamino-butan,

spermidin, daiminpentan, histamin, serotonin ve tiramin sebzelerde bulunan biyojen aminlerdir. Portakal, limon, greyfurt, üzüm, ahududu, çilek ve kuşüzümü gibi meyvelerden değişik miktarlarda çok çeşitli biyojenik amin bulunmaktadır. Karnabahar, brokoli havuç, kereviz sebzelerinde diamino-butan ve spermidin bulunmaktadır. Meyve ve sebzelerde bulunma miktarları olgunluk durumuna göre değişir. Muz, ceviz, domates ve ananas gibi meyvelerde de önemli miktarda serotonin bulunmaktadır.

Mineral Maddeler: İnsan vücudunda kemik ve dişlerin normal büyümesi, asit-baz dengesinin korunması, vücut sıvılarının dengelenmesi, kas ve organların düzenli çalışması, enzimlerin etkinliği ve bazı maddelerin sentezi gibi yaşamsal olaylarda mineral maddelerinin önemli görevleri vardır. Meyvelerdeki miktarları tür ve çeşide bağlı olarak büyük farklılıklar göstermektedir. Meyvelerde çoğunlukla suda çözünür formda bulunurlar. Meyve ve sebzelerde bulunan mineral maddelerin önemli bir kısmını potasyum (K) oluşturur. Meyve ve sebzelerde bulunan diğer mineraller Ca, Mg, P, S ve Cl gibi elementlerdir. Na ve Fe düşük miktarlarda bulunur. Ayrıca hayati önemleri olan Zn, Cu, Mn, Co, Mo ve I gibi iz elementlerde bulunmaktadır.

Vitaminler: Meyve ve sebzeler önemli bir vitamin kaynağıdır. Suda çözünen vitaminlerden olan C vitamini (askorbik asit) en yaygın olarak bulunur. B grubu vitaminlerden tiamin, riboflavin, niasin, biyotin ve folik asit gibi vitaminler de az miktarlarda bulunmaktadır. Havuç, kayısı, ıspanak, patates vb. sarı renkli meyve ve sebzelerde önemli miktarda pro-vitamin A niteliğinde karotenoidler, özellikle  $\beta$ -karoten bulunabilmektedir. Lahana, karnabahar, havuç, bezelye, patates ve domates gibi sebzelerde 5-161 IU/100 g düzeyinde K vitamini saptanmıştır. Meyve ve sebzelerde E vitamini (tokoferol) ise yok denecek kadar az bulunurken, D vitamini hiç bulunmaz.

Lipitler: Lipitler dünyadaki canlıların temel organik bileşiklerden biridir. Yağlar, yağa benzeyen maddeler ve yağla birlikte bulunan maddeler (lipoidler) olarak tanımlanabilir.

Lipitlerin kimyasal yapısı ve ortak özellikleri şu şekilde sıralanabilir:

-Yapılarında C, H, O elementleri bulunur. Ayrıca yapılarında C, H, O elementlerinden başka N, P vb. elementleri de bulunabilir.

-Bitkisel organizmalar tarafından sentezlenebilirler.

- Suda çözünmeyen; fakat etil eter, petrol eteri, kloroform, sıcak alkol, benzol, karbon tetra klorür, aseton vb. yağ çözücü organik maddelerde çözünen doğal organik maddelerdir.

- Yağ asitlerinin esterleridir veya yağ asitlerinin esterleri hâline gelebilirler.

- Canlı organizmalar tarafından kullanılırlar.

Lipitler, basit lipitler (gliseridler, mumlar, renk mumları, sterol esterleri ve triterpenik alkollerin esterleri), fosfor ve azot içeren lipitler (gliserin fosfatitler, asetal fosfatitler ve sfingomiyelinler), bileşik lipitler (sakkarolipitler ve lipoproteinler), lipit türevleri (steroller, lipovitaminler, hidrokarbonlar, pro ve antioksidanlar ve lipokromlar) şeklinde sınıflandırılırlar [27].

### 2.1.1. Portakal Atıkları

Dünyada en çok üretilen meyvelerden olan turunçgiller (portakal, greyfurt, mandalina gibi) ülkemizde en fazla Akdeniz, Ege ve kısmen de Doğu Karadeniz bölgelerinde yetiştirilmektedir. Türkiye'deki toplam turunçgillerin % 70'i Çukurova bölgesinde üretilmektedir. En çok portakal, Antalya'da üretilmekte olup, ülkemizin portakal üretimindeki payı % 30 civarındadır. Ege bölgesinde turunçgil üretiminde İzmir öne çıkmakta olup, toplam narenciye üretiminin % 5'i bu bölgeden karşılanmaktadır [28]. TÜİK raporuna göre Türkiye'de 2019 ve 2020 yıllarında üretilen portakal miktarları Tablo 2.1'de sunulmuştur [29].

Tablo 2.1. TUİK verilerine göre 2019 ve 2020 yıllarında Türkiye'de üretilen portakal miktarları [29]

	2019 (Ton )	Pay (%)	2020 (Ton )	Pay (%)	Değişim (%)
Portakal	1 700 000	7.6	1 333 975	5.7	-21.5

Portakal meyvesinin 100 gramında yaklaşık olarak 11.4 g karbonhidrat (9 g şeker, 2.4 g diyet lifi), 0.21 g yağ, 0.7 g protein, 0.51 mg B6 vitamini, 45 mg C vitamini, 43 mg kalsiyum, 10 mg magnezyum ve 169 mg potasyum bulunmaktadır [30]. Portakaldaki şekerlerin yaklaşık % 2.5'ini fruktoz, % 2.5'ini glikoz ve % 4.8'ini sakkaroz oluşturmaktadır. Portakal içerdiği C vitamini sayesinde hücre hasarını

önler. Bunlara ilaveten, portakal suyu karotenoid içeriği bakımından da oldukça zengindir. Antioksidan özelliğe ( $\beta$ -karoten,  $\beta$ -kriptoksantin, zeaksantin ve lutein) ve A vitamini aktivitesine sahip karotenoidler ( $\beta$ -karoten,  $\alpha$ -karoten ve  $\beta$ -kriptoksantin) serbest radikalleri engelleyerek bağışıklık sistemini destekler [28].

Dünya genelinde üretilen portakalların yaklaşık % 40'ı, kurutulmuş ürünler veya marmelatlar, reçeller, taze meyve suyu ve içecekler için aroma maddeleri gibi farklı ticari ürünlerin yapımında kullanılır. İşleme sonucunda büyük miktarlarda yıkama sonrası atık su, katı kalıntılar (esas olarak kabuklar, zarlar ve çekirdekler) ve meyve suyunun ekstraksiyonundan sonra, santrifüjleme hamuru formundaki yarı katı kalıntılar atık ürünler olarak kalır. Taze portakal meyve ağırlığının yaklaşık yarısını oluşturan ve şekerler, lifler, organik asitler, amino asitler ve proteinler, mineraller, yağlar, lipitler, flavonoidler ve vitaminler açısından oldukça zengin olan bu atık biyokütle büyük bir ekonomik değere sahiptir. Bu atıkların uygun şekilde değerlendirildiği takdirde, büyük katma değerli ürünlere dönüştürülebilmesi mümkündür [10,31].

Portakal kabuğu atıklarının farklı ürünlerin eldesi amacıyla değerlendirilmesiyle ilgili literatürde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmaların önemli bir kısmını atıklardaki özellikle fenolik ve flavonoid bileşiklerin, pektinin ve esansiyel yağların kazanımı amacıyla geleneksel çözücüler ile ekstraksiyonu, süperkritik su ekstraksiyonu, derin ötektik çözücülerle yeşil ekstraksiyon ve mikrodalga destekli ekstraksiyon oluşturmaktadır [32,33]. Portakal atığındaki polisakkarit yapının (özellikle hemiselüloz ve pektin) kırılmasıyla basit şekerlerin elde edilmesi amacıyla asidik ve bazik hidroliz yöntemlerinin incelendiği çeşitli çalışmalar da mevcuttur. Bu işlem uygulandığı takdirde, elde edilen ortamda fermantasyonla değerli ürünlerin üretilmesi mümkündür [34,35]. Literatürde ayrıca portakal kabuğu atıklarının oksijensiz ortamda yakılmasıyla, biyogaz, biyo-yağ ve biyo-kömür elde edilen çalışmalar da dikkat çekmektedir. Bu işlem sonucunda elde edilen biyogaz ve biyo-yağ bileşenleri "değerli ürün" olarak görülürken, açığa çıkan biyo-kömür bileşeninin ise oldukça yüksek kapasiteli bir adsorbent olduğu belirtilmiştir [36,37]. Bunlara ilaveten, literatürde portakal kabuğunun metal katalizör üretiminde düşük maliyetli bir destek malzemesi olarak kullanımına dair çalışmaların olduğu da gözlenmiştir [38].

### 2.1.2. Üzüm Atıkları

Üzüm, dünya çapında en yaygın olarak yetiştirilen meyve türlerinden biridir ve dünya genelinde oldukça büyük bir ekonomik değere sahiptir. Türkiye’de 2019 ve 2020 yıllarında üretilen üzüm miktarları Tablo 2.2’de sunulmuştur [29].

Tablo 2.2. TÜİK verilerine göre 2019 ve 2020 yıllarında Türkiye’de üretilen üzüm miktarları [29]

	2019 (Ton )	Pay (%)	2020 (Ton )	Pay (%)	Değişim (%)
Üzüm	4 100 000	18.4	4 208 908	17.8	2.7

Üzüm meyvesinin 100 gramında temelde glikoz ve fruktoz olmak üzere yaklaşık olarak 17 g karbonhidrat, 0.6 g protein, 0.4 g yağ ve 0.8 g posa bulunmaktadır. Bunun yanı sıra üzüm iyi bir vitamin, mineral ve antioksidan kaynağıdır. Ayrıca 100 g yaş üzüm 190 mg potasyum, 18 mg kalsiyum, 0.5 mg demir ve 4 mg C vitamini içerir. Bu bileşiklerin antioksidan, anti-tümör, anti-aging, anti-mikrobiyal ve anti-inflamatuar aktivite gösterdiği ve kardiyovasküler hastalıkların önlenmesinde etkili olduğu bilinmektedir [39,40,41].

Üzümün yaklaşık % 80’i şarapçılık endüstrisi tarafından kullanılmakta olup, geri kalanından üzüm suyu, reçel ve kuru üzüm gibi ürünler elde edilmektedir. Şarap üretimi sırasında, esas olarak kabuk, tohum ve saplardan oluşan tonlarca üzüm posası elde edilir. Açığa çıkan bu katı posa, kullanılan üzümlerin ağırlıkça % 30’undan fazlasını oluşturmaktadır. Bu atıkların çöp olarak imha edilmesi, hem ekolojik hem de ekonomik açıdan bir atık yönetimi sorununa yol açmaktadır [40].

Üzüm posası, çekirdeksiz posa (% 48-62) ve çekirdekten (% 38-52) oluşmaktadır. Posada şekerler (glikoz, fruktoz ve az miktarda sakkaroz), polisakkaritler (lignin, glukon, ksilan ve eser miktarda galaktan, arabinan, mannan), organik asitler, proteinler, antosiyaninler, tanenler ve fenolik bileşikler yer almaktadır [42]. Ancak, zengin içeriğiyle oldukça kıymetli bir atık olan üzüm atıklarının değerlendirilmesiyle ilgili çalışmalar oldukça sınırlıdır [43]. Mevcut çalışmalar bu atıkların çoğunlukla hayvan yemi olarak kullanıldığını göstermektedir [42]. Üzüm atıklarından fenolik bileşiklerin geri kazanımına dair literatür çalışmalarının çoğunluğu geleneksel çözücülerle veya asidik ortamda ekstraksiyon yöntemlerine dayansa da; ultrason



destekli veya nanofiltreli membranlarla ekstraksiyon gibi yöntemlerin de bu amaçla kullanıldığı görülmektedir [44,45,46]. Literatürde üzüm atıklarından çeşitli ön işlemlerle elde edilen besin ortamlarında çeşitli kimyasal bileşiklerin, gıda ürünlerinin, pigmentlerin ve enzimlerin mikrobiyal olarak üretildiği çalışmalar da mevcuttur [47,48,49]. Bu atık biyokütlenin enerji (ısı ve elektrik şeklinde), odun kömürü (biyo-kömür), kimyasal hammadde ve nakliye yakıtları (sıvılar) gibi yüksek değerli ürünlere termal olarak dönüştürülmesi de çevresel ve ekonomik faydalar sağlayabilen alternatif işlem seçenekleridir [50].

Üzüm posası atığının başka bir proste hammadde olarak kullanılmasının, hem atık değerlendirme hem proses maliyeti açısından büyük kazanç sağlaması muhtemeldir.

### 2.1.3. Havuç Atıkları

Havuç dünyada ekonomik açıdan çok önemli, kökleri yenilen sebze türleri içerisinde en fazla bilinen ve aynı zamanda en çok tüketilen türlerden biridir. Havucun küresel ölçekteki üretimi, özellikle son 50 yıldır istikrarlı bir şekilde artmaktadır. Soğuk mevsim mahsulü olan havuç, dünya çapında yetiştirilmekte olup, hem kış hem de yaz aylarında tüketilmektedir. Çin, Özbekistan, Rusya, Amerika Birleşik Devletleri ve Ukrayna dünyanın en çok havuç üreten ülkeleridir [51]. Türkiye’de 2019 ve 2020 yıllarında üretilen havuç miktarları Tablo 2.3’te sunulmuştur [29].

Tablo 2.3. TÜİK verilerine göre 2019 ve 2020 yıllarında Türkiye’de üretilen havuç miktarları [29]

	2019 (Ton )	Pay (%)	2020(Ton )	Pay (%)	Değişim (%)
Havuç	663 882	2.1	588 778	1.9	-11.3

Havucun bileşimi türüne göre değişiklik gösterse de, içeriğinin yaklaşık % 88 su, % 0.7 protein, % 6 karbonhidrat, % 0.5 yağ ve % 2.4 liften oluştuğu söylenebilir. Ulusal Gıda Komisyonu Veri Tabanı havucun karbonhidrat bileşiminin neredeyse tamamının basit şekerlerden oluştuğunu, havucun şeker içeriğinin % 3.46-% 10.74 arasında değiştiğini ve 100 gram havuçta yaklaşık olarak 3.48 gram sakkaroz, 0.7 gram glikoz ve 0.71 gram fruktoz bulunduğunu bildirmiştir [52,53]. Havuç, aynı zamanda iyi bir lif kaynağıdır; çözünmez lifler, selüloz ve hemiselüloz, çok az

miktarda lignin (%4) ile toplam diyet lifinin en büyük bölümünü (% 50 ila % 92) oluşturmaktadır. Fermente olabilen hemiselüloz ve pektinden oluşan toplam lifin % 8 ila %50'sini ise çözünür lifler oluşturmaktadır. Havuç ayrıca, hücrelerin, dokuların ve kemiklerin normal çalışması için gerekli olan magnezyum, kalsiyum, potasyum, fosfor, organik sodyum ve diğer birçok iz element gibi makro ve mikro minerallerin de kaynağıdır [51]. Rengi turuncudan koyu kırmızıya, açık mordan menekşe, sarı veya beyaza değişebilen havuçta bol miktarda A vitaminiyle birlikte B1, B2, C, K, P vitaminleri, likopen, karoten, fosfor, kolik ve pantolen bulunmaktadır. İçeriğindeki en önemli bileşenlerden birisi de gıdalara renk veren karoten türevleridir. Bunlardan en önemlisi, aynı zamanda provitamin A içeren  $\beta$ -karotendir; ancak bununla birlikte yağında  $\alpha$  ve  $\gamma$  karoten de bulundurmaktadır [52].

Havucun zengin bileşimi sayesinde insan sağlığına oldukça büyük faydaları olduğu bilinmektedir. Havucun antioksidan, anti-kanserojen, bağışıklık artırıcı, yara iyileştirici, kardiyovasküler sistemi koruyucu ve kolesterolü düşürücü, anti-diyabetik, anti-enflamatuvar, antibakteriyel ve antifungal etkilerini kanıtlayan pek çok çalışma mevcuttur [51]. Literatürde ayrıca, havucun idrar söktürücü, azot dengeleyici özelliklere sahip olduğu ve ürik asidin ortadan kaldırılmasında etkili olduğunu bildiren çalışmaların da olduğu görülmektedir [54].

Havuç sebzesinin endüstriyel kullanımında hammaddenin %50'si posa olarak kalmakta ve bu posa ya yem ve gübre olarak kullanılmakta ya da atık olarak bertaraf edilmektedir [13,53]. Literatürde havuç atıklarının değerlendirildiği çalışmaların genellikle karotenoid bileşiklerin ya da pektinin ekstraksiyonu üzerine yapıldığı görülmektedir [55,56]. Diğer tarımsal atıklarda olduğu gibi havuç atıkları da bazı ön işlemlerden sonra, içinde değerli kimyasalların veya enzimlerin üretildiği bir fermantasyon ortamına dönüşmektedir [57].

Besin içeriği bu denli kıymetli olan bir hammaddenin çöp olarak atılması yerine farklı ürünlerin üretilmesi için bir kaynak olarak değerlendirilmesiyle, ekonomik açıdan oldukça büyük bir kazanç sağlanması mümkündür.

## **2.2. Karotenoidler**

A vitamininin öncüsü olduğu bilinen karotenoidler, tüm fotosentetik organizmalar ve bazı fotosentetik olmayan prokaryotlar ve ökaryotlar (mayalar ve mantarlar)

tarafından sentezlenen lipofilik izoprenoid bileşiklerdir. Bununla birlikte bazı köklerde, çekirdeklerde, çiçek yapraklarında ve meyvelerde de karotenoidler bulunmaktadır. Buna karşılık, hayvanlarda ve insanlarda sentezlenemeyen bu bileşiklerin vücuttaki varlığı tamamen besin yoluyla alınmasıyla mümkün olmaktadır [7,58].

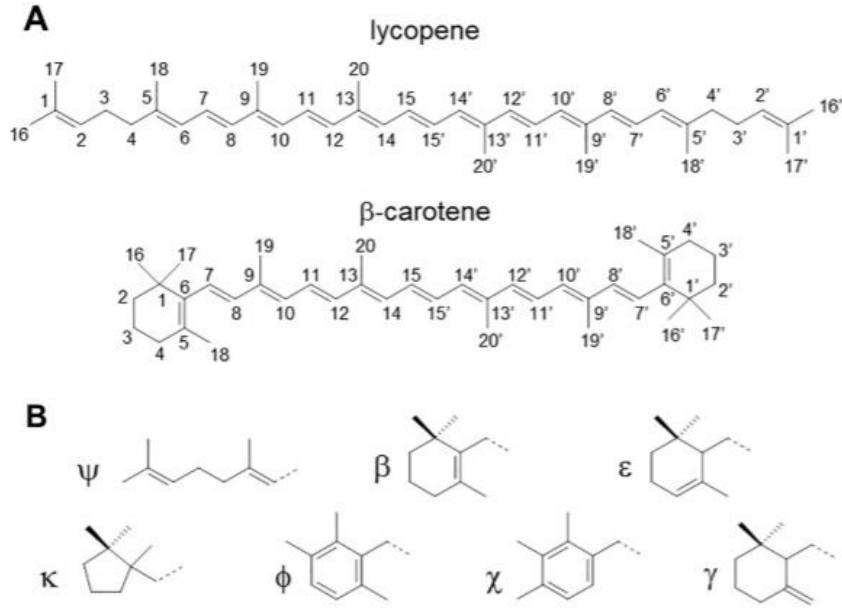
Bir grup olarak karotenoidler ve özellikle hidrokarbon karotenler, suda neredeyse ihmal edilebilir çözünlüğe sahip son derece hidrofobik moleküllerdir ve yağda çözümlenirler [59].

Doğada 600'den fazla karotenoid türü belirlenmiştir. Birçok meyve ve sebze renk sarı ve kırmızıdan turuncuya kadar değişmekte olup, bu yapılar meyve olgunlaşması sırasında yağ asitleri ile esterleşebilir ve renk yoğunluğunda değişiklikler olabilir. Doğal olan karotenoidlerin çoğu bitkilerde trans-izomer olarak bulunmaktadır. Ayrıca, gıda işleme sırasında karotenoidlerin trans-izomerinin izomerizasyonu nedeniyle cis-izomer yapılar artabilmektedir. Karotenoidlerin oluşumunu ve izomerizasyonunu etkileyen ısı, ışık ve yapısal farklılıklar başta olmak üzere pek çok faktör olduğu bilinmektedir. Proseslerde uygulanan ısıtma ve kurutma gibi çeşitli işleme yöntemlerinin de karotenoidlerin izomerizasyonuna ve hatta bozulmasına yol açtığı gözlenmiştir. Karotenoidlerin oksidatif bozunması ise cis-trans izomerizasyonuna ve karotenoid epoksitlerin oluşumuna ve dolayısıyla renk yoğunluğu değişimine yol açmaktadır [8].

Karotenoidler, "karotenler" ve "ksantofiller" olarak iki alt guruba ayrılmaktadır. Karotenler kimyasal yapı bakımından hidrokarbonlardan, ksantofiller de karotenoidlerin oksijenli türevlerinden oluşmaktadır [60]. Daha yaygın olarak bilinen karotenler,  $C_{40}H_{56}$  genel formülüne sahip, alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), gama ( $\gamma$ ), delta ( $\delta$ ), epsilon ( $\epsilon$ ) ve zeta ( $\zeta$ ) gibi çeşitli izomerik formlarda bulunmaktadır.  $\alpha$ - ve  $\beta$ -karoten, karotenlerin iki ana formudur. İnsan vücudunda,  $\beta$ -karoten, ince bağırsak mukozasında  $\beta$ -karoten dioksijenaz tarafından iki retinil molekülüne parçalanmakta ve daha sonra A vitaminine (retinol) indirgenmektedir. Karotenler birçok koyu yeşil ve sarı yapraklı sebze de bulunmakta ve yağda çözünmektedir [8].

Karotenoidler ayrıca, yapılarında uç halkaların olup olmamasına göre siklik veya asiklik karotenoidler olarak da sınıflandırılmaktadırlar. Bir siklik ve bir asiklik

karotenoiddeki numaralandırma şeması ve karotenoidlerde açıklanan farklı temel uç gruplar Şekil 2.6'da gösterilmiştir [58].



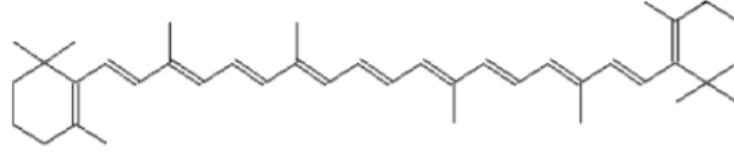
Şekil 2.6. (A) Likopen ve  $\beta$ -karoten karotenoidlerindeki karbon atomlarının numaralandırılması; (B) karotenoid moleküllerinde bulunan uç grupların şematik gösterimi [58]

Karotenoidlerin, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi ve kanser, kardiyovasküler hastalık, yaşa bağlı masküler dejenerasyon ve katarakt oluşumu gibi dejeneratif hastalık riskinin azalmasını sağlayan olumlu etkileri olduğu belirlenmiştir. “Serbest radikal süpürücüler” olarak da tanımlanan bu bileşikler aynı zamanda Alzheimer hastalığının potansiyel bir inhibitörü olarak da görülmektedir [3,7].

## 2.2.1. $\beta$ -Karoten

### 2.2.1.1. Yapısı ve Özellikleri

$\beta$ -Karoten, ortaklaşa karotenoidler olarak adlandırılan ve 600'den fazla bileşikten oluşan bir gruba aittir. Doğal pigmentlerin en yaygın grubu olan karotenoid bileşik ailesinin en iyi bilinen üyesidir. Bir grup olarak karotenoidler için belirtilen tüm özellikler doğal formdaki  $\beta$ -karoten için de geçerlidir. Polien zincirinin her iki tarafında terminal halka sistemi olarak bir  $\beta$ -iyon yapısına sahip  $\beta$ -karoten, molekül formülü  $C_{40}H_{56}$  olan bir hidrokarbondur ve molekül yapısı Şekil 2.7'de sunulmuştur [7,54,59].

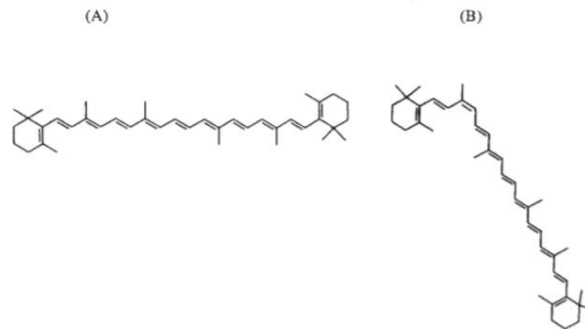


Şekil 2.7.  $\beta$ -karotenin moleküler yapısı [54]

Yapısı retinol molekülü ile aynı olan  $\beta$ -karoten, bir A vitamini öncüsü olarak en yüksek biyoaktiviteye sahip olan bileşiklerdendir. Besin yoluyla alındıktan sonra ince bağırsak mukozasında  $\beta$ -karoten dioksijenaz enzimi ile iki retinil molekülüne parçalanan  $\beta$ -karoten, daha sonra A vitaminine (retinol) indirgenmektedir [8].

$\beta$ -karoten birçok hayvan ve bitki yapısında yer almasına karşın yalnızca bazı bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından sentezlenebilmektedir. Bununla birlikte, bitkiler tarafından  $\beta$ -karotenin yalnızca trans izomeri sentezlenebilirken, mikroorganizmalar tarafından hem cis hem de trans izomeri sentezlenebilmektedir [61]. Bu nedenle, doğal  $\beta$ -karotenler çoğunlukla all-trans izomerler formunda bulunmaktadır (Şekil 2.8) Ancak all-trans- $\beta$ -karoten yapısı oldukça kararsızdır ve ısı veya ışığa maruz kaldığında bozunabilmektedir [8,59].

Cis- $\beta$ -karoten izomerlerinin hayvansal dokularda daha iyi eridiği ve kansere karşı aktivitesinin daha fazla olduğu belirlendiğinden bu yana bu yapının kanser tedavisinde kullanımıyla ilgili çalışmalar ve uygulamalar belirgin şekilde artmıştır [7,8]. Dolayısıyla, son yıllarda  $\beta$ -karotenin mikrobiyal yöntemlerle üretimi üzerine yapılan çalışmalar önem kazanmıştır.



Şekil 2.8. All-trans- $\beta$ -karoten (A) ve 9-cis-trans- $\beta$ -karoten (B) molekül yapılarının şematik gösterimi [59]

### **2.2.1.2. Kullanım Alanları**

$\beta$ -karotenin doğal bir pigment olmasının yanı sıra, besin içeriğinin de oldukça kıymetli olması, gıda endüstrisinde bu bileşiğe olan talebi arttırmaktadır. Bu nedenle  $\beta$ -karoten, tropikal meyveler, yemeklik yağlar, peynir, hamur işleri ve dondurma tadına sahip gıdalar, ısı işlem görmemiş alkolsüz içecekler de dâhil olmak üzere birçok üründe turuncu-kırmızı pigment olarak kullanılmaktadır.  $\beta$ -karotenin ayrıca, ilaç endüstrisinde tabletler için renklendirici ajan olarak ve kozmetik endüstrisinde cilt lezyonlarını UV ışınlarının olumsuz etkilerinden koruyan kremlerin biyoaktif bileşeni olarak kullanımı da söz konusudur [62].

Yüksek biyoaktivitesinden dolayı tıpta da yaygın olarak kullanılmakta olan  $\beta$ -karoten; embriyo gelişimini, sağlıklı büyümeyi ve görmeyi doğrudan etkilediği bilinen provitamin A'nın önemli bir kaynağıdır. Besin yoluyla dışarıdan alındığında vücutta serbest radikal tutucu ajan ve tek oksijen söndürücü olarak işlev görmektedir. Bu sayede hastalıklara neden olan bazı genleri inhibe ederek antimitojenik ve bağışıklık sistemini güçlendirici özellik gösteren  $\beta$ -karoten, bazı kanser türlerine karşı olası koruyucu etkileri nedeniyle son yıllarda büyük ilgi görmektedir [7,62].

### **2.2.1.3. Üretim Yöntemleri**

Değerli pigment ve vitamin kaynağı olan karotenoidlerin üretim teknolojileri ile ilgili gelişmeler hem literatürde hem de endüstriyel uygulamalarda büyük ilgi görmektedir. İnsan vücudunda çok sayıda biyolojik işlevi olan ama insanlar tarafından sentezlenemeyen bu değerli bileşiklerin gıda veya ilaçla dışarıdan alınması gerekmektedir. Günümüzde sağlıklı beslenme ve gıda güvenliği konusunda kitlesel bilincin hızla artmasından kaynaklanan pazar talebi, üretim yöntemlerinin daha fazla geliştirilmesini de teşvik etmektedir [62].

$\beta$ -karoten üretim proseslerinin gelişim süreçleri incelendiğinde, hem bitkilerin hem de mikroorganizmaların bu amaçla kullanılmakta olduğu görülmektedir. Başlangıçta  $\beta$ -karoten, bitkilerden (çoğunlukla havuçtan) fizikokimyasal ekstraksiyon yoluyla elde edilmekteydi. Ancak bitkisel materyalden karotenoid üretim prosesinde hammaddenin yüksek maliyetinin yanı sıra, coğrafi konuma ve mevsime göre hammadde miktarında ve özelliklerinde gözlenen değişim, önemli dezavantaj oluşturmuştur. Ayrıca birim biyokütle başına elde edilen üretim miktarının oldukça

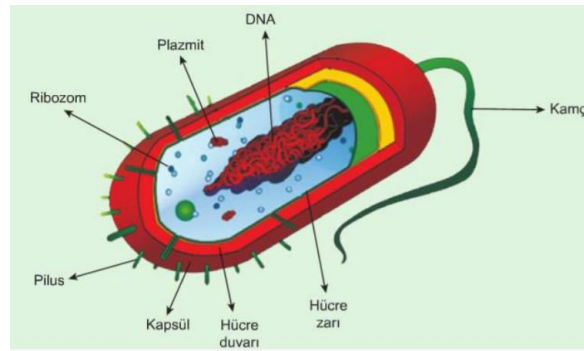
düşük olması da, alternatif yöntem arayışlarına neden olmuştur. 1950'lerde Karrer, Eugster, Inhoffen ve Milas tarafından geliştirilen karotenoidleri kimyasal olarak sentezleme yöntemleri, uzun süre boyunca sektörün ihtiyacının büyük bölümünün karşılanmasında kullanılmıştır (Bristol Üniversitesi web sayfası). Ancak son zamanlarda tüketicinin doğal kaynaklı bileşiklere yönelmesi nedeniyle, biyoteknolojik yöntemlerle üretilen  $\beta$ -karotene büyük bir talep oluşmaya başlamıştır. Bununla birlikte,  $\beta$ -karotenin hayvansal dokularda en iyi çözünürlüğe sahip olan ve en fazla anti-kanser özelliği gösteren izomerinin sadece mikrobiyal üretimle elde edilebiliyor olması da, aynı zamanda doğal ve çevre dostu olan bu yöntemle ilgiyi de oldukça arttırmıştır [62].

## 2.3. Mikroorganizmalar

### 2.3.1. Mikroorganizmaların Genel Özellikleri

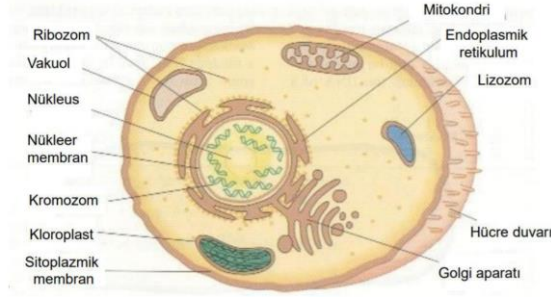
Canlılar aleminin en küçük yapı taşı olan mikroorganizmalar RNA analizlerine göre prokaryotlar ve ökaryotlar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

1. Prokaryotlar: En ilkel tek hücreli canlılardır. Bakteriler ve mavi-yeşil algler bu sınıfa girmektedir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Prokaryotik hücre yapısı [63]

2. Ökaryotlar: Hücre zarı içeren ökaryotik hücreler, prokaryotlara göre daha gelişmiş hücresel yapılardır. Mantarlar (mayalar, şapkallı mantarlar, küf mantarları), protozoalar (tek hücreli hayvanlar) ve su yosunları bu sınıfa girmektedir (Şekil 2.9.) [63]



Şekil 2.9. Ökaryotik hücre yapısı [63]

Mikroorganizmalar, biyosferin su olan her yerinde, aynı zamanda okyanus tabanındaki sıcak su kaynaklarında, atmosferin üst tabakalarında ve yer kabuğunun iç kısımlarındaki kayaların derinliklerinde, bazı gıda maddelerinde ve canlıların deri ve bağırsaklarında yaşamaktadır. Bu canlılar; medikal uygulamalar, protein ayırma, genetik çalışmalar, enzim ve çeşitli ürünlerin eldesi gibi biyokimya mühendisliği kapsamındaki pek çok alanda ve atık su arıtımı gibi ekolojik süreçlerde yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bakteriler, mayalar ve tek hücreli alglerin hücrelerinin büyük bir kısmı (%75-80) sudan oluşurken, kalan kuru ağırlıkları ise proteinlerden, lipidlerden, polisakkaritlerden ve nükleik asitlerden oluşmaktadır [9].

### 2.3.2. Mikroorganizmaların Üretilmesi ve Üretimi Etkileyen Faktörler

Mikroorganizmaların üretilmesinde besin kaynağı olarak kullanılan karbon, azot ve mineral bileşiklerin türü ve miktarı üremeyi etkileyen en önemli parametrelerdendir. Karbon kaynağı olarak glikoz, fruktoz, sakkaroz, ksiloz, arabinoz gibi 6- ve 5-karbonlu şekerler; azot kaynağı olarak ise,  $\text{NH}_4$  ve  $\text{NO}_3$  gibi azot içeren anorganik bileşikler veya pepton, maya özütü, protein gibi organik azot kaynakları kullanılabilir [64]. Bununla birlikte, O, H, P, S, K, Ca, Mg, Fe gibi elementler de uygun şekilde kullanıldığında, mikroorganizmaların üreme ve ürün üretim verimleri de oldukça olumlu yönde etkilenmektedir [64,65]. Bu açıdan değerlendirildiğinde, gıda atıklarından uygun şekilde elde edilen besin ortamlarının, mikroorganizmaların üremek için ihtiyaç duyduğu tüm karbon, azot ve mineral bileşenleri içermesi mümkün gözükmemektedir.

Besin ortamında yer alan besin bileşenlerinin ve derişimlerinin yanısıra, ortam pH'ı, sıcaklığı, çözülmüş oksijen derişimi de mikroorganizmaların üretilmesinde önemli



diğer parametrelerdendir. Bu parametrelerin en uygun değerleri mikroorganizma türüne göre farklılık göstermektedir [65,66].

Besin ortamının pH değeri, mikrobiyal hücre organellerinin işleyişini doğrudan etkilemektedir. Asidik ortam hidronyum iyonunun; bazik ortam ise hidroksil iyonunun hücre içine aktarımına neden olmaktadır. Bu iyonların derişimi belli bir değerin üzerinde olduğunda, organellerin çalışması olumsuz etkilenmekte ve hücre gelişimi yavaşlamaktadır [64]. En uygun çalışma pH değerleri, bakteriler için 3.0-8.0, mayalar için 3.0-6.0, küfler için 3.0-7.0, bitki hücreleri için 5.0-6.0 ve hayvan hücreleri için 6.5-7.5 aralığında değişiklik göstermektedir [66].

En uygun üreme sıcaklığı da mikroorganizma türüne göre değişiklik göstermektedir. Ancak hücre üremesi için gerekli olan optimum sıcaklık, bazı durumlarda hücreler tarafından üretilen enzimler veya metabolitler gibi yan ürünlerin sentezlenebilmesi için uygun olmayabilir. Bu durumda mikrobiyal üretimin gerçekleştirildiği sistemde bazı modifikasyonlar yapmak gerekebilir [9].

Besin ortamındaki çözünmüş oksijen derişimi aerobik mikroorganizmaların gelişebilmesi için gerekli olan kritik bileşenlerden biridir. Mikrobiyal büyüme için gerekli olan oksijen, havadaki oksijenin besin ortamının yüzeyine difüzyonla aktarılmasıyla sağlanır. Etkili bir difüzyon prosesi için besin ortamına sürekli karıştırma işlemi uygulanmaktadır. Oksijen bulunan ortamlarda hücrel enzimleri bloke olan anaerobik mikroorganizmalar geliştirilirken ise gerekli oksijensiz ortamı sağlamak için besin ortamına CO<sub>2</sub> veya N<sub>2</sub> eklenebilir [66,67].

### **2.3.3. Mikroorganizmanın Üreme Eğrisi**

Mikroorganizmanın çoğalması hücre bileşenlerinin düzenli artışı ve büyüyen hücrenin bölünmesi ile tamamlanan süreçtir. Mikroorganizmalarda çoğalma, mikroorganizmanın fizyolojik çevreye tepkisi olarak düşünülür ve her mikroorganizmanın fizyolojik çevreye olan tepkisi değişiktir. Bazı cins ve tür mikroorganizmaların değişen çevre koşullarında morfolojik formları değişebildiği gibi, içediği enzimler ve diğer hücre bileşenlerinin miktar, çeşit ve aktiviteleri de değişebilmektedir [68]

Mikrobiyal üreme prosesinde üreme, besin ortamına kültürün ilave edilmesiyle başlar ve substrat miktarının tüketilmesiyle birlikte azalmaya başlar. Mikroorganizma üremesi beş evrede gerçekleşmektedir (Şekil 2.10.) [9].

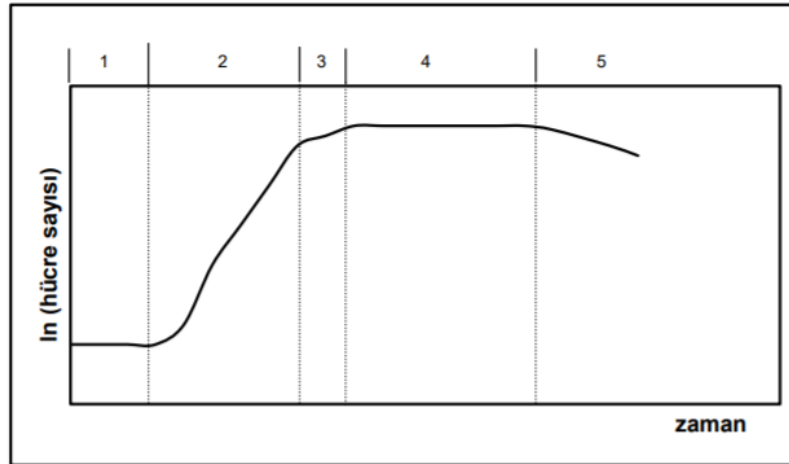
1. Gecikme evresi: Hücrelerin ortama uyum sağlama süreci olan bu evrede hücre sayısında artış gözlenmemektedir.

2. Üstel üreme evresi: Hücrelerin en yüksek hızda büyüdüğü evredir. Logaritmik faz olarak da adlandırılmaktadır. Bu evrede hem hücre sayısı hem de hücre kütlesi üstel olarak artmaktadır.

3. Duraklama evresi: Besin ortamında bulunan temel besin maddelerinin azalması ve mikroorganizma tarafından üretilen atıkların birikmesiyle birlikte bu evrede mikroorganizma büyümesinde yavaşlama gözlenmektedir.

4. Durağan evre: Bu evrede mikroorganizmanın üreme hızının ölüm hızına eşit olması sebebiyle net büyüme hızı sıfırdır.

5. Ölüm evresi: Bu aşamada mikroorganizmanın üremesi için gerekli besin maddeleri tükenmiş ve üretilen atık maddeler nedeniyle ortamda toksik maddeler oluşmuştur. Ölüm hızı, çoğalma hızından fazla olduğu için mikroorganizma derişimi azalmaya başlamaktadır [61].



Şekil 2. 10. Mikroorganizmanın üreme evreleri [9]

#### 2.3.4. Mayalar

Mayalar, mantar ailesinden tek hücreli canlılardır ve doğada yaygın olarak bulunmaktadır. Hücre yapıları polisakkaritler, proteinler, nükleik asitler ve

lipitlerden oluşmaktadır. Hücre zarı fosfat, protein ve lipit yapıdadır. Hücrelerin % 75'i su, kalan kısmı ise diğer maddelerden oluşur. Diğer maddelerin yarısını proteinler, kalan bölümünü karbonhidratlar, aminoasitler, vitaminler, peptitler, enzimler, yağlar ve vitaminler oluşturmaktadır. Mayaların yaşadıkları ortam koşullarına bağlı olarak hücre yapıları farklılık göstermektedir. Hücre şekilleri küresel, oval veya silindirik olabilmektedir. Hücre boyları ise 2-50 µm arasında değişim göstermektedir [61].

Mayaların üremeleri bölünerek ya da tomurcuklanarak olmaktadır. Bölünerek çoğalan maya hücreleri, hücre ortasından bölünerek bir ara bölme oluşturmaktadır. Hücrenin buradan ikiye ayrılmasıyla aynı büyüklükte iki yavru hücre meydana gelmektedir. Tomurcuklanarak çoğalan mayalarda ise, tomurcuklanma ile bir hücreden bir veya daha çok çıkıntı meydana gelmekte ve bunlar yeni hücreler halinde gelişmektedir. Gelişen bu hücreler daha sonra ana hücreden ayrılmasıyla yeni hücreler oluşmaktadır. Tomurcuklanarak çoğalan bir maya hücresi yaklaşık 50-55 defa tomurcuklanabilmektedir [64].

Mayaların üremesi ortam şartlarına (pH, sıcaklık ve oksijen derişimi) ve besin bileşenlerine bağlıdır. Mayaların iyi gelişebilmeleri için en uygun pH değeri 4.0-5.5; en uygun sıcaklık ise 25-30°C arasında değişiklik göstermektedir. Mayaların üremesi için en önemli olan besin maddesi şekerlerdir. Bu şekerler glikoz, fruktoz, laktoz, sakkaroz olabilir. Ayrıca azot, fosfor, kalsiyum, magnezyum, potasyum gibi besin bileşenlerine de gereksinim vardır [61].

#### **2.3.4.1. *Rhodotorula* Türü Mayalar**

*Rhodotorula* türü mayalar havada, toprakta, mandıralarda, göllerde, okyanuslarda bulunmakta olup, bitkilerde, insanlarda ve diğer memelilerde hızla büyüyen koloniler oluşturabilmektedir. Yumuşak, parlak, donuk renklere ya da kabarık yapıda olması mümkün olan bu yapılar pembe, turuncu, sarı ya da mercan kırmızısı renklere olabilirler. *Rhodotorula* türü mayalar üç aktif cins içermektedir: *Rhodotorula glutinis*, *Rhodotorula minuta* ve *Rhodotorula mucilaginosa (rubra)* [61]. Bu mayalar; lipitler, karotenoidler ve enzimler gibi endüstriyel öneme sahip çok sayıda metaboliti sentezleme yeteneğine sahiptir [69].

## ***Rhodotorula glutinis***

*Rhodotorula glutinis*, endüstriyel öneme sahip; çeşitli karotenoidlerin yanı sıra pek çok enzimi de üretebilen bir maya türüdür. Bu mayalar  $\beta$ -karoten, torulen ve torularhodin gibi karotenoidleri ve özellikle fenilalanin amonyak liyaz (PAL) gibi enzimleri sentezleyebilmektedir. Bu mayanın biyokütlesi, değerli yağ asitlerinden olan oleik, linoleik ve palmitik asit eldesi için önemli bir kaynaktır. Ayrıca, yüksek oranda lipit içeren bu hücrelerin üçüncü nesil biyodizel üretiminde kaynak olarak kullanımı da mümkündür [69].

### **2.4. Mikrobiyal $\beta$ -Karoten Üretimi ile İlgili Literatür Çalışmaları**

$\beta$ -karotenin mikrobiyal yöntemlerle üretimi, özellikle 1950'li yıllardan itibaren üzerinde durulmakta olan proseslerdendir. Yapılan çalışmalar, kullanılan mikroorganizmanın ve besin kaynağı olarak kullanılan substratın,  $\beta$ -karoten üretim veriminde kritik önem taşıdığını göstermektedir.

2003 yılında Roukas ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, *Blakeslea trispora* suşunun melastan ve peynir altı suyundan elde edilen besin ortamlarında  $\beta$ -karoten üretim verimi karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Araştırmacılar enzimle hidroliz işlemi sonrasında 50 g/L şeker içeren melaslı besin ortamında 62.5 mg/L derişiminde  $\beta$ -karoten üretildiğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte, maya özütü, mineraller ve bazı yağlarla desteklenen peynir altı suyunun besin ortamı olarak kullanıldığı durumda üretilen  $\beta$ -karoten miktarının ise 3050.0 mg/L olduğunu göstermişlerdir [14].

Aksu ve Eren tarafından 2007 yılında yapılan ve şeker kaynağının yanı sıra, ortam pH'ı, sıcaklığı, çalkalama hızı ve havalandırma hızının *R. glutinis*'in  $\beta$ -karoten üretimi üzerine etkilerinin incelendiği çalışmalar, en yüksek karotenoid derişimi olan 125 mg/L'ye başlangıç pH'ı 6.0 olan ve 20 g/L melas şurubu içeren besin ortamında 30°C'de ulaşıldığını göstermiştir [15].

Nasrabadi ve Razavi tarafından 2011 yılında yayımlanan çalışmada, peynir altı suyunun ultrafiltrasyon işlemi sonrasında elde edilen ortamda, genetiği değiştirilmiş *Rhodotorula acheniorum* MRN suşu ile  $\beta$ -karoten üretim koşulları optimize edilmiştir. Elde edilen verilere göre, 55 g/L laktoz ve 3.5 g/L amonyum sülfat içeren ve pH'ı 5.85 olan ortamda, 23°C'de ve 1.56 vvm havalandırma hızında 284.34 mg/L

derişimde toplam karotenoid üretildiği ve bunun da % 92'sinin β-karoten olduğu gösterilmiştir [16].

2011 yılında Saenge ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise, karbon kaynağı olarak gliserolun ve azot kaynağı olarak amonyum sülfatın kullanıldığı besin ortamında *R. glutinis* suşu ile karotenoid ve lipid üretimi gerçekleştirilmiştir. Yarı kesikli bir sistemde yapılan çalışmalar sonucunda 135.25 mg/L β-karoten üretildiği rapor edilmiştir [70].

Marova ve arkadaşları 2012 yılında yaptıkları çalışma ile karotenoid üretiminde çeşitli tarımsal atıkların mikrobiyal üreme için karbon ve/veya azot kaynağı olarak kullanımını araştırmışlardır. Bu amaçla *Sporobolomyces roseus*, *Rhodotorula glutinis*, *Rhodotorula mucilaginosa* türlerinin kullanıldığı çalışma kapsamında, doğal besin ortamlarına maya özütü ve vitamin gibi sentetik bileşenlerin ilavesinin etkileri de araştırılmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen veriler, *Rhodotorula* türlerinin karotenoidleri daha yüksek verimle ürettiğini ve maya özütü ilavesinin verimi belirgin şekilde arttırdığını göstermiştir. % 5 oranında tuz ilave edilen patates atıklarından elde edilmiş ortamda *R. mucilaginosa* CCY 20-7-31 suşu ile 56 mg/L derişiminde β-karoten elde edilmiştir [71].

2020'de yaptıkları çalışmada, Liu ve arkadaşları buğday sapından elde edilen hidrolizat ortamında *Monascus purpureus* suşu ile 24.58 mg/L derişiminde karotenoid ürettiklerini belirtmişlerdir [72].

Bonfiglio ve arkadaşları 2021 yılında gerçekleştirdikleri çalışmada *Rhodotorula toruloides* suşuyla darı ve okalıptüs dallarının hidrolizatından elde edilen besin ortamlarında karotenoid üretimini incelemişler ve her iki ortamın da toplam indirgen şeker içeriğinin yüksek olmasına karşın, iki ortamda da mikrobiyal üremenin gerçekleştirilemediğini beyan etmişlerdir [73].

Bu tez çalışmasında ilk olarak *R. glutinis* mayası ile portakal kabuğu, üzüm ve havuç atıkları ön işleme tabi tutulmadan (yaş) ya da çeşitli ön işlemlerden (kurutma, otoklavlama, dondurma) geçirildikten sonra kaynar suyla ekstrakte edilerek doğrudan elde edilen şekerli besin ortamlarında ve daha sonra şekeri alınmış her bir posanın asidik hidrolizi ile elde edilen şekerli besin ortamında β-karoten üretimi araştırılmıştır. Böylece hem katma değerı yüksek bir ürün yüksek verimde elde

edilmiş, hem de atıkların büyük ölçüde giderimi ile sıfır atık yaklaşımına katkı sağlanmıştır.

### 3. DENEY SİSTEMİNİN MATEMATİKSEL TANIMLANMASI

#### 3.1. Gıda Atıklarından Ön İşlemsiz (Yaş) ve Çeşitli Ön İşlemlerden Geçirildikten Sonra Kaynar Suyla Ekstraksiyonla Şekerlerin Doğrudan Eldesi

##### 3.1.1. Gıda Atıklarından Ön İşlemsiz (Yaş) ve Kurutma Ön İşleminde Geçirildikten Sonra Kaynar Suyla Ekstraksiyonla Şekerlerin Doğrudan Eldesinde Şeker Ekstraksiyon Hızı

Portakal, üzüm ve havuç atıklarından ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işleminden geçirildikten sonra kaynar suyla ekstraksiyonla şekerlerin doğrudan eldesinde, toplam indirgen şeker (TİŞ) derişiminin ( $S_1'$ ) zamanla değişim eğrisine  $t=0$  anında çizilen teğetin eğimi şeker ekstraksiyon hızı ( $r_{S_1'}$ ) olarak tanımlanmıştır ve Eşitlik 3.1. ile ifade edilmiştir.

$$r_{S_1'} = \left. \frac{dS_1'}{dt} \right|_{t=0} \quad (3.1.)$$

Burada;

$S_1'$  : Gıda atıklarından ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işleminden geçirildikten sonra kaynar suyla ekstraksiyonla herhangi bir anda elde edilen toplam indirgen şeker (TİŞ) derişimi (g TİŞ/L)

$r_{S_1'}$ : Şeker ekstraksiyon hızı (g TİŞ/dk)

##### 3.1.2. Gıda Atıklarından Ön İşlemsiz (Yaş) ve Çeşitli Ön İşlemlerden Sonra Kaynar Suyla Ekstraksiyonla Doğrudan Şekerlerin Eldesinde ve Ekstraksiyondan Sonra Kalan Atık Posadan Asit Hidrolizi ile Doğrudan Şekerlerin Eldesinde Şeker Verimi

Ön işlemsiz (yaş) ve çeşitli ön işlemlerden (kurutma, otoklavlama, dondurma) geçirilmiş gıda atığından belli katı/sıvı oranında ( $K_1/S$ , g kuru atık/L su) kaynar suyla ekstraksiyonla elde edilen en yüksek toplam indirgen şeker (TİŞ) derişimi ( $S_1$ , g TİŞ/L su) nin katı/sıvı oranına oranı, şeker verimi olarak tanımlanmış ve Eşitlik 3.2. ile gösterilmiştir.

$$Y_{S_1/K_1} = \frac{S_1}{K_1/S} \quad (3.2)$$

Burada;

$Y_{S_1/K_1}$  : Birim kuru atık kütlesi başına elde edilen toplam indirgen şeker miktarı (g TİŞ/g kuru atık)

Kurutma ön işlemine tabi tutulmuş gıda atığından belli katı/sıvı oranında ( $K_1/S$ , g kuru atık/L su) kaynar suyla ekstraksiyonla şekerler elde edildikten sonra, kalan posanın katı/sıvı oranında ( $K_2/S$ , g kalan kuru posa/L su) asit hidrolizi ile şeker eldesinde elde edilen en yüksek şeker derişiminin ( $S_2$ , g TİŞ/L) katı/sıvı oranına oranı, şeker alınmış posadan asit hidroliziyle şeker eldesindeki şeker verimi olarak tanımlanmış ve Eşitlik 3.3. ile verilmiştir.

$$Y_{S_2/K_2} = \frac{S_2}{K_2/S} \quad (3.3)$$

$Y_{S_2/K_2}$  : Birim kalan kuru posa kütlesi başına elde edilen toplam indirgen şeker miktarı (g TİŞ/g kalan kuru posa).

### 3.2. Kesikli Sistemde Mikrobiyal Üremenin ve $\beta$ -Karoten Üretiminin Matematiksel Tanımlanması

#### 3.2.1. Mikroorganizmanın Özgül Üreme Hızı

Kesikli sistemde gerçekleştirilen mikrobiyal üremede üstel üreme bölgesindeki mikroorganizma derişiminin zamanla değişimi Eşitlik 3.4. ile ifade edilmektedir [65,66].

$$\frac{dX}{dt} = \mu X \quad (3.4)$$

Eşitlik 3.4'ün  $t=0$  anında  $X=X_0$ ,  $t=t$  anında  $X=X$  sınır koşullarında integrasyonu ile Eşitlik 3.5 elde edilir.

$$\ln \frac{X}{X_0} = \mu t \quad (3.5.)$$

Burada;

$\mu$  : Özgül üreme hızı (1/sa)



X : Üstel üreme bölgesinde herhangi bir zamanda kuru mikroorganizma derişimi (g kuru m.o./L)

t : Zaman (sa)'dır.

$\ln(X/X_0)$ 'e karşı t grafiği çizildiğinde üstel üreme evresindeki eğim özgül üreme hız sabitini vermektedir.

### 3.2.2. Mikroorganizmanın $\beta$ -Karoten Üretim Hızı

Üretilen  $\beta$ -karoten derişimine karşı zaman eğrisinin üstel üreme evresindeki eğiminin  $X_m$ 'e bölünmesiyle  $\beta$ -karoten üretim hızı elde edilmektedir (Eşitlik 3.6.).

$$v = \frac{1}{X_m} \frac{dP}{dt} \quad (3.6.)$$

v :  $\beta$ -karoten üretim hızı (mg  $\beta$ -karoten/g kuru m.o. sa)

P :  $\beta$ -karoten derişimi (mg  $\beta$ -karoten/L)

$X_m$  : Üstel üreme evresinin sonunda elde edilen en yüksek kuru mikroorganizma derişimi (g kuru m.o./L)

### 3.2.3. $\beta$ -Karoten Verimi

Tez çalışması kapsamında üretilen  $\beta$ -karoten için ürün verimi, mikroorganizma derişimine ve başlangıç substrat (TİŞ) derişimine bağlı olmak üzere iki şekilde tanımlanmıştır.

#### 3.2.3.1. Mikroorganizma Derişimine Bağlı $\beta$ -Karoten Verimi

Ürün oluşumunun mikroorganizma derişimi ile paralel gittiği sistemlerde, ürün oluşum hızı ile özgül üreme hızı arasındaki sabit bir oran vardır. Bu oran mikroorganizma derişimine bağlı  $\beta$ -karoten verimi olarak tanımlanır (Eşitlik 3.7)

$$Y_{P/X} = \frac{\Delta P}{\Delta X} \quad (3.7)$$

Başlangıçta sıfır olan ürün derişiminin üstel üreme evresinin sonunda en yüksek değerine ( $P_m$ ), keza mikroorganizma derişiminin de üstel üreme evresinin sonunda en yüksek değerine ( $X_m$ ) ulaşması beklendiğinden, Eşitlik 3.7 Eşitlik 3.8'e dönüşmektedir.

$$Y_{P/X} = \frac{P_m}{X_m} \quad (3.8)$$

$P_m$  : Üstel üreme evresinin sonunda elde edilen  $\beta$ -karoten derişimi (mg  $\beta$ -karoten/L)

$Y_{P/X}$  : Birim kuru mikroorganizma kütlesi başına elde edilen  $\beta$ -karoten miktarı (mg  $\beta$ -karoten/g kuru m.o.)'dır.

### **3.2.3.2. Gıda Atıklarından Kaynar Suyla Ekstraksiyonla Doğrudan Şekerlerin Elde Edildiği ve Ekstraksiyondan Sonra Kalan Atık Posadan Asit Hidrolizi ile Doğrudan Şekerlerin Elde Edildiği Doğal Besin Ortamlarında Başlangıç Substrat Derişimine Bağlı $\beta$ -Karoten Verimleri**

Ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemine tabi tutulmuş gıda atıklarından belli katı/sıvı oranlarında kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği besin ortamlarında, elde edilen en yüksek ürün derişiminin ( $P_m$ ) başlangıç substrat (TİŞ) derişimine ( $S_1$ ) oranı, başlangıç substrat derişimine bağlı ürün verimi ( $Y_{P/S_1}$ ) olarak tanımlanmış ve Eşitlik 3.9. ile gösterilmiştir.

$$Y_{P/S_1} = \frac{P_m}{S_1} \quad (3.9.)$$

$Y_{P/S_1}$  : Birim substrat miktarı başına elde edilen  $\beta$ -karoten miktarı (mg  $\beta$ -karoten/g TİŞ)

Kurutma ön işlemine tabi tutulmuş gıda atıklarından 100 g/L katı/sıvı oranında kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin eldesinden sonra kalan atık posalarının asidik hidrolizi ile şeker elde edilen besin ortamlarında, elde edilen en yüksek ürün derişiminin ( $P_m$ ) başlangıç substrat (TİŞ) derişimine ( $S_2$ ) oranı, başlangıç substrat derişimine bağlı ürün verimi ( $Y_{P/S_2}$ ) ile tanımlanmış ve Eşitlik 3.10. ile gösterilmiştir.

$$Y_{P/S_2} = \frac{P_m}{S_2} \quad (3.10.)$$

$Y_{P/S_2}$  : Birim substrat miktarı başına elde edilen  $\beta$ -karoten miktarı (mg  $\beta$ -karoten/g TİŞ)

### 3.3. Mikroorganizmanın Tek Substratın Kısıtlayıcı Olduğu Durumda Büyüme Kinetiğinin Modellenmesi

Kesikli sistemde, mikroorganizmanın özgül üreme hızı ile substrat (TİŞ) derişimi arasındaki ilişki Monod eşitliği ile tanımlanmaktadır (Eşitlik 3.11.) [65,66].

$$\mu = \frac{\mu_m S}{K_s + S} \quad (3.11.)$$

Burada,

S : Başlangıç substrat derişimi (g/L)

$\mu_m$  : En yüksek özgül üreme hızı ( $sa^{-1}$ ),

$K_s$  : Doygunluk sabiti (en yüksek üreme hızının elde edildiği substrat derişiminin yarısına karşılık gelen substrat derişimi (g/L)'dir.

$\mu_m$  ve  $K_s$  değerleri, mikroorganizmanın ve substratın türüne bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Eşitlik 3.11.'in doğrusallaştırılması ile Eşitlik 3.12. elde edilmektedir.

$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{\mu_m} + \frac{K_s}{\mu_m S} \quad (3.12.)$$

$1/\mu$ 'ye karşı  $1/S$  grafiğinin y eksenini kesim noktasından  $\mu_m$ , doğrunun eğiminden ise  $K_s$  bulunmaktadır.  $K_s$  değerinin düşük olması, düşük substrat derişimlerinde de mikroorganizmanın hızlı ürediğini göstermektedir.

## 4. DENEY SİSTEMİ VE YÖNTEMLERİ

Tez çalışması dört aşamada gerçekleştirilmiştir.

İlk aşamada portakal, üzüm ve havuç atıkları ön işleme tabi tutulmadan (yaş) ya da çeşitli ön işlemlerden (kurutma, otoklavlama, dondurma) geçirildikten sonra kaynar suyla ekstrakte edilerek, atık türüne, uygulanan ön işleme, tanecik boyut aralığına ve katı/sıvı oranına bağlı olarak suya geçen şekerlerin toplam derişimi (TİŞ) ( $S_1$ ) ve şeker verimi karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir.

İkinci aşamada ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemine tabi tutulmuş portakal, üzüm ve havuç atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonunda elde edilen toplam şeker derişiminin ( $S_1'$ ) zamana bağlı derişimi incelenmiş ve şeker ekstraksiyon hızları ve verimleri karşılaştırılmıştır.

Üçüncü aşamada, glikoz içeren sentetik besin ortamında *Rhodotorula glutinis* mayası üretilerek, başlangıç glikoz derişiminin mikrobiyal üremeye ve  $\beta$ -karoten üretimine etkileri araştırılmıştır. Daha sonra ön işleme tabi tutulmamış (yaş) ya da kurutma ön işlemine tabi tutulmuş portakal, üzüm ve havuç atıklarına, derişen tanecik boyut aralığı ve katı/sıvı oranlarında ( $K_1/S$ , g kuru atık/L su) kaynar suyla ekstraksiyon işlemi uygulanarak elde edilen şekerli sıvı kısımlar doğrudan besin ortamı olarak *R. glutinis* mayası ile  $\beta$ -karoten üretiminde kullanılmış ve fermantasyon sonuçları sentetik besin ortamında elde edilenlerle karşılaştırılmıştır.

Dördüncü ve son aşamada ise, kurutma ön işlemine tabi tutulmuş portakal, üzüm ve havuç atıklarının belli katı/sıvı oranında ( $K_1/S$ , g kuru atık/L su) kaynar suyla ekstraksiyonla şekerler elde edildikten sonra, kalan posanın katı/sıvı oranında ( $K_2/S$ , g kalan kuru posa/L su) asidik hidroliz uygulanarak elde edilen şekerli sıvı kısımlar *R. glutinis* mayası ile  $\beta$ -karoten üretimi için yine besin ortamı olarak kullanılmış ve fermantasyon sonuçları karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir.

Tez kapsamında iki kademeli bir işleme hem gıda atıklarından katma değeri yüksek bir ürün üretimi yüksek verimde gerçekleştirilmiş, hem de atık miktarı önemli ölçüde azaltılarak sıfır atık yaklaşımına önemli bir katkıda bulunulmuştur.

## **4.1. Gıda Atıklarından Şekerlerin Eldesi**

### **4.1.1. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Gıda Atıkları ve Yapılan Ön İşlemler**

Deneysel çalışmalarda kullanılan portakal atıkları, portakallar meyve sıkacağına sıkılarak sulu kısımlarından ayrıldıktan sonra geriye kalan posalı kabukların toplanmasıyla elde edilmiştir. Bu atıkların bir kısmı posalarıyla birlikte, bir kısmı ise posaları sıyrılmış kabuk şeklinde sonraki işlemlerde kullanılmak üzere ayrılmıştır. Deneysel çalışmalarda ön işlemsiz (yaş) olarak kullanılacak posalı ve posasız kabukların bir kısmı öğütücüde öğütülerek püre halinde, geri kalan kısmı da 3.000-4.000 mm boyut aralığında küçültülerek doğrudan kullanılmıştır.

Deneysel çalışmalarda kullanılan üzüm atıkları, Kavaklıdere Şarap Fabrikası'ndan (Ankara) temin edilmiştir. Alınan üzüm posalarının bir kısmı çekirdekleriyle birlikte; bir kısmı ise çekirdekleri ayrıldıktan sonra kullanıma hazır hale getirilmiştir. Deneysel çalışmalarda ön işlemsiz (yaş) olarak kullanılacak çekirdekli ve çekirdeksiz üzüm posaları öğütücüde öğütülerek püre halinde doğrudan kullanılmıştır.

Deneysel çalışmalarda kullanılan havuç atıkları ise, havuçlar katı meyve sıkacağına sıkılarak sulu kısmından ayrıldıktan sonra geriye kalan posanın toplanmasıyla elde edilmiştir. Elde edilen posa homojen yapıda ve püre halinde olduğu için, havuç posalarıyla yapılan deneysel çalışmalarda boyut analizi yapılamamıştır. Çalışmalarda ön işlemsiz (yaş) olarak kullanılacak havuç posası püre halinde doğrudan kullanılmıştır.

Gıda atıklarına kurutma ön işleminin uygulanmasında, posalı ve posasız portakal atıkları için, atıklar etüvde (Binder marka) 50°C'de tamamen kuruyana kadar bekletilmiş ve ardından öğütülmüştür. Elek analizine tabi tutulan öğütülmüş atıklar 0.500-0.707 mm, 1.000-2.000 mm ve 3.000-4.000 mm aralıklarında ve toz olarak (0.100 mm'den küçük) ayrılmış ve deneysel çalışmalarda kullanılmaya kadar ağzı kapalı kaplarda oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

Gıda atıklarına dondurma ön işleminin uygulanması için, posalı ve posasız portakal, üzüm ve havuç atıkları, deneyde doğrudan kullanıma hazır hale getirilerek paketlenmiş ve -20°C'de stoklanmıştır.

Gıda atıklarına otoklavlama ön işleminin uygulanması için, posalı ve posasız portakal üzüm ve havuç atıkları, deneyde doğrudan kullanıma hazır hale getirilerek ağzı sıkıca kapatılmış kaplarda 121°C'de 1.1 atmosfer basınç altında 20 dakika

süresince otoklavlanmıştır. Otoklavlanan örnekler 24 saat içinde deneysel çalışmalarda kullanılmıştır.

#### 4.1.2. Ön İşlemsiz (Yaş) ve Çeşitli Ön İşlemlere Tabi Tutulmuş Gıda Atıklarından Kaynar Suyu Ekstraksiyonla Şekerlerin Doğrudan Eldesi

Ön işlemsiz(yaş) ve çeşitli ön işlemlere tabi tutulmuş portakal, üzüm ve havuç atıklarından doğrudan şekerlerin eldesi çalışmaları iki kısımda gerçekleştirilmiştir. Birinci kısımda atıklar ön işleme tabi tutulmadan (yaş) doğrudan ya da çeşitli ön işlemlerden (kurutma, otoklavlama, dondurma) geçirildikten sonra kaynar suya ekstre edilerek, atık türüne, uygulanan ön işleme, tanecik boyut aralığına ve katı/sıvı (K<sub>1</sub>/S) oranına bağlı olarak 8 saatlik yeterli bir ekstraksiyon süresinin sonunda suya geçen şekerlerin toplam derişimleri ve şeker verimleri bulunmuş ve karşılaştırılmıştır. Belirtilen parametrelerin çalışıldığı aralık değerleri Çizelge 4.1'de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Portakal, üzüm ve havuç atıklarından ön işlemsiz ve çeşitli ön işlemlerden geçirildikten sonra kaynar suyu ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin eldesinde çalışılan parametrelerin çalışılan değerleri/koşulları

Parametre	Çalışılan Değerler/Koşullar
Kullanılan Gıda Atığı	Posalı/posasız portakal kabuğu atığı Çekirdekli/çekirdeksiz üzüm atığı Havuç atığı
Ön İşlem	Ön işlemsiz (yaş) Dondurma Otoklavlama Kurutma
Tanecik Boyut Aralığı (mm)	Püre/Toz 0.500-0.707 1.000-2.000 3.000-4.000
Katı/Sıvı (K <sub>1</sub> /S) Oranı (g kuru atık/L)	5 10 20 50 100

İkinci kısımda ise ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemleri uygulanmış atıklardan kaynar suyu şeker ekstraksiyonunda toplam şeker derişiminin zamana bağlı

değişimleri 20 g kuru atık/L katı/sıvı oranında incelenmiş ve elde edilen eğrilerden şeker üretim hızları ve verimleri bulunmuştur. Çalışılan koşullar Çizelge 4.2'de sunulmuştur.

Çizelge 4.2. 20 g kuru atık/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemi uygulanmış portakal, üzüm ve havuç atıklarından kaynar suyla şeker ekstraksiyonunda toplam şeker derişiminin zamana bağlı değişiminin incelenmesinde çalışılan parametreler

Atığın Türü	Tanecik Boyut Aralığı
Kurutulmuş Posalı Portakal Kabuğu	Toz
Yaş Posalı Portakal Kabuğu	Püre
Kurutulmuş Çekirdeksiz Üzüm Posası	Toz
Yaş Çekirdeksiz Üzüm Posası	Püre
Kurutulmuş Havuç Posası	Toz
Yaş Havuç Posası	Püre

Tüm bu çalışmalar ısıtıcılı manyetik karıştırıcı üzerine yerleştirilen ve 300 mL çalışma hacmine sahip 500 mL'lik pyrex cam balonla 100 rpm sabit karıştırma hızı ve atmosferik basınçtaki kaynama sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Kaynama sıcaklığına getirilen damıtık suya, gıda atığının eklendiği an deneyin başlangıç anı olarak kabul edilmiş ve ya 8 saat süre sonunda ya da belirli aralıklarla deney ortamından alınan örneklerde toplam indirgen şeker (TİŞ) derişimi tayin edilmiştir.

#### **4.1.3. Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Gıda Atıklarından Kaynar Suyla Ekstraksiyonla Şekerlerin Doğrudan Eldesinden Sonra Kalan Posadan Asit Hidrolizi ile Şekerlerin Eldesi**

100 g/L katı/sıvı oranında sadece kurutma ön işlemine tabi tutulmuş toz formdaki posalı portakal, çekirdeksiz üzüm ve havuç atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan sonra, geriye kalan şekeri alınmış ve kurutulmuş posalar için asidik hidroliz işlemi uygulanmıştır. Bu amaçla 0.3 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisi kullanılmıştır. Tüm hidroliz çalışmaları ısıtıcılı manyetik karıştırıcı üzerine yerleştirilen ve 300 mL çalışma hacmine sahip 500 mL'lik pyrex cam balonla 100 rpm sabit karıştırma hızı ve atmosferik basınçtaki kaynama sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. 8 saat süren

hidroliz işleminin sonunda posadan oluşan şekerler sulu ortamdaki toplam indirgen şeker (TİŞ) derişimi cinsinden tayin edilmiştir. 100 g/L katı/sıvı oranındaki kurutulmuş gıda atıklarından kaynatma ile doğrudan şekerler elde edildikten sonra kalan kurutulmuş posalarla yapılan hidroliz çalışma koşulları Çizelge 4.3'te sunulmuştur.

Çizelge 4.3. 100 g/L katı/sıvı oranındaki kurutulmuş posalı portakal kabuğu, çekirdeksiz üzüm posası ve havuç posası atıklarından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerler elde edildikten sonra kalan posalarla yapılan asidik hidroliz işleminin çalışma koşulları

Parametre	Çalışılan Değerler/Koşullar
Kullanılan Gıda Atığı	Kaynar suyla şekeri ekstrakte edilmiş atık portakal kabuğu posası Kaynar suyla şekeri ekstrakte edilmiş üzüm posası Kaynar suyla şekeri ekstrakte edilmiş havuç posası
Ön İşlem	Kurutma
Tanecik Boyut Aralığı (mm)	Toz
Katı/Sıvı ( $K_2/S$ ) Oranı (g kalan kuru posa /L)	100 g/L $K_1/S$ oranındaki gıda atığından kaynar suyla ekstraksiyonla şekerler elde edildikten sonra kalan posanın $K_2/S$ , (g kalan kuru posa/L su) oranı; Kuru posalı portakal kabuğu posası: 30 g/L Kuru üzüm posası: 28 g/L Kuru havuç posası: 38 g/L

#### 4.2. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Mikroorganizma; Üretilmesi ve $\beta$ -Karoten Üretimi

Tez çalışmasında, Ankara Üniversitesi Biyoloji Bölümü'nden temin edilen ve tekstil atık suyu ile kontamine olmuş topraktan izole edilmiş yeni bir suş olan *Rhodotorula glutinis* mayası kullanılmıştır. Mayanın  $\beta$ -karoten üretimi glikoz içeren sentetik besin ortamlarında, ön işlemsiz ve kurutma ön işlemi uygulanmış portakal, üzüm ve havuç atıklarından kaynar suya ekstraksiyonla doğrudan elde edilen şekerlerin yer aldığı



besin ortamlarında ve şekerli alınmış kalan posaların asit hidrolizi ile elde edilen şekerlerin yer aldığı besin ortamlarında incelenmiştir.

#### **4.2.1. Glikoz İçeren Sentetik Besin Ortamlarında *R. glutinis*'in Çoğaltılması ve $\beta$ -Karoten Üretimi Çalışmaları**

Maya hücreleri ilk olarak 10 g/L glikoz içeren ve içeriği Çizelge 4.4'te verilen pH'ı 5.5'e ayarlanmış steril besin ortamlarında üretilmiştir. Bu amaçla 150 mL besin ortamı içeren ağızları gazlı bezle sarılı pamukla kapatılmış ve üzerine alüminyum folyo sarılmış 250 mL'lik erlenler kullanılmıştır. Erlenler, 121°C'de ve 1.1 atm basınçta 20 dk süreyle otoklavlanarak sterilize edilmiş ve besin ortamları oda sıcaklığına geldiğinde *R. glutinis* mayasının ekimi gerçekleştirilmiştir. Ekim yapılan erlenler 29°C'da ve 120 rpm çalkalama hızında çalışan Medline SI-600R marka ve model inkübatöre konularak çalkalamaya tabi tutulmuş ve mikroorganizmanın üremesi sağlanmıştır.

*R. glutinis*'ten  $\beta$ -karoten üretimi çalışmaları kesikli sistemde 5-150 g/L aralığında glikoz içeren ve başlangıç pH değeri 0.1 N NaOH ile 5.5'e ayarlanmış sterilize sentetik besin ortamlarında gerçekleştirilmiştir. Deneyler daha önceden deney besin ortamı ile aynı olan besin ortamına alıştırılarak üretilmiş üssel üreme bölgesindeki *R. glutinis* kültüründen besin ortamı hacminin % 12'si olacak şekilde besin ortamına ilave edilmesiyle başlatılmıştır. Bu deney setinde başlangıç substrat derişiminin mikroorganizmanın üreme hızına ve  $\beta$ -karoten üretim hızına ve verimine etkileri araştırılmıştır. 29°C'da ve 120 rpm çalkalama hızında çalışan Medline SI-600R marka ve model çalkalamalı inkübatörde gerçekleştirilen fermantasyon deneylerinde *R. glutinis*'in üremesi ve  $\beta$ -karoten üretimi, besin ortamından belli aralıklarla alınan örneklerde mikroorganizma, toplam indirgen şeker (TİŞ) ve  $\beta$ -karoten derişimleri tayin edilerek, mikroorganizmanın üremesi azalmaya başlayana dek takip edilmiştir.

Çizelge 4.4. *R. glutinis* mayasının üretimi için kullanılan sentetik besin ortamı bileşenleri

Bileşen	Derişim (g/L)
Glikoz	10
Malt Özütü	3
Maya Özütü	3
Pepton	5

#### 4.2.2. Gıda Atıklarından Elde Edilen Doğal Besin Ortamlarında *R. glutinis*'in Üretilmesi ve $\beta$ -Karoten Üretimi Çalışmaları

##### 4.2.2.1. Ön İşlemsiz ve Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Gıda Atıklarından Kaynar Suyla Ekstraksiyonla Doğrudan Elde Edilen Şekerlerin Yer Aldığı Doğal Besin Ortamlarında *R. glutinis*'in Üretilmesi ve $\beta$ -Karoten Üretimi Çalışmaları

Portakal, üzüm ve havuç atıklarından doğrudan elde edilen şekerlerin yer aldığı doğal besin ortamlarının hazırlanması amacıyla, hiç ön işlem uygulanmamış (yaş) ya da kurutma ön işlemine tabi tutulmuş belli boyut aralığındaki atık biyokütle, kaynamakta olan damıtık suya belli katı/sıvı oranında eklenerek, atıktaki şeker bileşenlerinin tümünün suya geçerek en yüksek şeker derişimine ulaşılması gayesiyle yaklaşık 8 saat kaynatılmıştır. Kaynatma işlemi sonunda, çözülmüş şekerlerin yanı sıra atığın içindeki çözülmüş diğer besin bileşenlerini de içeren sıvı kısım besin ortamı olarak doğrudan kullanılmak üzere süzme işlemi ile ayrılmıştır. pH değeri yaklaşık 5.5-6.0 civarında ölçülen bu sıvı başka bir pH ayarlaması yapılmadan 250 mL'lik erlenlere aktarılmış ve ağızları kapatılarak 121°C'de ve 1.1 atm basınçta 20 dk süreyle otoklavlanarak sterilize edilmiştir (Şekil 4.1). Erlenler daha önceden deney besin ortamı ile aynı olan besin ortamına alıştıırılarak üretilmiş üstel üreme bölgesindeki *R. glutinis* kültürüyle %12 oranında aşılınmış ve 29°C'da ve 120 rpm çalkalama hızında çalışan Medline SI-600R marka ve model inkübatöre konularak çalkalamaya tabi tutulmuştur. Kesikli olarak gerçekleştirilen fermantasyon deneylerinde *R. glutinis*'in üremesi ve  $\beta$ -karoten üretimi, besin ortamından belli aralıklarla alınan örneklerde mikroorganizma, toplam indirgen şeker (TİŞ) ve  $\beta$ -

karoten derişimleri tayin edilerek, mikroorganizmanın üremesi azalmaya başlayana dek takip edilmiştir (Şekil 4.2).

Bu deney setinde ön işlemsiz ve kurutma ön işlemine tabi tutulmuş portakal kabuğu, üzüm ve havuç atıklarından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan elde edilen şekerlerin yer aldığı besin ortamlarında mikrobiyal üremeye ve  $\beta$ -karoten üretimine etkileri incelenen parametreler atık türü, ön işlem, tanecik boyut aralığı ve katı/sıvı oranı olarak belirlenmiş ve Çizelge 4.5'te ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Çizelge 4.5. Ön işlemsiz (yaş) ve kurutulmuş portakal kabuğu, üzüm ve havuç atıklarından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan elde edilen şekerlerin yer aldığı besin ortamlarında mikrobiyal üremeye ve  $\beta$ -karoten üretimine etkileri incelenen parametreler

Parametre	Çalışılan Değerler/Koşullar
Kullanılan Gıda Atığı	Posalı ve posasız portakal kabuğu Çekirdeksiz üzüm posası Havuç posası
Ön İşlem	Ön işlemsiz (yaş) Kurutma
Tanecik Boyut Aralığı (mm)	Yaş püre Kuru toz 0.500-0.707
Katı/Sıvı (K <sub>1</sub> /S)Oranı (g kuru atık/L)	10 20 50 100



Şekil 4.1. Ön işlemsiz (yaş) ve çeşitli ön işlemlere tabi tutulmuş gıda atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan sonra şekerlerin doğrudan elde edilmesiyle hazırlanan doğal besin ortamları



Şekil 4.2. Ön işlemsiz (yaş) ve çeşitli ön işlemlere tabi tutulmuş gıda atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan sonra şekerlerin doğrudan elde edilmesiyle hazırlanan doğal besin ortamlarında üretilmiş *R. glutinis* hücreleri

#### 4.2.2.2. Kurutulmuş Gıda Atıklarının Kaynar Suyla Ekstraksiyonundan Sonra Şekeri Alınmış Gıda Atık Posalarının Asit Hidrolizi ile Elde Edilen Şekerlerin Yer Aldığı Doğal Besin Ortamlarında *R. glutinis*'in Çoğaltılması ve $\beta$ -Karoten Üretimi Çalışmaları

Sadece kurutma ön işlemleri uygulanmış ve kaynar suyla ekstraksiyonla şekerleri alınmış gıda atık posalarından asit hidrolizi ile besin ortamlarının hazırlanması amacıyla posalı portakal kabuğu, çekirdeksiz üzüm ve havuç atıkları 100 g/L katı/sıvı oranında toz formda kaynar suya ilave edilerek 8 saat kaynatılmıştır. Bu sürenin ardından şekerlerin özütlenmesi işleminin tamamlanmasıyla kalan atık posa

tekrar kurutulmuş ve tartılmıştır. Bu işlem sonucunda 100 g/L katı sıvı oranındaki kurutulmuş gıda atığından kaynar suyla ekstraksiyon sonucunda; 30 g/L katı sıvı oranında kuru posalı portakal kabuğu, 28 g/L katı sıvı oranında çekirdeksiz kuru üzüm posası ve 38 g/L katı sıvı oranında kuru havuç posası kaldığı görülmüştür. Kalan posaların asidik hidrolizi, kaynama sıcaklığındaki 0.3 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisiyle ile 8 saat süreyle gerçekleştirilmiştir. Hidroliz işlemi sonunda, posadan elde edilen şekerleri ve diğer çözünmüş organik bileşenleri içeren sıvı kısım besin ortamı olarak kullanılmak üzere süzme işlemi ile ayrılmış, yine doğal pH değeri olan 5.5-6'da 250 mL'lik erlenlere aktarılmış ve ağızları kapatılarak 121°C'de 1.1 atm basınçta 20 dk süreyle otoklavlanarak sterilize edilmiştir. Erlenler daha önceden deney besin ortamı ile aynı olan besin ortamına alıştırılarak üretilmiş üstel üreme bölgesindeki *R. glutinis* kültürüyle %12 oranında aşılanmış ve 29°C'da ve 120 rpm çalkalama hızında çalışan Medline SI-600R marka ve model inkübatöre konularak çalkalamaya tabi tutulmuştur. Kesikli olarak gerçekleştirilen fermantasyon deneylerinde *R. glutinis*'in üremesi ve β-karoten üretimi, besin ortamından belli aralıklarla alınan örneklerde mikroorganizma, toplam indirgen şeker (TİŞ) ve β-karoten derişimleri tayin edilerek, mikroorganizmanın üremesi azalmaya başlayana dek takip edilmiştir (Şekil 4.2).

### 4.3. Analiz Yöntemleri

Sentetik besin ortamlarında ve gıda atıklarından elde edilen doğal besin ortamlarında fermantasyon sürecinde belirli zaman aralıklarında 2'şer adet 5 mL'lik örnekler deney tüplerine alınmıştır. Alınan örnekler 8 dakika boyunca 5000 rpm'de MPW-251 marka ve model santrifüj cihazında santrifüjlenmiştir. Dipte kalan katı kısımlar mikroorganizma ve β-karoten derişimi tayini için; üstte kalan sıvı kısımlar ise toplam indirgen şeker tayini için kullanılmıştır. Üç bileşenin analizi de Thermo Scientific Genesys 10 UV-spektrofotometre kullanılarak yapılmıştır. Tez çalışmasında mikrobiyal yolla ile üretilen karotenlerin hepsi β-karoten olarak kabul edilmiştir.

#### 4.3.1. Portakal Kabuğu, Üzüm Posası ve Havuç Posası için Yaş Ağırlık–Kuru Ağırlık Çalışma Doğrularının Elde Edilmesi

Yaş portakal kabuğu, yaş üzüm posası ve yaş havuç posası atıkları püre haline getirilmiş, farklı ağırlıklarda küçük parçalara bölünerek tartılmış ve 50°C'de sabit

sıcaklıktaki etüvde sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur. Posalı portakal kabuğu, posasız portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası için oluşturulan yaş ağırlık-kuru ağırlık çalışma doğruları EK-1’de sunulmuştur.

#### **4.3.2. Mikroorganizma Derişimi Tayini**

Mikroorganizma derişimi tayini, alınan örneklerin doğrudan ya da uygun oranda saf su ile seyreltilmesiyle, optimum dalga boyu olarak belirlenen 600 nm’de çözeltilerin absorbanslarının okunmasıyla spektrofotometrik olarak yapılmıştır. Bu absorbans değerleri kullanılarak, EK 2.2’de sunulan absorbansa karşı yaş mikroorganizma derişimini veren çalışma doğrusundan mikroorganizma derişimi “g yaş mikroorganizma/L” cinsinden bulunmuştur. EK 2.1’de sunulan mikroorganizma yaş-kuru ağırlık çalışma doğrusundan yararlanarak bu mikroorganizma derişimi “g kuru mikroorganizma/L” cinsinden tanımlanmıştır (EK-2).

#### **4.3.3. $\beta$ -Karoten Derişimi Tayini**

Hücre içi bir ürün olan ve hücre içinde biriktirilen  $\beta$ -karoteni hücre dışına almak için fermantasyon ortamından alınan örneklerin santrifüjlenmesiyle çöktürülen mikroorganizma kütlesine 1 damla % 37’lik HCl damlatılarak örnekler 30 sn süresince vortekslenmiştir. Sonrasında bu kütlenin üzerine, örnek hacminin yarısı kadar % 80’lik aseton çözeltisi eklenmiş ve iyice karıştırıldıktan sonra 24 saat karanlıkta bekletilmiştir. Bu süre zarfında asetona özütlenen  $\beta$ -karotenin analizi için örnekler tekrar santrifüjlenmiş ve katı kısım ayrılarak  $\beta$ -karoten içeren süpernatant spektrofotometrik olarak analiz edilmiştir. Referans olarak asetonun kullanıldığı analizlerde 455 nm dalga boyunda örneklerin absorbans değerleri okunmuş ve EK 3.1’de sunulan çalışma doğrusundan yararlanılarak  $\beta$ -karoten derişimi “mg  $\beta$ -karoten/L” cinsinden bulunmuştur (EK-3).

#### **4.3.4. Toplam İndirgen Şeker Derişimi Tayini**

Deney ortamından alınan örneklerdeki toplam indirgen şeker derişimleri, ortamdaki şekerlerin DNS çözeltisiyle yüksek sıcaklıkta verdiği sarı renkli çözelti yardımıyla spektrofotometrik olarak tayin edilmiştir. Analizler 575 nm’de absorbans okunmasıyla gerçekleştirilmiş ve EK 4.1’de glikoz için hazırlanan çalışma doğrusundan faydalanılarak “g toplam indirgen şeker (TİŞ)/L” cinsinden toplam indirgen şeker derişimi elde edilmiştir [74] (EK 4).

## 5. DENEYSEL SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında öncelikle portakal, üzüm ve havuç atıkları ön işleme tabi tutulmadan (yaş) ya da çeşitli ön işlemlerden (kurutma, otoklavlama, dondurma) geçirildikten sonra kaynar suyla ekstrakte edilerek, atık türüne, uygulanan ön işleme, tanecik boyut aralığına ve katı/sıvı oranına bağlı olarak suya geçen şekerlerin toplam derişimleri ve verimleri karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. Daha sonra, ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemine tabi tutulmuş portakal, üzüm ve havuç atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonunda doğrudan elde edilen toplam şeker (TİŞ) derişiminin zamana bağlı değişimi incelenmiş ve şeker ekstraksiyon hızları ve verimleri karşılaştırılmıştır.

Tez çalışmasının bir sonraki aşamasında, glikoz içeren sentetik besin ortamında *Rhodotorula glutinis* mayası üretilerek, başlangıç glikoz derişiminin mikrobiyal üremeye ve  $\beta$ -karoten üretimine etkileri araştırılmıştır. Daha sonra ön işleme tabi tutulmamış (yaş) ya da kurutma ön işlemine tabi tutulmuş portakal, üzüm ve havuç atıklarına, değişen tanecik boyut aralığı ve katı/sıvı oranlarında kaynar suyla ekstraksiyon işlemi uygulanarak elde edilen şekerli sıvı kısımlar doğrudan besin ortamı olarak *Rhodotorula glutinis* mayası ile  $\beta$ -karoten üretiminde kullanılmış ve fermantasyon sonuçları sentetik besin ortamında elde edilenlerle karşılaştırılmıştır. Her bir sistem için mikrobiyal üremenin ve ürün üretiminin kinetik modellemesi yapılmıştır.

Son olarak, kurutma ön işlemine tabi tutulmuş portakal, üzüm ve havuç atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan sonra geriye kalan şekerli alınmış posalar kurutulmuş ve kurutulmuş posaların asidik hidrolizle elde edilen şekerli sıvı kısımları, yine *R. glutinis* mayası ile  $\beta$ -karoten üretimi için besin ortamı olarak kullanılmış ve fermantasyon sonuçları karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir.

Atıklardan şekerlerin eldesi kısmıyla ilgili deneysel sonuçlar, en yüksek şeker derişimi ( $S_1, S_2$ ; g TİŞ/L) ve şeker verimi ( $Y_{S_1}/K_1, Y_{S_2}/K_2$  g TİŞ/g kuru atık; g TİŞ/g kalan kuru posa) cinsinden tanımlanmıştır. *R. glutinis*'ten  $\beta$ -karoten üretimi çalışmalarının deneysel sonuçları ise, mikrobiyal üremede elde edilen en yüksek mikroorganizma derişimi ( $X_m$ , g kuru m.o./L), mikroorganizmanın özgül üreme hızı ( $\mu$ ,  $sa^{-1}$ ), mikroorganizma verimi ( $Y_{X/S_0}, Y_{X/S_1}, Y_{X/S_2}$ ; g kuru m.o./g TİŞ), en yüksek  $\beta$ -

karoten derişimi ( $P_m$ , mg  $\beta$ -karoten/L), mikroorganizmanın  $\beta$ -karoten üretim hızı ( $v$ , mg  $\beta$ -karoten/g kuru m.o. sa),  $\beta$ -karoten verimi ( $Y_{P/S_0}$ ,  $Y_{P/S_1}$ ,  $Y_{P/S_2}$ ; mg  $\beta$ -karoten/g TİŞ ve  $Y_{P/X_m}$ , mg  $\beta$ -karoten/g kuru m.o.) cinsinden değerlendirilmiştir.

### **5.1. Gıda Atıklarından Ön İşlemsiz (Yaş) ve Çeşitli Ön İşlemlerden Geçirildikten Sonra Kaynar Suyla Ekstraksiyonla Şekerlerin Doğrudan Eldesinde Şeker Derişimlerinin ve Verimliliklerinin Karşılaştırılması**

Portakal, üzüm ve havuç atıklarından ön işlemsiz (yaş) ve çeşitli ön işlemlerden (kurutma, otoklavlama, dondurma) geçirildikten sonra kaynar suyla ekstraksiyonla şekerlerin doğrudan eldesinde atık türünün, uygulanan ön işlemin, tanecik boyut aralığının ve katı/sıvı oranının en yüksek şeker derişimi ve şeker verimine etkileri incelenmiştir.

#### **5.1.1. Portakal Kabuğundan Ön İşlemsiz (Yaş) ve Çeşitli Ön İşlemlerden Geçirildikten Sonra Kaynar Suyla Ekstraksiyonla Şekerlerin Doğrudan Eldesinde Şeker Derişimlerinin ve Verimliliklerinin Karşılaştırılması**

Posalı ve posasız portakal kabuğu atıklarından, hem ön işlem uygulanmadan (yaş) hem de kurutma, dondurma ve otoklavlama ön işlemleri uygulanarak kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şeker eldesi deneylerinde, posalı portakal kabuğu sadece yaş püre/kuru toz formunda kullanılırken; posasız portakal kabuğu yaş püre/kuru toz formunda ve 0.500-0.707 mm ve 3.000-4.000 mm boyut aralıklarında kullanılmıştır. Bu atık türleri için katı/sıvı oranı 5-100 (g kuru atık/L) aralığında değiştirilmiştir. Her bir deney koşulunda elde edilen en yüksek şeker derişimleri ( $S_1$ , g TİŞ/L) ve şeker verimleri ( $Y_{S_1/K_1}$ , g TİŞ/g kuru atık) Çizelge 5.1.'de sunulmuştur.



Çizelge 5.1. Ön işlemsiz (yaş) ve çeşitli ön işlemler uygulanmış posalı ve posasız portakal kabuğu atıklarından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan elde edilen en yüksek şeker derişimleri ve şeker verimleri

Atığın Türü	Atığa Uygulanan Ön İşlem	Atığın Tanecik Boyut Aralığı	Katı/Sıvı Oranı ( $K_1/S$ , g kuru atık/L)	$S_1$ (g TİŞ/L)	$Y_{S_1/K_1}$ (g TİŞ/g kuru atık)
Posasız Portakal Kabuğu	Ön İşlemsiz (Yaş)	Püre	5	2.6	0.51
			10	4.8	0.48
			20	9.2	0.46
			50	20.9	0.42
			100	40.8	0.41
	Dondurma	Püre	5	2.5	0.50
			10	4.7	0.47
			20	9.0	0.45
	Otoklavlama	Püre	5	2.2	0.45
			20	8.9	0.45
	Kurutma	Toz	10	5.0	0.50
			20	9.6	0.48
			50	21.8	0.44
			100	42.9	0.43
		0.500-0.707 mm	10	5.2	0.52
			20	10.1	0.50
			50	22.3	0.45
			100	44.2	0.44
		3.000-4.000 mm	10	6.2	0.62
			20	11.1	0.55
50			23.2	0.46	
100			44.3	0.44	
Posalı Portakal Kabuğu	Ön İşlemsiz (Yaş)	Püre	5	3.3	0.66
			10	4.9	0.49
			20	9.6	0.48
			50	21.6	0.43
			100	36.2	0.36
	Otoklavlama	Püre	5	2.0	0.39
			10	4.1	0.41
			20	11.1	0.55
	Kurutma	Toz	5	3.8	0.77
			10	7.5	0.75
			20	14.6	0.73
			50	24.3	0.49
			100	45.3	0.45

Çizelgeden, ön işlemsiz (yaş) ve ön işlemlenmiş posalı portakal kabuğundan kaynar suya doğrudan ekstrakte olan şeker derişiminin ön işlemsiz (yaş) ve ön işlemlenmiş posasız portakal kabuğuna göre genel olarak daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, atıktaki posa kısmının bir miktar daha şeker içermesinden kaynaklanmaktadır. Ön işlemlerin şeker eldesine etkileri incelendiğinde, dondurma ön işleminin şeker eldesine herhangi bir etkisinin olmadığı; otoklavlama ön işleminin ise her iki kabuk türünde de elde edilen şeker miktarını bir miktar azalttığı gözlenmiştir.

Otoklavlanmanın olumsuz etkisinin, yüksek sıcaklık ve basınç altında kabuklardaki şeker bileşiklerinin bozunmasıyla ilgili olduğu düşünülmektedir. Yine aynı çizelgeden, kurutma ön işleminin her iki portakal kabuğu türü için de ekstrakte edilen şeker miktarını belirgin şekilde arttırdığı gözlenmiştir. Bu durumun, kurutma işlemi uygulandığında portakal kabuklarının yapısındaki gözeneklerin açılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir [75].

Çizelge 5.1'den tanecik boyut aralığının şeker eldesine etkileri incelendiğinde, tanecik boyut aralığı büyüdükçe şeker ekstraksiyon veriminin de arttığı gözlenmiştir. Bu durumun, sulu ortamda yaş püre/kuru toz formundaki taneciklerin birbirine yapışması ve kümeleşmesi nedeniyle katı-sıvı faz arasındaki difüzyon dirençlerinin artmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Yine aynı çizelgeden, katı/sıvı oranının şeker verimine etkileri incelendiğinde, katı/sıvı oranı arttıkça ortamdaki posa miktarının artmasına bağlı olarak kaynar suya ekstrakte edilen şeker derişiminin ( $S_1$ , g TİŞ/L) arttığı; ancak şeker veriminin ( $Y_{S_1/K_1}$ , g TİŞ/g kuru atık) azaldığı gözlenmektedir.

Posalı ve posasız portakal kabuğuyla yapılan şeker ekstraksiyon çalışmaları, en yüksek şeker derişiminin 45.3 g TİŞ/L (0.45 g TİŞ/g kuru atık) olarak, 100 g/L katı/sıvı oranında kurutma ön işlemi uygulanmış toz halindeki posalı portakal kabuğundan elde edildiğini göstermektedir.

### **5.1.2. Üzüm Posasından Ön İşlemsiz (Yaş) ve Çeşitli Ön İşlemlerden Geçirildikten Sonra Kaynar Suyla Ekstraksiyonla Şekerlerin Doğrudan Eldesinde Şeker Derişimlerinin ve Verimliliklerinin Karşılaştırılması**

Çekirdekli ve çekirdeksiz üzüm posası atıklarından ön işlemsiz (yaş) ve çeşitli ön işlemlere (kurutma ve otoklavlama) tabi tutulduktan sonra kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin eldesi çalışmalarında, çekirdekli üzüm posaları 0.500-0.707 mm ve 1.000-2.000 mm boyut aralıklarında kullanılırken; çekirdeksiz üzüm posaları yaş püre/kuru toz formunda kullanılmıştır. Bu atık türleri için katı/sıvı oranı 5-100 g kuru atık/L aralığında değiştirilmiştir. Her bir deney koşulunda elde edilen en yüksek şeker derişimleri ( $S_1$ , g TİŞ/L) ve şeker verimleri ( $Y_{S_1/K_1}$ , g TİŞ/g kuru atık) Çizelge 5.2.'de sunulmuştur.

Çizelge 5.2. Ön işlemsiz (yaş) ve çeşitli ön işlemler uygulanmış çekirdekli ve çekirdeksiz üzüm posası atıklarından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan elde edilen en yüksek şeker derişimleri ve şeker verimleri

Atığın Türü	Atığa Uygulanan Ön işlem	Atığın Tanecik Boyut Aralığı	Katı/Sıvı Oranı $K_1/S$ (g kuru atık/L)	$S_1$ (g TİŞ/L)	$Y_{S_1/K_1}$ (g TİŞ/g kuru atık)
Çekirdekli Üzüm Posası	Ön işlemsiz (Yaş)	Yaş Püre	5	2.1	0.42
			10	2.4	0.24
			20	3.6	0.18
			50	7.8	0.16
	Kurutma	0.500-0.707 mm	5	1.9	0.38
			10	2.2	0.22
			20	3.2	0.16
			50	7.2	0.14
	Kurutma	1.000-2.000 mm	5	1.9	0.38
			10	3.0	0.30
			20	4.8	0.24
			50	10.3	0.21
	Otoklavlama	1.000-2.000 mm	5	1.3	0.26
			10	1.3	0.13
			20	2.0	0.10
			50	8.0	0.16
Çekirdeksiz Üzüm Posası	Ön işlemsiz (Yaş)	Yaş Püre	10	8.6	0.86
			20	15.6	0.78
			50	36.6	0.73
			100	61.2	0.61
	Kurutma	Toz	10	7.9	0.79
			20	14.5	0.72
			50	35.3	0.71
			100	60.7	0.61

Çizelgeden çekirdeği ayrılmış üzüm posalarından elde edilen şeker derişimlerinin çekirdekli posalardan elde edilenlere kıyasla oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, üzümün sert çekirdek kısmından kaynar suya basit şekerlerin ekstraksiyonunun zor olmasıyla açıklanabilir. Ön işlemlerin şeker eldesine etkileri incelendiğinde, otoklavlama ön işleminin çekirdekli üzüm posası atığından elde edilen şeker derişiminde azalmaya neden olduğu gözlenmiştir. Bu durum, yüksek sıcaklık ve basınç altında üzüm atıklarının içerdiği basit şekerlerin yapısında

bozunma olduğunu göstermektedir. Yine aynı çizelgeden portakal kabuklarıyla elde edilen sonuçlardan farklı olarak, ön işlemsiz (yaş) üzüm posalarından elde edilen şeker derişimlerinin kurutma ön işlemleri uygulanmış üzüm posalarından elde edilen şeker derişimlerinden bir miktar fazla olduğu görülmektedir. Bu durum, ön işlemsiz posa yapısının daha gevşek olması nedeniyle şekerlerin suya daha kolay ekstrakte olabilmesiyle açıklanmaktadır. Kurutma işleminin posaların yüzeyindeki gözeneklerde daralmaya ve bu nedenle kütle aktarım dirençlerinde artışa neden olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 5.2'den çekirdekli üzüm posası ile tanecik boyut aralığının şeker eldesine etkileri incelendiğinde, tanecik boyut aralığı arttıkça şeker ekstraksiyon veriminin arttığı gözlenmektedir. Bu durumun, sulu ortamda yaş püre/kuru toz formundaki taneciklerin birbirine yapışması ve kümeleşmesi nedeniyle katı-sıvı faz arasındaki difüzyon dirençlerinin artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yine aynı çizelgeden katı/sıvı oranının şeker verimine etkileri incelendiğinde, katı/sıvı oranı arttıkça ortamdaki posa miktarının artmasına bağlı olarak suya ekstrakte edilen şeker derişiminin ( $S_1$ , g TİŞ/L) arttığı; ancak şeker veriminin ( $Y_{S_1/K_1}$ , g TİŞ/g kuru atık) azaldığı gözlenmektedir.

Çekirdekli ve çekirdeksiz üzüm posalarıyla yapılan şeker ekstraksiyon çalışmaları, en yüksek şeker derişiminin 61.2 g TİŞ/L (0.61 g TİŞ/g kuru atık) olarak, 100 g/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) püre halindeki çekirdeksiz üzüm posasından elde edildiğini göstermektedir.

### **5.1.3. Havuç Posasından Ön İşlemsiz (Yaş) ve Çeşitli Ön İşlemlerden Geçirildikten Sonra Kaynar Suyla Ekstraksiyonla Şekerlerin Doğrudan Eldesinde Şeker Derişimlerinin ve Verimliliklerinin Karşılaştırılması**

Havuç atıklarından, hem ön işlem uygulanmadan (yaş) hem de kurutma ve otoklavlama ön işlemleri uygulanarak kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin eldesi çalışmaları yaş püre/kuru toz formundaki havuç posalarıyla katı/sıvı oranı 10-100 aralığında değiştirilerek gerçekleştirilmiştir. Her bir deney koşulunda elde edilen en yüksek şeker derişimleri ( $S_1$ , g TİŞ/L) ve şeker verimleri ( $Y_{S_1/K_1}$ , g TİŞ/g kuru atık) Çizelge 5.3'te sunulmuştur.

Çizelge 5.3. Ön işlemsiz (yaş) ve çeşitli ön işlemler uygulanmış havuç posası atıklarından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan elde edilen en yüksek şeker derişimleri ve şeker verimleri

Atığın Türü	Atığa Uygulanan Ön işlem	Atığın Tanecik Boyut Aralığı	Katı/Sıvı Oranı $K_1/S$ (g kuru atık/L)	$S_1$ (g TİŞ/L)	$Y_{S_1/K_1}$ (g TİŞ/g kuru atık)
Havuç Posası	Ön İşlemsiz (Yaş)	Püre	10	5.9	0.59
			20	10.5	0.53
			50	25.6	0.51
			100	48.9	0.49
Havuç Posası	Kurutma	Toz	10	4.4	0.44
			20	8.5	0.42
			50	17.8	0.36
			100	35.3	0.35
Havuç Posası	Otoklavlama	Toz	100	34.2	0.34

Çizelgeden ön işlemlerin şeker eldesine etkileri incelendiğinde, otoklavlama ön işleminin havuç posası atığından elde edilen şeker derişiminde azalmaya neden olduğu gözlenmektedir. Bu durum, yüksek sıcaklık ve basınç altında havuç atıklarının içerdiği basit şekerlerin yapısında bozunma olduğunu göstermektedir. Üzüm posalarıyla elde edilen sonuçlara benzer olarak, ön işlemsiz (yaş) havuç posasından elde edilen şeker derişimlerinin kurutma ön işlemi uygulanmış havuç posasından elde edilen şekerlerin derişimine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, ön işlemsiz posa yapısının daha gevşek olması nedeniyle şekerlerin kaynar suya daha kolay ekstrakte olabilmesiyle açıklanmaktadır. Kurutma işleminin posaların yüzeyindeki gözeneklerde daralmaya ve bu nedenle kütle aktarım dirençlerinde artışa neden olduğu düşünülmektedir.

Yine aynı çizelgeden katı/sıvı oranının şeker verimine etkileri araştırıldığında, katı/sıvı oranı arttıkça ortamdaki posa miktarının artmasına bağlı olarak suya ekstrakte edilen şeker derişiminin ( $S_1$ , g TİŞ/L) arttığı; ancak şeker veriminin ( $Y_{S_1/K_1}$ , g TİŞ/g kuru atık) azaldığı gözlenmektedir.

Havuç posalarıyla yapılan çalışmalar şeker ekstraksiyon çalışmaları, en yüksek şeker derişiminin 48.9 g TİŞ/L (0.49 g TİŞ/g kuru atık) olarak, 100 g/L katı/sıvı

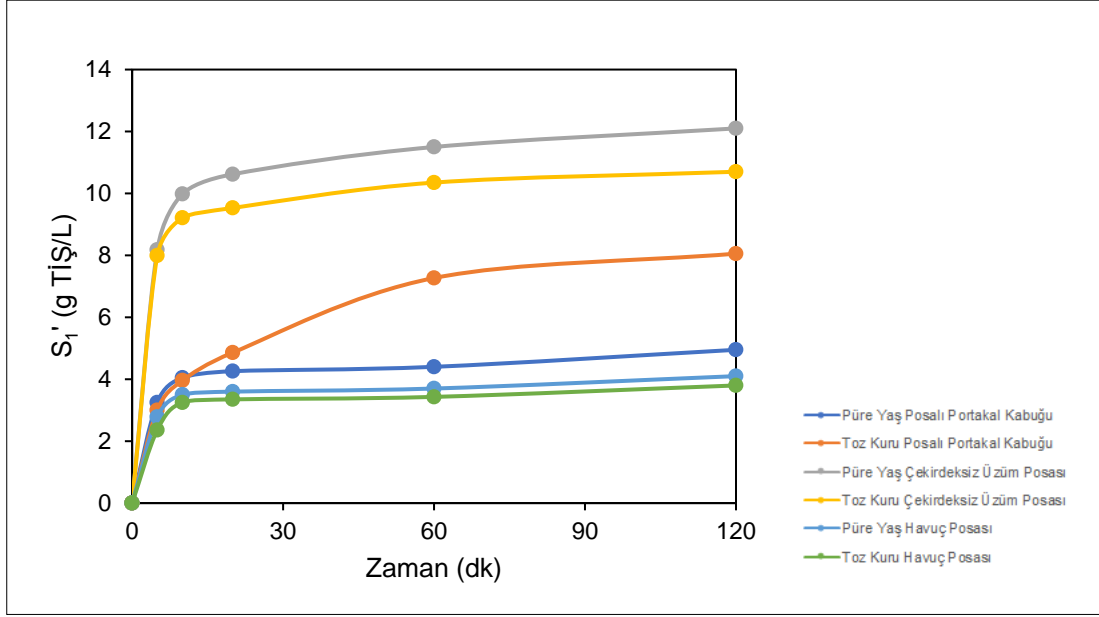
oranında ön işlemsiz (yaş) püre halindeki havuç posasından elde edildiğini göstermektedir.

Portakal, üzüm ve havuç atıklarından ön işlemsiz (yaş) ve çeşitli ön işlemlerden sonra kaynar suya ekstraksiyonda şekerlerin doğrudan eldesi sonuçları, yaş püre formdaki çekirdeksiz üzüm posası atığından en yüksek verimle şeker elde edildiğini göstermektedir. Havuç posasından ön işlemsiz ve çeşitli ön işlemlerden sonra kaynar suya ekstraksiyonda şekerlerin doğrudan eldesinde ise en düşük verim değerlerinin elde edildiği gözlenmiştir. Bu durum, havuç posası atığında bulunan basit şekerlerin miktarlarının daha az olması, kompleks ve parçalanması zor polimerik bir yapı olan selüloz miktarının ise daha fazla olmasıyla ilişkilendirilmiştir.

## **5.2. Gıda Atıklarından Ön İşlemsiz ve Kurutma Ön İşlemi Uygulanarak Kaynar Suyla Ekstraksiyonla Şekerlerin Doğrudan Eldesinde Şeker Ekstraksiyon Hız ve Verimliliklerinin Karşılaştırılması**

20 g kuru atık/L su katı/sıvı oranında ön işlemsiz yaş püre ve kurutulmuş toz formdaki posalı portakal kabuğu, çekirdeksiz üzüm posası ve havuç posası atıkları kaynar suya eklenerek, ekstrakte edilen şeker derişiminin zamanla değişimi karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Her bir atık için ekstrakte edilen şeker derişiminin zamanla değişim eğrileri Şekil 5.1'de sunulmuştur. Çalışılan her bir atık için bulunan ekstraksiyon hızları ve 2. ve 8. saat sonunda elde edilen şeker verimleri ise Çizelge 5.4'te verilmiştir. Şekilden hem yaş hem kurutulmuş formdaki her bir atık için kaynar suya şeker ekstraksiyonunun başlangıçta çok hızlı gerçekleştiği görülmektedir. Ekstraksiyonun ilk başta hızlı gerçekleşmesi, yüzeye yakın şeker moleküllerinin hızlıca suya geçmesi ile; şeker ekstraksiyonunun zamanla devam etmesi ise, kaynar su moleküllerinin atığın içine doğru düfözlenererek yapının iç kısmındaki şeker moleküllerini çözmesi ve çözülmüş şeker moleküllerinin geri difüzyonu ile açıklanabilir. Çizelgeden, yaş posalarla elde edilen ekstraksiyon hızlarının kurulardan elde edilen hızlara kıyasla daha yüksek olduğu, en yüksek şeker ekstraksiyon hızına, aynı zamanda şeker verimi açısından da en yüksek değeri veren atık olan çekirdeksiz üzüm posasıyla ulaşıldığı görülmektedir. Yaş posalardan şeker ekstraksiyonunun daha hızlı gerçekleşmesi, atıkların bu formunda yapılarındaki gözeneklerin daha geniş ve açık olması nedeniyle katı-sıvı faz arasındaki şeker difüzyonunun kolaylığıyla açıklanabilir.

Yine aynı çizelgeden, yaş ve kuru üzüm posalarından 8 saat sonunda elde edilen şeker verimlerinin sırasıyla % 78 ve % 75'inin 2 saat sonunda özütlenebildiği, ancak portakal ve havuç atıklarından 2 saat sonunda elde edilen şeker verimlerinin 8 saat sonunda elde edilen şeker verimlerinin yaklaşık yarısı kadar olduğu gözlenmektedir. Bu veriler üzüm posasının, kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şeker eldesinde hem verim hem de hız bakımından oldukça avantajlı olduğunu göstermektedir.



Şekil 5.1. 20 g/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemi uygulanmış posalı portakal kabuğu, çekirdeksiz üzüm posası ve havuç posası atıklarından kaynar suyla doğrudan şeker ekstraksiyonunda elde edilen şeker derişimlerinin zamanla değişimi

Çizelge 5.4. 20 g/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemi uygulanmış posalı portakal kabuğu, çekirdeksiz üzüm posası ve havuç posası atıklarından kaynar suyla doğrudan şeker ekstraksiyonunda elde edilen şeker ekstraksiyon hızları ve 2. ve 8. saat sonundaki şeker verim değerleri

Atığın Türü	Şeker Ekstraksiyon Hızı $r_{s1}$ (g TİŞ/dk)	10 Dakika Sonunda $Y_{s1}/K_1$ (g TİŞ/g kuru atık)	2 Saat Sonunda $Y_{s2}/K_2$ (g TİŞ/g kuru atık)	8 Saat Sonunda $Y_{s8}/K_8$ (g TİŞ/g kuru atık)
Ön İşlemsiz (Yaş) Posalı Portakal Kabuğu	0.405	0.20	0.25	0.48
Kurutulmuş Posalı Portakal Kabuğu	0.396	0.19	0.40	0.73
Ön İşlemsiz (Yaş) Çekirdeksiz Üzüm Posası	0.998	0.50	0.61	0.78
Kurutulmuş Çekirdeksiz Üzüm Posası	0.921	0.46	0.54	0.72
Ön İşlemsiz (Yaş) Havuç Posası	0.350	0.17	0.21	0.53
Kurutulmuş Havuç Posası	0.325	0.16	0.19	0.42

### 5.3. Glikoz İçeren Sentetik Besin Ortamında ve Gıda Atıklarından Elde Edilen Doğal Besin Ortamlarında *R. glutinis* Mayasından $\beta$ -Karoten Üretim Çalışmaları

Tez çalışmasının bu kısmında kesikli karıştırmalı kapta, Ankara Üniversitesi Biyoloji Bölümü'nden temin edilen ve tekstil atık suyu ile kontamine olmuş topraktan izole edilmiş yeni bir suş olan *Rhodotorula glutinis* mayasıyla, glikoz içeren sentetik besin ortamında ve gıda atıklarından elde edilen doğal besin ortamlarında  $\beta$ -karoten üretimi incelenmiştir.

Çalışmanın ilk kısmında, glikoz içeren sentetik besin ortamında başlangıç substrat (glikoz) derişiminin mikroorganizmanın üremesine ve  $\beta$ -karoten üretimi üzerine etkileri araştırılmıştır.

Çalışmanın ikinci kısmı ise iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk olarak yaş ve kurutulmuş posalı portakal kabuğu, çekirdeksiz üzüm posası ve havuç posasından kaynar suyla ekstraksiyonla elde edilen şekerleri içeren doğal besin ortamlarında, katı/sıvı oranının (dolaylı olarak substrat (TİŞ; toplam indirgen şeker) derişiminin)



mikrobiyal üreme ve  $\beta$ -karoten üretimi üzerine etkileri incelenmiştir. İkinci aşamada ise, 100 g kuru atık/L katı/sıvı oranında kurutulmuş toz formdaki posalı portakal kabuğu, çekirdeksiz üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan sonra kalan atık posaların asidik hidrolizi ile şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında *R. glutinis*'ten  $\beta$ -karoten üretimi araştırılmıştır.

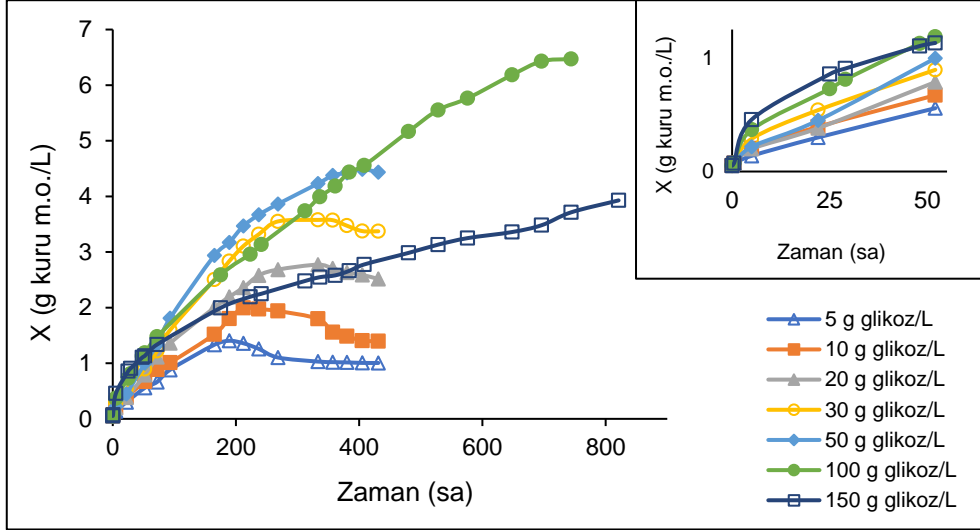
### **5.3.1. Glikoz İçeren Sentetik Besin Ortamında *R. glutinis*'ten $\beta$ -Karoten Üretimi Çalışmaları**

Besin ortamında karbon ve enerji kaynağı olarak kullanılan substratın türü ve derişimi mikrobiyal üremenin ve ürün üretiminin hız ve verimini doğrudan etkilemektedir. Glikoz içeren sentetik besin ortamında başlangıç glikoz derişimi 5-150 g/L aralığında değiştirilerek, başlangıç substrat derişiminin *R. glutinis*'in üremesi ve  $\beta$ -karoten üretimi üzerine etkileri araştırılmış ve farklı başlangıç glikoz derişimlerinde elde edilen mikroorganizma,  $\beta$ -karoten ve glikoz derişimlerinin zamanla değişim eğrileri sırasıyla Şekil 5.2, Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'te verilmiştir.

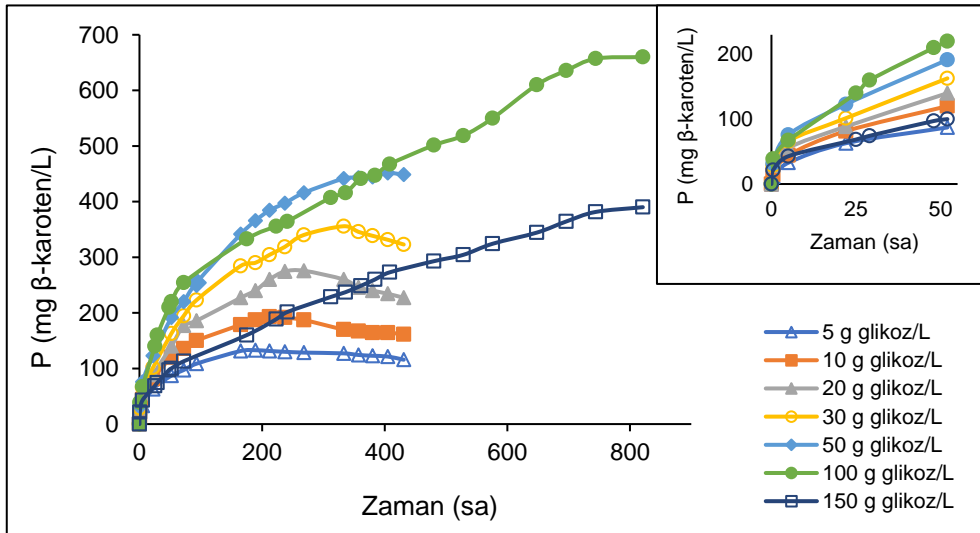
Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'ten, başlangıç glikoz derişiminin 100 g/L'ye kadar arttırılmasıyla, mikroorganizmanın üremesinin ve  $\beta$ -karoten üretiminin arttığı; ancak başlangıç glikoz derişimi 150 g/L'ye çıkartıldığında substrat inhibisyonuna bağlı olarak bu değerlerin belirgin şekilde azaldığı gözlenmektedir. Benzer olarak, başlangıç glikoz derişimi 100 g/L'ye kadar arttırıldığında, artan glikoz derişimiyle glikoz tüketim süresi artsa da ortamdaki glikozun tamamen tüketildiği; ancak başlangıç glikoz derişimi 150 g/L'ye çıkartıldığında, 33 gün sonunda ortamdaki glikozun ancak üçte birinin tüketildiği de Şekil 5.4'ten görülmektedir.

Farklı başlangıç glikoz derişimlerinde elde edilen en yüksek kuru mikroorganizma derişimi ( $X_m$ ), özgül üreme hızı ( $\mu$ ), başlangıç substrat derişimine bağlı kuru mikroorganizma verimi ( $Y_{X/S_0}$ ), en yüksek  $\beta$ -karoten derişimi ( $P_m$ ),  $\beta$ -karoten üretim hızı ( $V$ ), başlangıç substrat derişimine ve en yüksek mikroorganizma derişimine bağlı ürün verimleri ( $Y_{P/S_0}$ ;  $Y_{P/X_m}$ ) değerleri Çizelge 5.5'te karşılaştırılmıştır. Çizelgeden, glikoz derişiminin 100 g/L'ye kadar artmasıyla en yüksek kuru mikroorganizma derişiminin, özgül üreme hızının, en yüksek  $\beta$ -karoten derişiminin,  $\beta$ -karoten üretim hızının ve en yüksek mikroorganizma derişimine bağlı ürün veriminin arttığı; substrat derişimine bağlı ürün veriminin ise önemli ölçüde azaldığı görülmektedir. Yine aynı çizelgeden 150 g/L başlangıç glikoz derişimindeki substrat

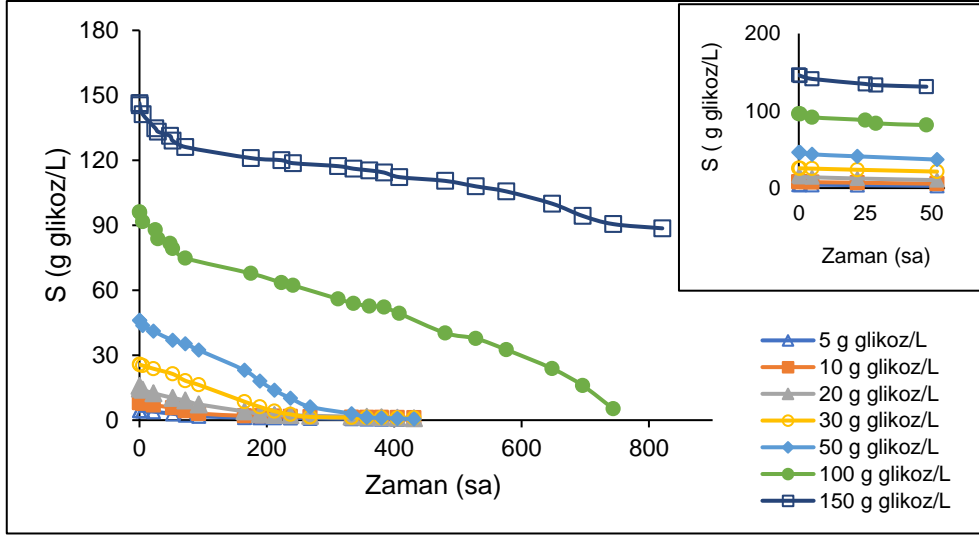
inhibisyonundan dolayı, mikrobiyal üreme ve ürün üretim hız ve verimlerinin önemli ölçüde azaldığı da gözlenmektedir. 100 g/L başlangıç glikoz derişiminde en yüksek mikroorganizma derişimi 6.51 g/L, en yüksek  $\beta$ -karoten derişimi ise 660 mg/L olarak bulunmuştur.



Şekil 5.2. Glikoz içeren sentetik besin ortamında mikroorganizma üremesinin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm)



Şekil 5.3. Glikoz içeren sentetik besin ortamında  $\beta$ -karoten üretiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm)



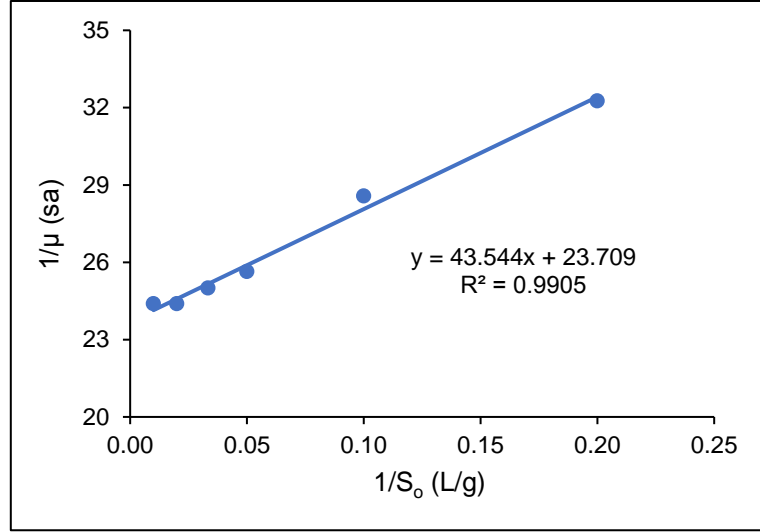
Şekil 5.4. Glikoz içeren sentetik besin ortamında glikoz tüketiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm)

Çizelge 5.5. Farklı başlangıç glikoz derişimlerinde elde edilen en yüksek mikroorganizma derişimi, özgül üreme hızı, mikroorganizma üreme verimi, en yüksek  $\beta$ -karoten derişimi,  $\beta$ -karoten üretim hızı ve en yüksek mikroorganizma ve başlangıç substrat derişimine bağlı  $\beta$ -karoten üretim verimleri değerlerinin karşılaştırılması

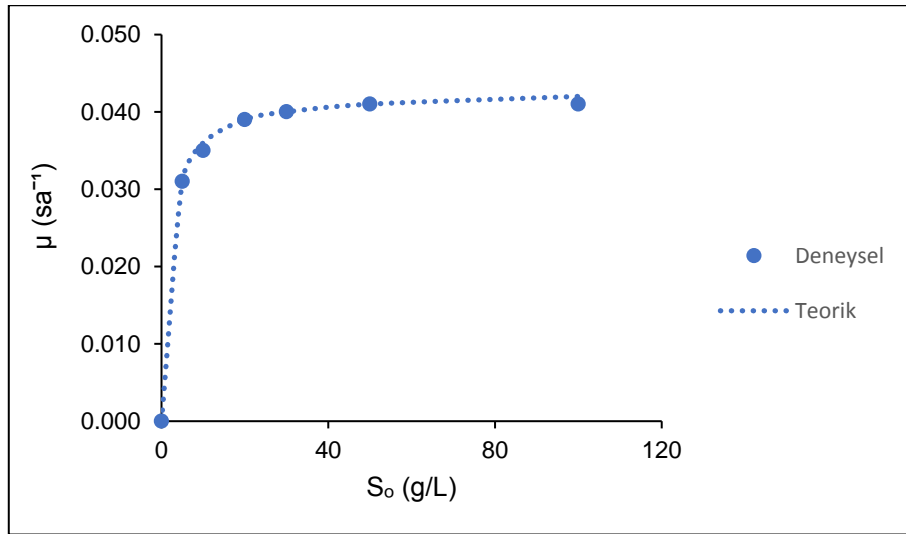
$S_0$ (g glikoz/L)	$X_m$ (g kuru m.o./L)	$\mu$ ( $sa^{-1}$ )	$Y_{X/S_0}$ (g kuru m.o./g glikoz)	$P_m$ (mg $\beta$ -karoten/L)	$v$ (mg $\beta$ -karoten/g kuru m.o.sa)	$Y_{P/S_0}$ (mg $\beta$ -karoten/g glikoz)	$Y_{P/X_m}$ (mg $\beta$ -karoten/g kuru m.o.)
5	1.40	0.031	0.28	132.9	1.86	26.58	94.93
10	1.99	0.035	0.20	192.9	1.91	19.29	96.93
20	2.68	0.039	0.13	260.0	1.93	13.00	97.01
30	3.58	0.040	0.12	355.7	1.94	11.86	99.36
50	4.49	0.041	0.09	451.4	1.96	9.03	100.53
100	6.51	0.041	0.07	660.0	1.98	6.60	101.38
150	4.93	0.040	0.03	390.0	0.92	2.60	79.11

Substrat inhibisyonunun gözlenmediği 5-100 g/L glikoz derişim aralığında mikroorganizmanın üreme kinetiğinin modellenmesinde tek substratın kısıtlayıcı olduğu durum için türetilen Monod eşitliği kullanılmıştır. Şekil 5.5'te verilen  $1/\mu$ 'ye karşı  $1/S_0$  grafiğinden *R. glutinis*'in en yüksek özgül üreme hızı ( $\mu_m$ ) 0.042  $sa^{-1}$ , doygunluk sabiti  $K_s$  ise 1.91 g glikoz/L olarak saptanmıştır. *R. glutinis* için farklı

başlangıç substrat derişimlerinde elde edilen deneysel ve teorik özgül üreme hız ( $\mu$ ) değerleri Şekil 5.6'da karşılaştırılmış ve deneysel  $\mu$  değerlerinin teorik  $\mu$  değerleriyle büyük ölçüde uyumlu olduğu (Ortalama Hata: % 1.43) gözlenmiştir.



Şekil 5.5. Glikoz içeren sentetik besin ortamında *R. glutinis* için elde edilen 1/μ'ye karşı 1/S₀ grafiği



Şekil 5.6. *R. glutinis* için farklı başlangıç glikoz derişimlerinde elde edilen deneysel ve teorik özgül üreme hız ( $\mu$ ) değerlerinin karşılaştırılması

### **5.3.2. Ön İşlemsiz (Yaş) ve Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Gıda Atıklarından Kaynar Suyla Ekstraksiyonla Şekerlerin Doğrudan Elde Edildiği Doğal Besin Ortamlarında *R. glutinis*'ten $\beta$ -Karoten Üretimi Çalışmaları**

#### **5.3.2.1. Ön İşlemsiz (Yaş) ve Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Portakal Kabuğu Atıklarından Kaynar Suyla Ekstraksiyonla Şekerlerin Doğrudan Elde Edildiği Doğal Besin Ortamlarında *R. glutinis*'ten $\beta$ -Karoten Üretimi Çalışmaları**

Çalışmaların bu kısmında ön işlemsiz (yaş) püre formundaki posalı portakal kabuğu atığıyla ve kurutma ön işlemi uygulanmış toz formdaki posalı ve posasız portakal kabuğu atıklarıyla *R. glutinis*'ten  $\beta$ -karoten üretimi farklı katı/sıvı oranlarında (değişen TİŞ derişimlerinde) gerçekleştirilmiştir.

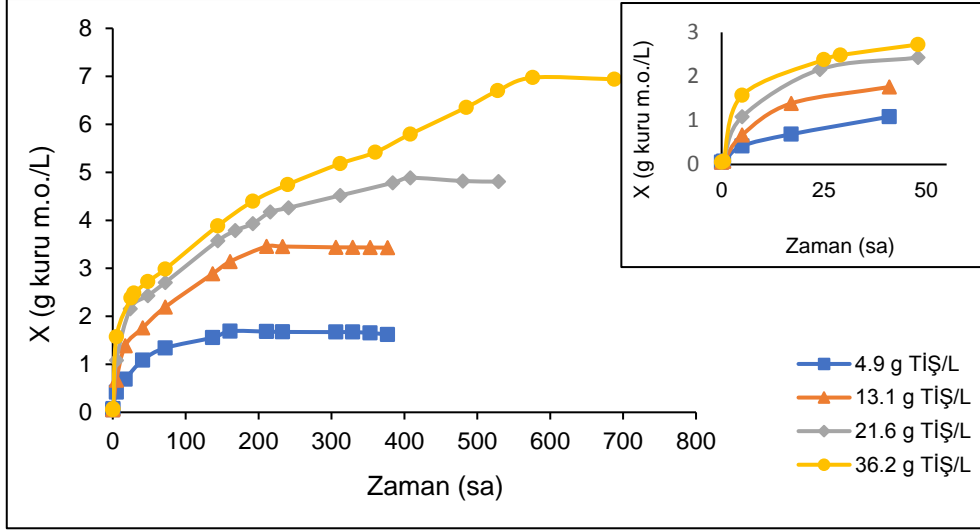
##### **a) Ön İşlemsiz (Yaş) Posalı Portakal Kabuğu Atığıyla Yapılan Çalışmalar**

*R. glutinis*'ten ön işlemsiz (yaş) püre formdaki posalı portakal kabuklarıyla  $\beta$ -karoten üretim çalışmalarında katı/sıvı ( $K_1/S$ ) oranı 10-100 g kuru atık/L aralığında (toplam indirgen şeker derişimi (TİŞ) aralığı 4.9 g/L-36.2 g/L) değiştirilmiştir. Farklı katı/sıvı oranlarında elde edilen mikroorganizma,  $\beta$ -karoten ve TİŞ derişimlerinin zamanla değişim eğrileri sırasıyla Şekil 5.7, Şekil 5.8 ve Şekil 5.9'da verilmiştir.

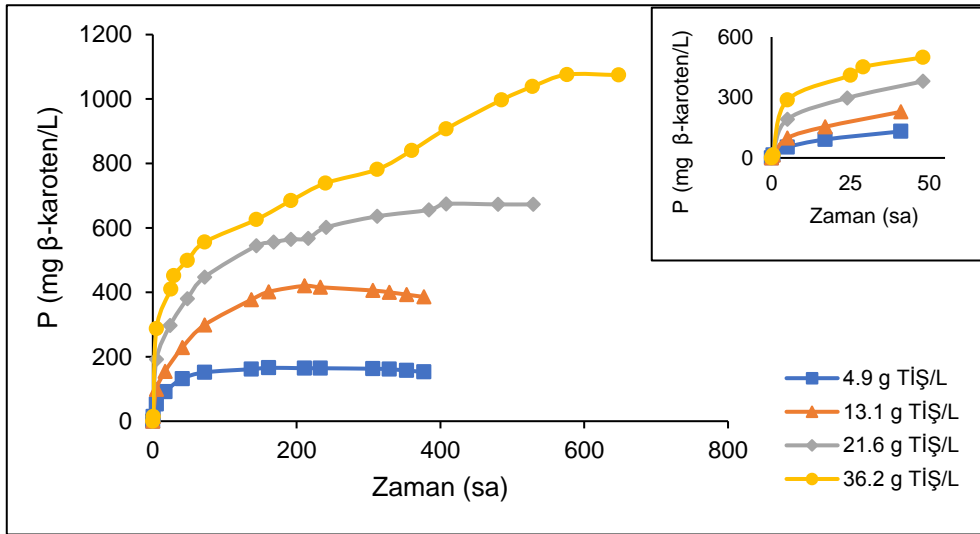
Şekil 5.7'den *R. glutinis*'in üretiminin katı/sıvı oranının (TİŞ derişiminin) artmasıyla arttığı, düşük katı/sıvı oranlarında (TİŞ derişimlerinde) üremenin daha kısa sürelerde tamamlandığı görülmektedir. Benzer olarak Şekil 5.8'den de görüldüğü gibi, TİŞ derişimi arttıkça üretilen  $\beta$ -karoten derişimi de artmıştır. Şekil 5.9'da verilen TİŞ tüketim eğrileri incelendiğinde, şekerlerin düşük TİŞ derişimlerinde daha hızlı kullanıldığı, glikoz içeren sentetik besin ortamlarında elde edilen glikoz tüketim süreleriyle kıyaslandığında ise daha uzun sürede tüketildiği gözlenmektedir. Yine aynı şekilden sentetik besin ortamında çalışılan tüm glikoz derişimlerinde (150 g/l glikoz derişimi hariç) fermantasyon sonunda glikozun tamamının tüketilmesine karşın; portakal kabuğu atığından elde edilen besin ortamında çalışılan tüm katı/sıvı oranlarında (TİŞ derişimlerinde) bir miktar şekerin tüketilemediği de görülmektedir. Bu durumun, portakal kabuğundan kaynar suyla ekstraksiyonla besin ortamına geçen bazı şekerlerin mikroorganizma tarafından kullanılamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Portakal kabuğu atığında en fazla bulunan ve mikroorganizmanın kolaylıkla tüketebileceği şekerler 6 karbonlu glikoz, fruktoz ve

12 karbonlu ve kolay hidrolize olabilen sakkaroz gibi mono ve disakkaritler olsa da, kabuğun az miktarda 5 karbonlu monosakkarit yapıda ksiloz içerdiği ve mikroorganizmanın bu şekeri tüketemediği bilinmektedir. Ayrıca, ekstraksiyon sırasında, portakal kabuğunun yapısında ortalama %25–30 oranında bulunan pektinin bir kısmı hidrolize olarak parçalanmakta ve bunun sonucunda 6 karbonlu D-galakturonik asit, D-galaktoz ve L-ramnoz ve 5 karbonlu L-arabinoz gibi mikroorganizma tarafından tüketilemeyen basit şekerler de açığa çıkmaktadır.

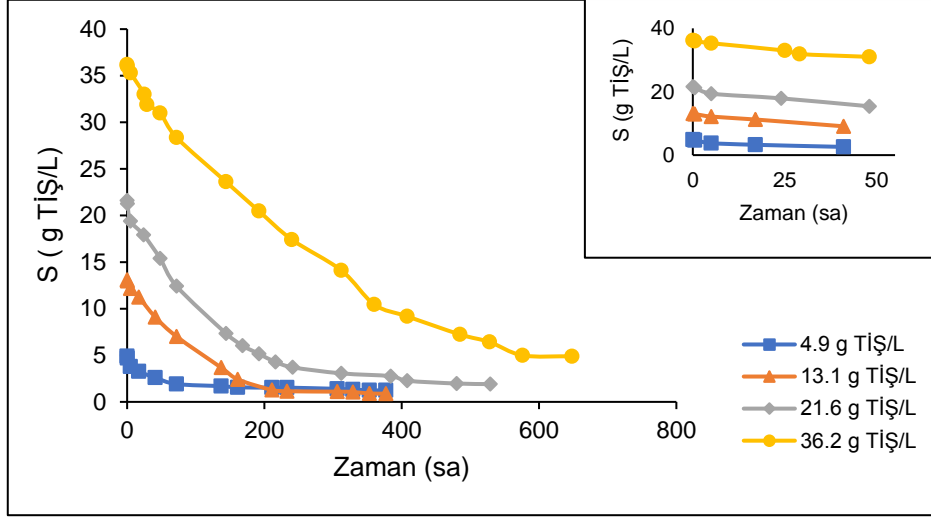
Çalışılan farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde), püre formunda ön işlemsiz (yaş) posalı portakal kabuğu atıklarından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği besin ortamlarında *R. glutinis*'in üremesinde ve  $\beta$ -karoten üretiminde elde edilen en yüksek kuru mikroorganizma derişimi ( $X_m$ ), özgül üreme hızı ( $\mu$ ), başlangıç substrat derişimine bağılı kuru mikroorganizma verimi ( $Y_{x/s_1}$ ), en yüksek  $\beta$ -karoten derişimi ( $P_m$ ),  $\beta$ -karoten üretim hızı ( $V$ ), başlangıç substrat derişimine ve en yüksek mikroorganizma derişimine bağılı ürün verimleri ( $Y_{P/s_1}$ ;  $Y_{P/x_m}$ ) değerleri Çizelge 5.6'da karşılaştırılmıştır. Çizelgeden, TİŞ derişiminin 36.2 g/L'ye kadar artmasıyla en yüksek kuru mikroorganizma derişiminin, özgül üreme hızının, en yüksek  $\beta$ -karoten derişiminin,  $\beta$ -karoten üretim hızının ve en yüksek mikroorganizma derişimine bağılı ürün veriminin arttığı; başlangıç substrat derişimine bağılı ürün veriminin ise önemli ölçüde azaldığı görülmektedir. 36.2 g/L başlangıç TİŞ derişiminde en yüksek mikroorganizma derişimi 6.97 g/L, en yüksek  $\beta$ -karoten derişimi ise 1075.7 mg/L olarak bulunmuştur (Çizelge 5.6).



Şekil 5.7. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) ön işlemsiz (yaş) püre formundaki posalı portakal kabuğu atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında mikroorganizma derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm)



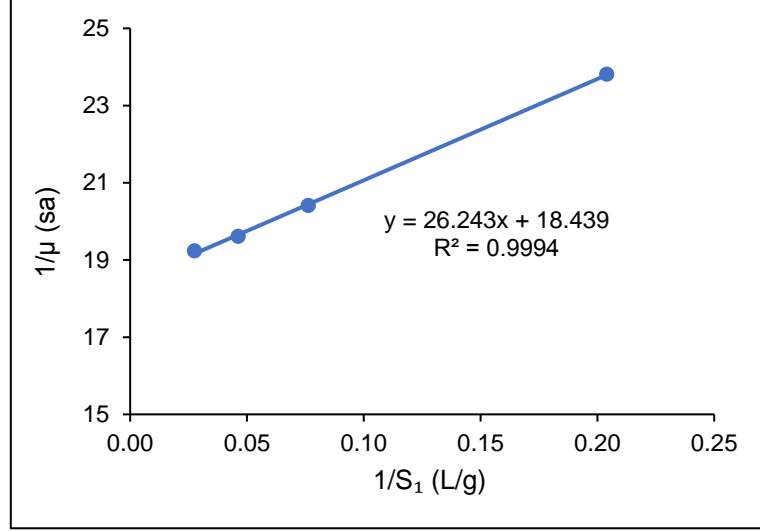
Şekil 5.8. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) ön işlemsiz (yaş) püre formundaki posalı portakal kabuğu atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında β-karoten derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm)



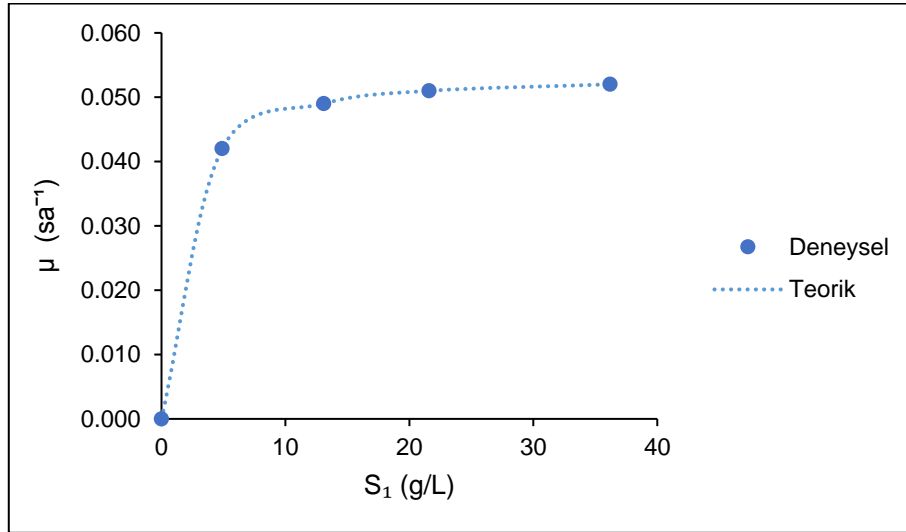
Şekil 5.9. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) ön işlemsiz (yaş) püre formundaki posalı portakal kabuğu atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında TİŞ derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm)

Çalışılan 4.9 g/L-36.2 g/L TİŞ derişim aralığında mikroorganizmanın üreme kinetiğinin modellenmesinde Monod eşitliği kullanılmıştır. Şekil 5.10'da verilen  $1/\mu$ 'ye karşı  $1/S_1$  grafiğinden *R. glutinis*'in en yüksek özgül üreme hızı ( $\mu_m$ ) 0.054 sa<sup>-1</sup>, doygunluk sabiti  $K_s$  ise 1.42 g TİŞ/L olarak saptanmıştır. *R. glutinis* için farklı TİŞ derişimlerinde elde edilen deneysel ve teorik özgül üreme hız ( $\mu$ ) değerleri Şekil 5.11'de karşılaştırılmış ve deneysel  $\mu$  değerlerinin teorik  $\mu$  değerleriyle oldukça uyumlu olduğu (Ortalama hata: % 0.01) gözlenmiştir.





Şekil 5.10. Ön işlemsiz (yaş) püre formundaki posalı portakal kabuğu atığından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında *R. glutinis* için elde edilen  $1/\mu$ 'ye karşı  $1/S_1$  grafiği



Şekil 5.11. Ön işlemsiz (yaş) püre formundaki posalı portakal kabuğu atığından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında *R. glutinis* için farklı TİŞ derişimlerinde elde edilen deneysel ve teorik özgül üreme hız ( $\mu$ ) değerlerinin karşılaştırılması

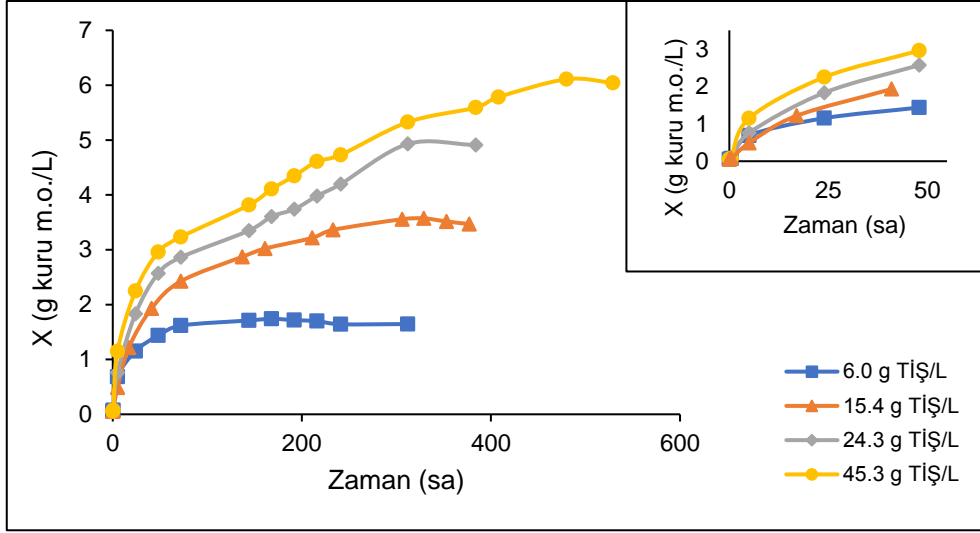
### b) Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Posalı Portakal Kabuğu Atığıyla Yapılan Çalışmalar

*R. glutinis*'ten kurutma ön işlemi uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuklarıyla  $\beta$ -karoten üretim çalışmalarında katı/sıvı ( $K_1/S$ ) oranı 10-100 g kuru

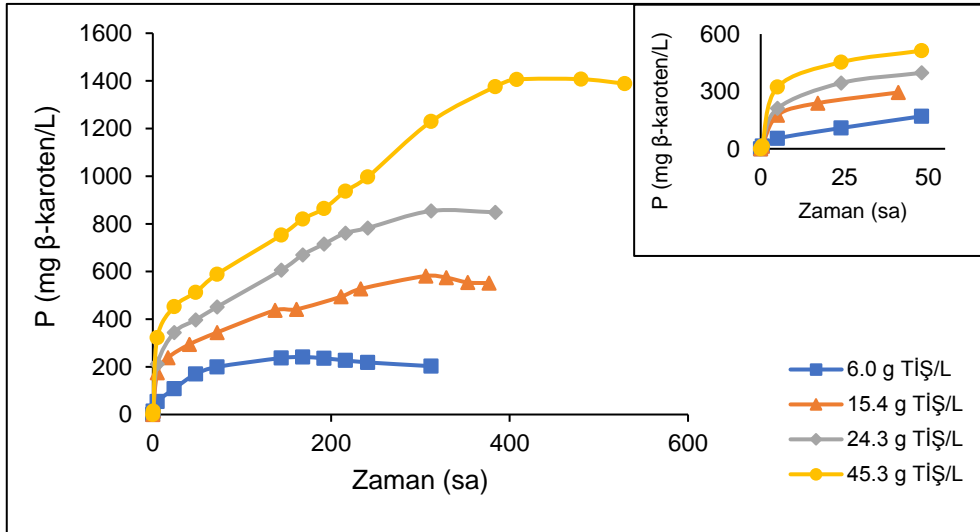
atık/L aralığında (toplam indirgen şeker derişimi (TİŞ) aralığı 6.0 g/L-45.3 g/L) değiştirilmiştir. Farklı katı/sıvı oranlarında elde edilen mikroorganizma,  $\beta$ -karoten ve TİŞ derişimlerinin zamanla değişim eğrileri sırasıyla Şekil 5.12, Şekil 5.13 ve Şekil 5.14'te verilmiştir.

Şekil 5.12'den *R. glutinis*'in üretiminin katı/sıvı oranının (TİŞ derişiminin) artmasıyla arttığı, düşük katı/sıvı oranlarında (TİŞ derişimlerinde) üremenin daha kısa sürelerde tamamlandığı görülmektedir. Benzer olarak Şekil 5.13'ten de görüldüğü gibi, TİŞ derişimi arttıkça üretilen  $\beta$ -karoten derişimi de artmıştır. Şekil 14'te verilen TİŞ tüketim eğrileri incelendiğinde, şekerlerin düşük TİŞ derişimlerinde daha hızlı kullanıldığı, glikoz içeren sentetik besin ortamlarında elde edilen glikoz tüketim süreleriyle kıyaslandığında ise daha uzun sürelerde tüketildiği gözlenmektedir. Yine aynı şekilden sentetik besin ortamında çalışılan tüm glikoz derişimlerinde (150 g/L glikoz derişimi hariç) glikozun tamamının tüketilmesine karşın; portakal kabuğu atığından elde edilen besin ortamında da çalışılan tüm katı/sıvı oranlarında (TİŞ derişimlerinde) yukarıda açıklanan nedenlerden dolayı yine bir miktar şekerin tüketilemediği görülmektedir.

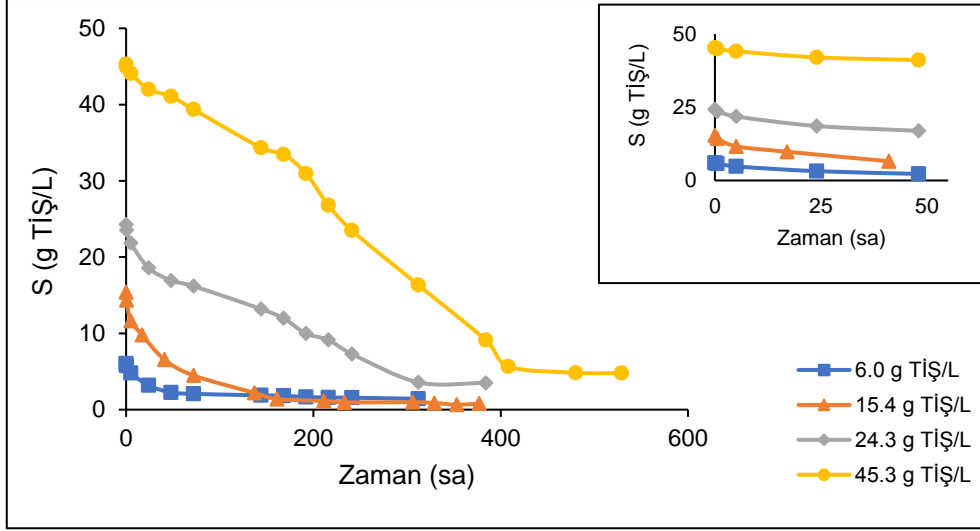
Çalışılan farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde), kurutma ön işlemi uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu atıklarından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği besin ortamlarında *R. glutinis*'in üremesinde ve  $\beta$ -karoten üretiminde elde edilen en yüksek kuru mikroorganizma derişimi ( $X_m$ ), özgül üreme hızı ( $\mu$ ), başlangıç substrat derişimine bağlı kuru mikroorganizma verimi ( $Y_{X/S_1}$ ), en yüksek  $\beta$ -karoten derişimi ( $P_m$ ),  $\beta$ -karoten üretim hızı ( $V$ ), başlangıç substrat derişimine ve en yüksek mikroorganizma derişimine bağlı ürün verimleri ( $Y_{P/S_1}$ ;  $Y_{P/X_m}$ ) değerleri Çizelge 5.6'da karşılaştırılmıştır. Çizelgeden, TİŞ derişiminin 45.3 g/L'ye kadar artmasıyla en yüksek kuru mikroorganizma derişiminin, özgül üreme hızının, en yüksek  $\beta$ -karoten derişiminin,  $\beta$ -karoten üretim hızının ve en yüksek mikroorganizma derişimine bağlı ürün veriminin arttığı; başlangıç substrat derişimine bağlı ürün veriminin ise önemli ölçüde azaldığı görülmektedir. 45.3 g/L başlangıç TİŞ derişiminde en yüksek mikroorganizma derişimi 7.14 g/L, en yüksek  $\beta$ -karoten derişimi ise 1407.1 mg/L olarak saptanmıştır.



Şekil 5.12. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) kurutma ön işleminin uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında mikroorganizma derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm)

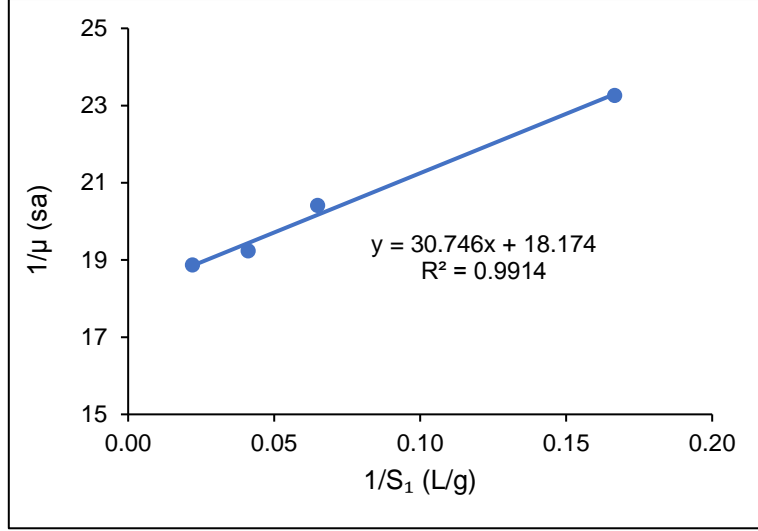


Şekil 5.13. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) kurutma ön işleminin uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında β-karoten derişiminin zamanla değişimi (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm)

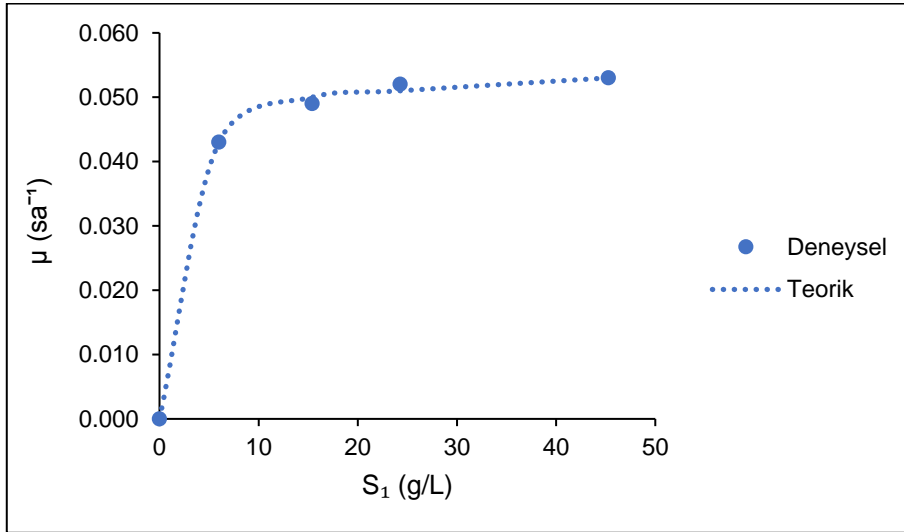


Şekil 5.14. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) kurutma ön işlemini uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında toplam indirgen şeker derişiminin zamanla değişimi (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm)

Çalışılan 6.0 g/L-45.3 g/L TİŞ derişim aralığında mikroorganizmanın üreme kinetiğinin modellenmesinde Monod eşitliği kullanılmıştır. Şekil 5.15'te verilen  $1/\mu$ 'ye karşı  $1/S_1$  grafiğinden *R. glutinis*'in en yüksek özgül üreme hızı ( $\mu_m$ ) 0.055 sa<sup>-1</sup>, doygunluk sabiti  $K_s$  ise 1.69 g TİŞ/L olarak saptanmıştır. *R. glutinis* için farklı TİŞ derişimlerinde elde edilen deneysel ve teorik özgül üreme hız ( $\mu$ ) değerleri Şekil 5.16'da karşılaştırılmış ve deneysel  $\mu$  değerlerinin teorik  $\mu$  değerleriyle oldukça uyumlu olduğu (Ortalama hata: % 1.00) gözlenmiştir.



Şekil 5.15. Kurutma ön işlemleri uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu atığından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında *R. glutinis* için elde edilen  $1/\mu$ 'ye karşı  $1/S_1$  grafiği



Şekil 5.16. Kurutma ön işlemleri uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu atığından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında *R. glutinis* için farklı TİŞ derişimlerinde elde edilen deneysel ve teorik özgül üreme hız ( $\mu$ ) değerlerinin karşılaştırılması

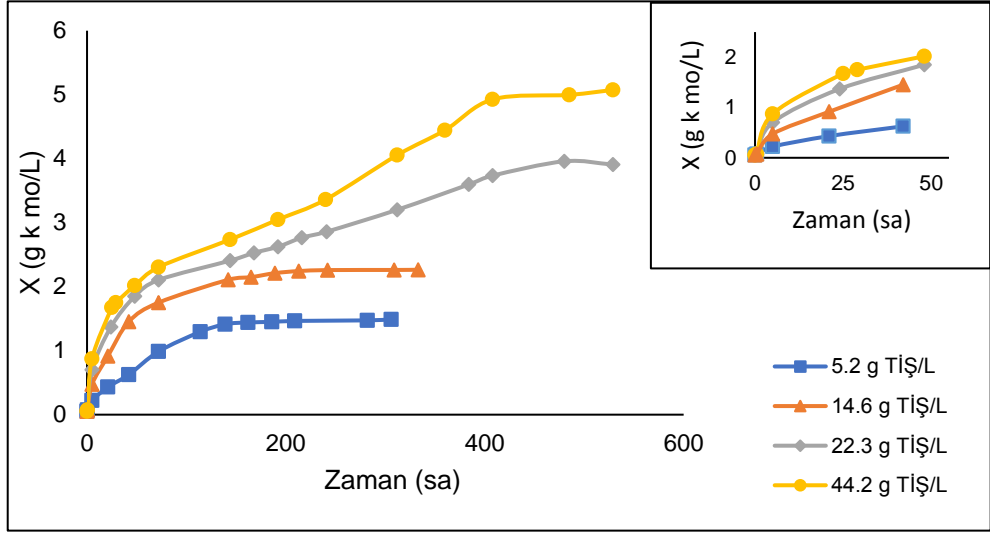
### c) Kurutma Ön İşlemleri Uygulanmış Posasız Portakal Kabuğu ile Yapılan Çalışmalar

*R. glutinis*'ten kurutma ön işlemleri uygulanmış, 0.505-0.707 mm tanecik boyut aralığındaki posasız portakal kabuklarıyla  $\beta$ -karoten üretim çalışmalarında katı/sıvı

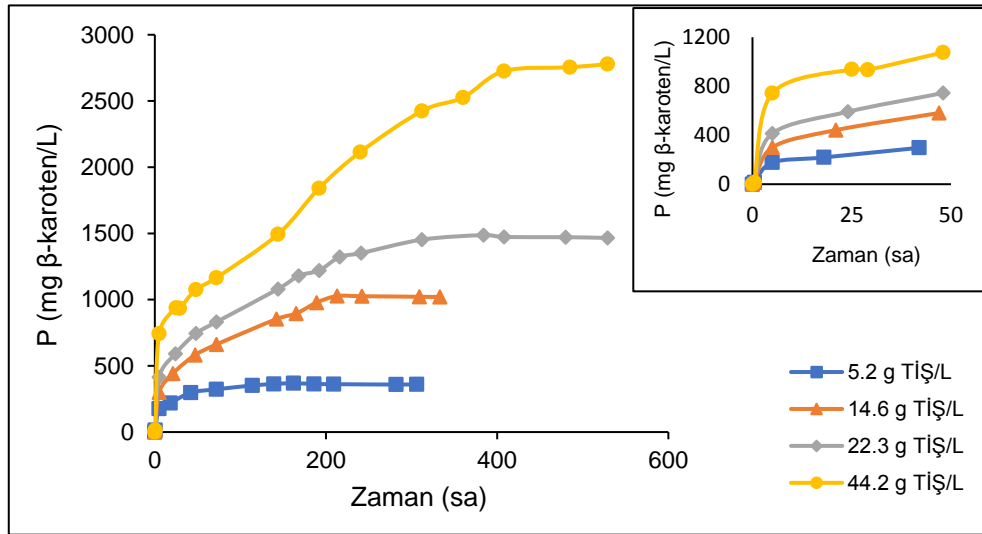
(K<sub>1</sub>/S) oranı 10-100 g kuru atık/L aralığında (toplam indirgen şeker derişimi (TİŞ) aralığı 5.2 g/L-44.2 g/L) değiştirilmiştir. Farklı katı/sıvı oranlarında elde edilen mikroorganizma, β-karoten ve TİŞ derişimlerinin zamanla değişim eğrileri sırasıyla Şekil 5.17, Şekil 5.18 ve Şekil 5.19'da verilmiştir.

Şekil 5.17'den *R. glutinis*'in üretiminin katı/sıvı oranının (TİŞ derişiminin) artmasıyla arttığı, düşük katı/sıvı oranlarında (TİŞ derişimlerinde) üremenin daha kısa sürelerde tamamlandığı görülmektedir. Benzer olarak Şekil 5.18'den de görüldüğü gibi, TİŞ derişimi arttıkça üretilen β-karoten derişimi de artmıştır. Şekil 5.19'da verilen TİŞ tüketim eğrileri incelendiğinde, şekerlerin düşük TİŞ derişimlerinde daha hızlı kullanıldığı, glikoz içeren sentetik besin ortamlarında elde edilen glikoz tüketim süreleriyle kıyaslandığında ise daha uzun sürede tüketildiği gözlenmektedir. Yine aynı şekilden sentetik besin ortamında çalışılan tüm glikoz derişimlerinde (150 g/L glikoz derişimi hariç) glikozun tamamının tüketilmesine karşın; portakal kabuğu atığından elde edilen besin ortamında çalışılan tüm katı/sıvı oranlarında (TİŞ derişimlerinde) yine benzer nedenlerden dolayı bir miktar şekerin tüketilemediği de görülmektedir

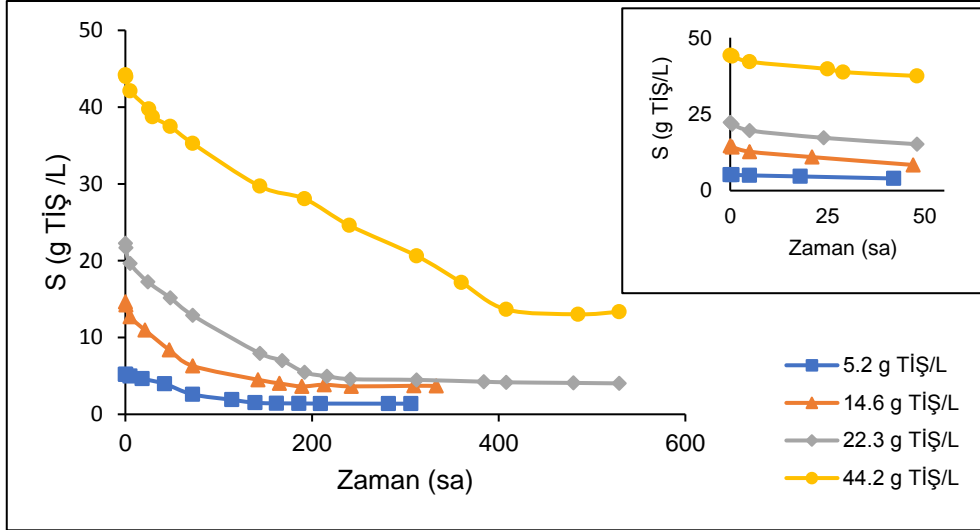
Çalışılan farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde), kurutma ön işlemi uygulanmış 0.500-0.707 mm tanecik boyut aralığındaki posasız portakal kabuğu atıklarından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği besin ortamlarında *R. glutinis*'in üremesinde ve β-karoten üretiminde elde edilen en yüksek kuru mikroorganizma derişimi ( $X_m$ ), özgül üreme hızı ( $\mu$ ), başlangıç substrat derişimine bağlı kuru mikroorganizma verimi ( $Y_{X/S_1}$ ), en yüksek β-karoten derişimi ( $P_m$ ), β-karoten üretim hızı ( $V$ ), başlangıç substrat derişimine ve en yüksek mikroorganizma derişimine bağlı ürün verimleri ( $Y_{P/S_1}$ ;  $Y_{P/X_m}$ ) değerleri Çizelge 5.6'da karşılaştırılmıştır. Çizelgeden, TİŞ derişiminin 44.2 g/L'ye kadar artmasıyla en yüksek kuru mikroorganizma derişiminin, özgül üreme hızının, en yüksek β-karoten derişiminin, β-karoten üretim hızının ve en yüksek mikroorganizma derişimine bağlı ürün veriminin arttığı; başlangıç substrat derişimine bağlı ürün veriminin ise önemli ölçüde azaldığı görülmektedir. 44.2 g/L başlangıç TİŞ derişiminde en yüksek mikroorganizma derişimi 5.07 g/L, en yüksek β-karoten derişimi ise 2778.6 mg/L olarak bulunmuştur (Çizelge 5.6).



Şekil 5.17. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) kurutma ön işlemleri uygulanmış 0.500-0.707 mm tanecik boyut aralığındaki posasız portakal kabuğu atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla şekerlerin doğrudan elde edildiği doğal besin ortamlarında mikroorganizma derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm)



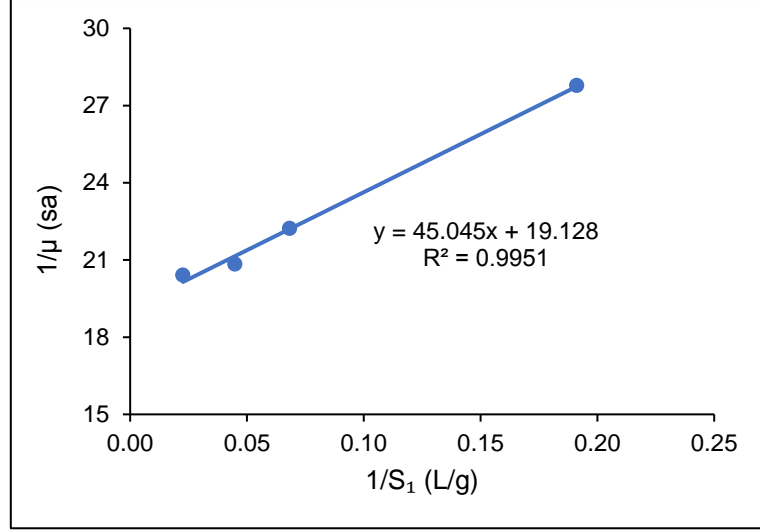
Şekil 5.18. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) kurutma ön işlemleri uygulanmış 0.500-0.707 mm tanecik boyut aralığındaki posasız portakal kabuğu atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla şekerlerin doğrudan elde edildiği doğal besin ortamlarında β-karoten derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm)



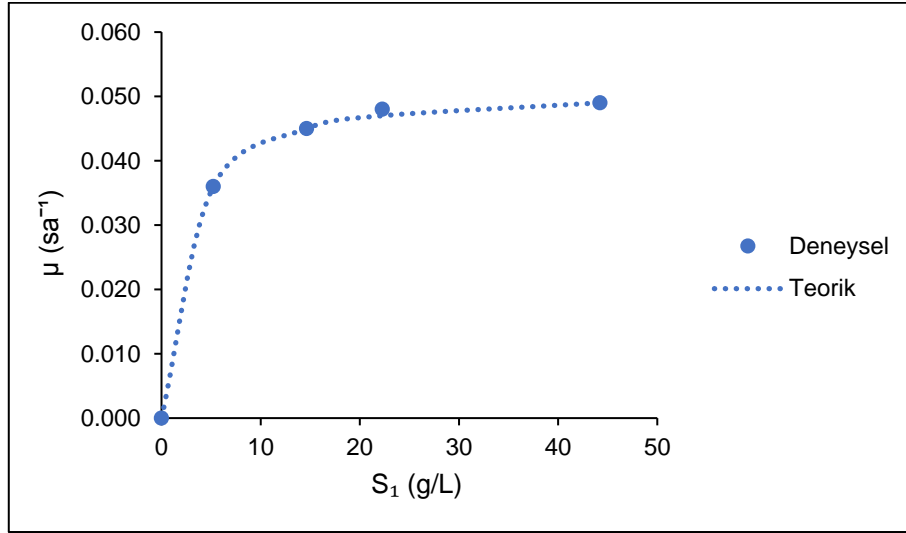
Şekil 5.19. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) kurutma ön işlemleri uygulanmış 0.500-0.707 mm tanecik boyut aralığındaki posasız portakal kabuğu atığının kaynar suyla ekstraksiyonu ile şekerlerin doğrudan elde edildiği doğal besin ortamlarında TİŞ derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm)

Çalışılan 5.2 g/L-44.2 g/L TİŞ derişim aralığında mikroorganizmanın üreme kinetiğinin modellenmesinde Monod eşitliği kullanılmıştır. Şekil 5.20'de verilen  $1/\mu$ 'ye karşı  $1/S_1$  grafiğinden *R. glutinis*'in en yüksek özgül üreme hızı ( $\mu_m$ ) 0.052 sa<sup>-1</sup>, doygunluk sabiti  $K_s$  ise 2.35 g TİŞ/L olarak saptanmıştır. *R. glutinis* için farklı TİŞ derişimlerinde elde edilen deneysel ve teorik özgül üreme hız ( $\mu$ ) değerleri Şekil 5.21'de karşılaştırılmış ve deneysel  $\mu$  değerlerinin teorik  $\mu$  değerleriyle oldukça uyumlu olduğu (Ortalama hata: % 0.5) gözlenmiştir.





Şekil 5.20. Kurutma ön işlemleri uygulanmış 0.500-0.707 mm boyut aralığındaki posasız portakal kabuğu atığından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında *R. glutinis* için elde edilen  $1/\mu$ 'ye karşı  $1/S_1$  grafiği



Şekil 5.21. Kurutma ön işlemleri uygulanmış 0.500-0.707 mm boyut aralığındaki posasız portakal kabuğu atığından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında *R. glutinis* için farklı TİŞ derişimlerinde elde edilen deneysel ve teorik özgül üreme hız ( $\mu$ ) değerlerinin karşılaştırılması

Çizelge 5.6'dan ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemleri posalı ve kurutma ön işlemleri posasız portakal kabuğu atıklarıyla yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar genel olarak karşılaştırıldığında, en yüksek  $\beta$ -karoten üretim hız ve verimlerinin kurutma ön işlemleri posasız portakal kabuğu atığıyla elde edildiği görülmektedir. En yüksek

mikroorganizma üretim hızı ve verim değerleri ise, kurutma ön işlemlili posalı portakal kabuğuyla yapılan çalışmalarda bulunmuştur. Gerek mikroorganizma gerek  $\beta$ -karoten üretim hızı ve verimi açısından en düşük değerlerin ise yaş posalı portakal kabuğu atığıyla elde edildiği gözlenmiştir. 100 g/L katı/sıvı oranında kurutma ön işlemlili posasız portakal kabuğu atığıyla en yüksek  $\beta$ -karoten üretim hız ve verim değerleri sırasıyla 6.96 mg  $\beta$ -karoten/g kuru m.o. sa ( $v$ ), 2778.6 mg  $\beta$ -karoten/L ( $P_m$ ), 62.8 mg  $\beta$ -karoten/g TİŞ ( $Y_{P/S_1}$ ), 548.0 mg  $\beta$ -karoten/g kuru m.o. ( $Y_{P/X_m}$ ) olarak; kuru posalı portakal kabuğu atığıyla elde edilen en yüksek mikrobiyal üretim hız ve verim değerleri ise sırasıyla 0.053 sa<sup>-1</sup> ( $\mu$ ), 6.11 g kuru m.o./L ( $X_m$ ) ve 0.16 g kuru m.o./g TİŞ ( $Y_{X/S_1}$ ) olarak saptanmıştır.

Çizelge 5.6. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde), posalı ve posasız portakal kabuğu atıklarından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği besin ortamlarında elde edilen en yüksek kuru mikroorganizma derişimi, özgül üreme hızı, mikroorganizma üreme verimi, en yüksek  $\beta$ -karoten derişimi,  $\beta$ -karoten üretim hızı ve en yüksek mikroorganizma ve başlangıç substrat derişimlerine bağlı  $\beta$ -karoten üretim verimleri değerlerinin karşılaştırılması

Atığın Türü	Atığa Uygulanan Ön İşlem	Tanecik Boyut Aralığı (mm)	K <sub>1</sub> /S (g kuru atık/L)	S <sub>1</sub> (g TİŞ/L)	X <sub>m</sub> (g kuru m.o./L)	$\mu$ (sa <sup>-1</sup> )	Y <sub>X/S<sub>1</sub></sub> (g kuru m.o./g TİŞ)	P <sub>m</sub> (mg $\beta$ -karoten/L)	v (mg $\beta$ -karoten/g kuru m.o. sa)	Y <sub>P/S<sub>1</sub></sub> (mg $\beta$ -karoten/g TİŞ)	Y <sub>P/X<sub>m</sub></sub> (mg $\beta$ -karoten/g kuru m.o.)
Posalı Portakal Kabuğu	Ön işlemsiz (Yaş)	Püre	10	4.9	1.69	0.042	0.34	165.7	1.41	33.8	98.0
			20	13.1	3.46	0.049	0.26	420.0	1.80	32.1	121.4
			50	21.6	4.88	0.051	0.23	674.3	2.23	31.2	138.2
			100	36.2	6.97	0.052	0.19	1075.7	2.53	29.7	154.3
Posalı Portakal Kabuğu	Kurutma	Toz	10	6.0	1.74	0.043	0.29	241.4	1.58	40.0	138.7
			20	15.4	3.57	0.050	0.23	581.4	1.89	37.8	162.9
			50	24.3	4.93	0.052	0.20	854.3	2.13	35.2	173.3
			100	45.3	6.11	0.053	0.16	1407.1	2.48	31.1	197.9
Posasız Portakal Kabuğu	Kurutma	0.500-0.707 mm	10	5.2	1.49	0.036	0.28	368.6	4.33	70.5	247.4
			20	14.6	2.46	0.045	0.17	1027.1	5.15	70.2	417.5
			50	22.3	3.25	0.048	0.15	1487.1	5.40	66.7	457.6
			100	44.2	5.07	0.049	0.11	2778.6	6.96	62.8	548.0

### 5.3.2.2. Ön İşlemsiz (Yaş) ve Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Çekirdeksiz Üzüm Posası Atıklarından Kaynar Suyula Ekstraksiyonla Şekerlerin Doğrudan Elde Edildiği Doğal Besin Ortamlarında *R. glutinis*'ten $\beta$ -Karoten Üretimi Çalışmaları

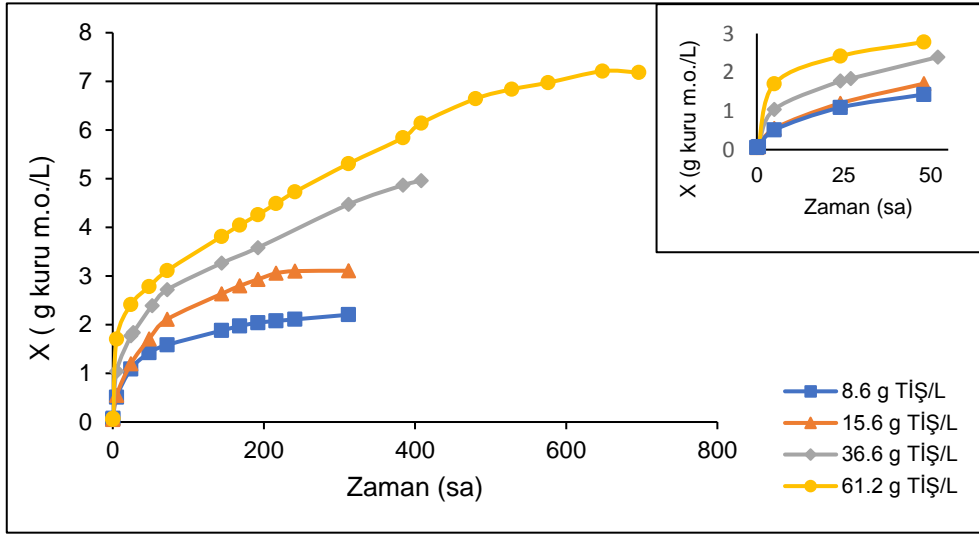
Çalışmaların bu kısmında ön işlemsiz (yaş) püre formundaki ve kurutma ön işlemi uygulanmış toz formdaki çekirdeksiz üzüm posası atıklarıyla *R. glutinis*'ten  $\beta$ -karoten üretimi farklı katı/sıvı oranlarında (değişen TİŞ derişimlerinde) gerçekleştirilmiştir.

#### a) Ön İşlemsiz (Yaş) Çekirdeksiz Üzüm Posası Atığıyla Yapılan Çalışmalar

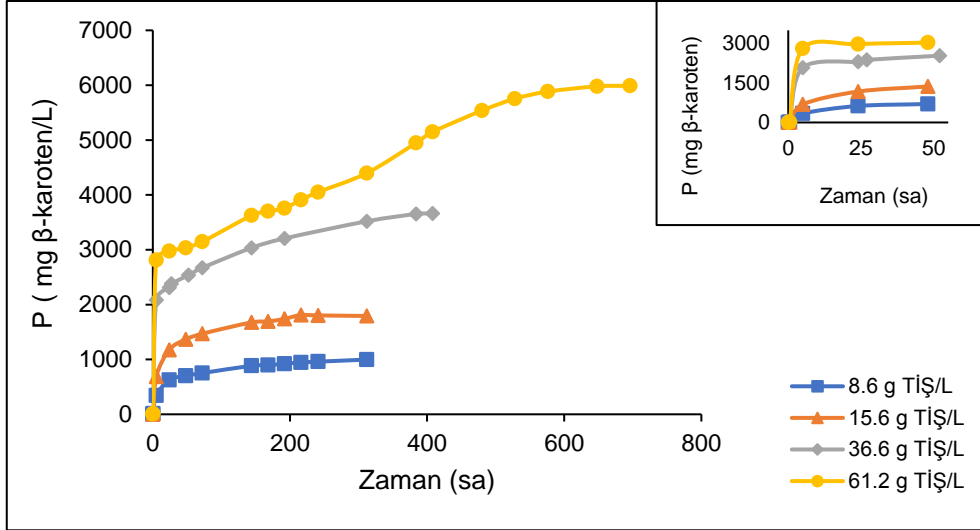
*R. glutinis*'ten ön işlemsiz yaş püre formdaki çekirdeksiz üzüm posalarıyla  $\beta$ -karoten üretim çalışmalarında katı/sıvı (K<sub>1</sub>/S) oranı 10-100 g kuru atık/L aralığında (toplam indirgen şeker derişimi (TİŞ) aralığı 8.6 g/L-61.2 g/L) değiştirilmiştir. Farklı katı/sıvı oranlarında elde edilen mikroorganizma,  $\beta$ -karoten ve TİŞ derişimlerinin zamanla değişim eğrileri sırasıyla Şekil 5.22, Şekil 5.23 ve Şekil 5.24'te verilmiştir.

Şekil 5.22'den *R. glutinis*'in üretiminin katı/sıvı oranının (TİŞ derişiminin) artmasıyla arttığı, düşük katı/sıvı oranlarında (TİŞ derişimlerinde) üremenin daha kısa sürelerde tamamlandığı görülmektedir. Benzer olarak Şekil 5.23'ten, TİŞ derişimi arttıkça üretilen  $\beta$ -karoten derişiminin oldukça fazla miktarda arttığı da gözlenmektedir. Şekil 5.24'te verilen TİŞ tüketim eğrileri incelendiğinde ise, şekerlerin düşük TİŞ derişimlerinde daha hızlı kullanıldığı, atık portakal kabuğu posalarından elde edilen ortamlardaki TİŞ tüketim süreleriyle kıyaslandığında ise benzer sürelerde tüketildiği görülmektedir. Yine aynı şekilden, portakal kabuğuyla yapılan çalışmalara benzer olarak üzüm posası atığından elde edilen besin ortamlarında yapılan fermantasyon çalışmalarında da bir miktar şekerin tüketilemediği görülmektedir. Üzüm posası atığında mikroorganizmanın kolaylıkla kullanabileceği çok miktarda 6 karbonlu glikoz ve fruktoz ve az miktarda 12 karbonlu ve kolay hidrolize olabilen sakkaroz gibi mono ve disakkaritler bulunmaktadır. Ancak üzüm posasında % 4-7 aralığında değişen oranlarda bulunabilen ksilan bileşeninin sıcak suyula ekstraksiyon sırasında bozunması sonucunda ortama salınan beş karbonlu ksiloz şekerinin mikroorganizma tarafından kullanılmadığı ve bu yüzden tüm şekerin tüketilemediği düşünülmektedir.

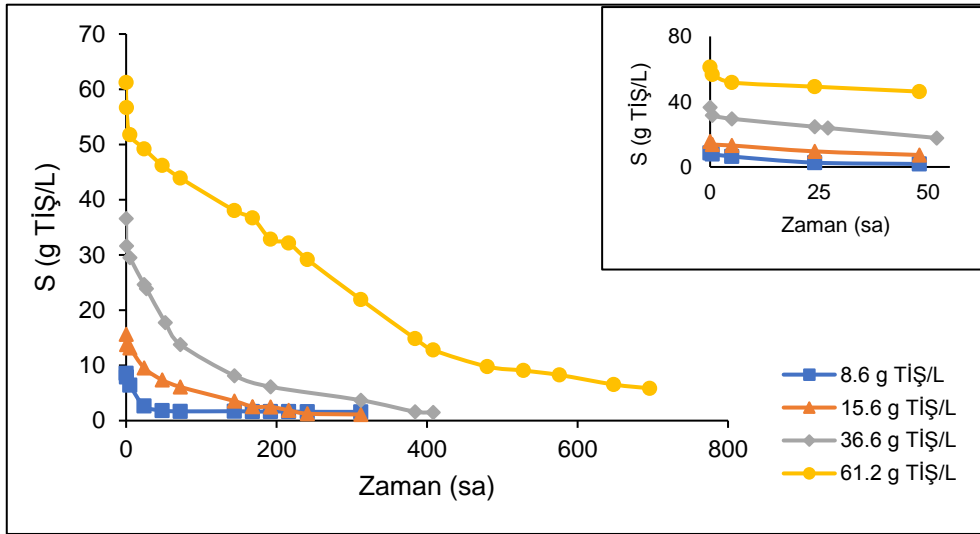
Çalışılan farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde), ön işlemsiz (yaş) püre formunda çekirdeksiz üzüm posası atıklarından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği besin ortamlarında *R. glutinis*'in üremesinde ve  $\beta$ -karoten üretiminde elde edilen en yüksek kuru mikroorganizma derişimi ( $X_m$ ), özgül üreme hızı ( $\mu$ ), başlangıç substrat derişimine bağı kuru mikroorganizma verimi ( $Y_{X/S_1}$ ), en yüksek  $\beta$ -karoten derişimi ( $P_m$ ),  $\beta$ -karoten üretim hızı ( $V$ ), başlangıç substrat derişimine ve en yüksek mikroorganizma derişimine bağı ürün verimleri ( $Y_{P/S_1}$ ;  $Y_{P/X_m}$ ) değerleri Çizelge 5.7'de karşılaştırılmıştır. Çizelgeden, TİŞ derişiminin 61.2 g/L'ye kadar artmasıyla en yüksek kuru mikroorganizma derişiminin, özgül üreme hızının, en yüksek  $\beta$ -karoten derişiminin,  $\beta$ -karoten üretim hızının ve en yüksek mikroorganizma derişimine bağı ürün veriminin arttığı; başlangıç substrat derişimine bağı ürün veriminin ise önemli ölçüde azaldığı görülmektedir. 61.2 g/L başlangıç TİŞ derişiminde en yüksek mikroorganizma derişimi 7.21 g/L, en yüksek  $\beta$ -karoten derişimi ise 5988.6 mg/L olarak bulunmuştur (Çizelge 5.7).



Şekil 5.22. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) ön işlemsiz (yaş) püre formundaki çekirdeksiz üzüm posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında mikroorganizma derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm)



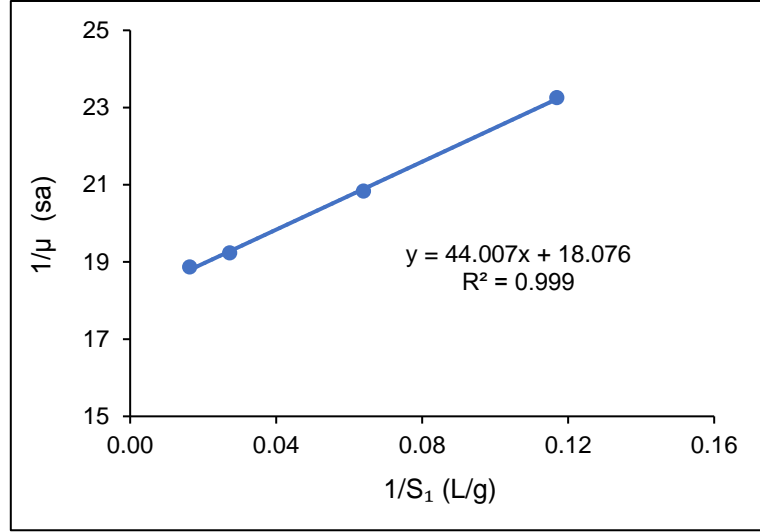
Şekil 5.23. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) ön işlemsiz (yaş) püre formundaki çekirdeksiz üzüm posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında β-karoten derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm)



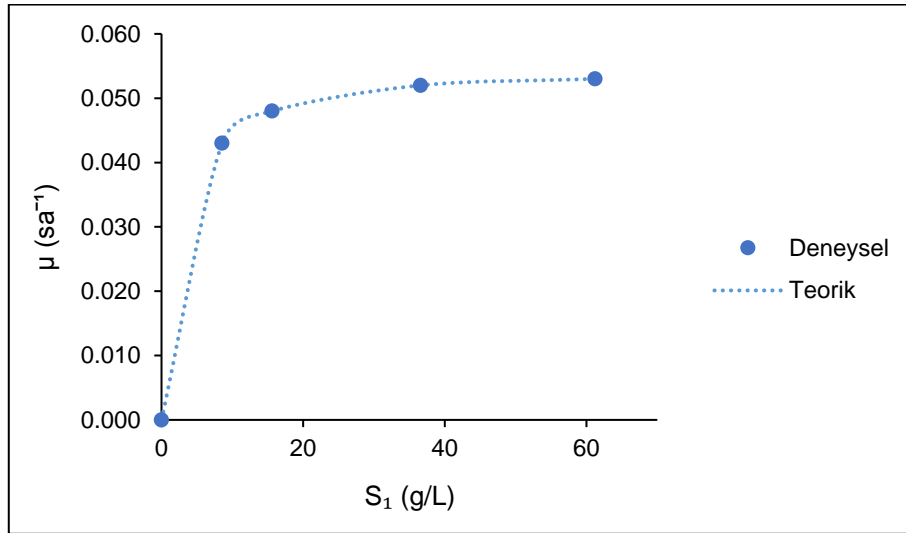
Şekil 5.24. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) ön işlemsiz (yaş) püre formundaki çekirdeksiz üzüm posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında TİŞ derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm)

Çalışılan 8.6 g/L-61.2 g/L TİŞ derişim aralığında mikroorganizmanın üreme kinetiğinin modellenmesinde Monod eşitliği kullanılmıştır. Şekil 5.25'te verilen 1/μ'ye karşı 1/S<sub>1</sub> grafiğinden *R. glutinis*'in en yüksek özgül üreme hızı (μ<sub>m</sub>) 0.055 sa<sup>-1</sup>, doygunluk sabiti K<sub>s</sub> ise 2.43 g TİŞ/L olarak saptanmıştır. *R. glutinis* için farklı TİŞ

derişimlerinde elde edilen deneysel ve teorik özgül üreme hız ( $\mu$ ) değerleri Şekil 5.26'da karşılaştırılmış ve deneysel  $\mu$  değerlerinin teorik  $\mu$  değerleriyle oldukça uyumlu olduğu (Ortalama hata: % 0.01) gözlenmiştir.



Şekil 5.25. Ön işlemsiz (yaş) püre formundaki çekirdeksiz üzüm posası atığından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında *R. glutinis* için elde edilen  $1/\mu$ 'ye karşı  $1/S_1$  grafiği



Şekil 5.26. Ön işlemsiz (yaş) püre formundaki çekirdeksiz üzüm posası atığından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında *R. glutinis* için farklı TİŞ derişimlerinde elde edilen deneysel ve teorik özgül üreme hız ( $\mu$ ) değerlerinin karşılaştırılması

## **b) Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Çekirdeksiz Üzüm Posası Atığıyla Yapılan Çalışmalar**

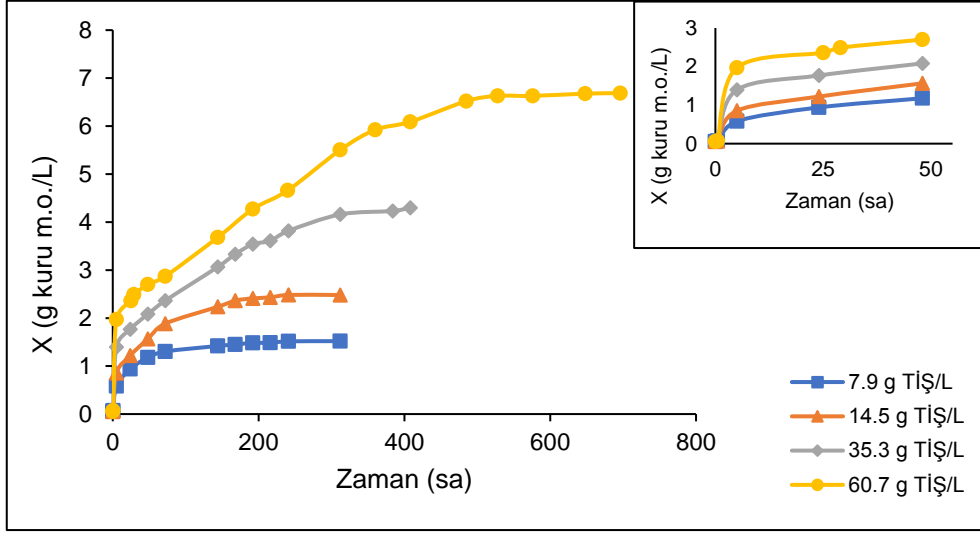
*R. glutinis*'ten kurutma ön işlemi uygulanmış toz formdaki çekirdeksiz üzüm posasıyla  $\beta$ -karoten üretim çalışmalarında katı/sıvı ( $K/S_1$ ) oranı 10-100 g kuru atık/L aralığında (toplam indirgen şeker derişimi (TİŞ) aralığı 7.9 g/L-60.7 g/L) değiştirilmiştir. Farklı katı/sıvı oranlarında elde edilen mikroorganizma,  $\beta$ -karoten ve TİŞ derişimlerinin zamanla değişim eğrileri sırasıyla Şekil 5.27, Şekil 5.28 ve Şekil 5.29'da verilmiştir.

Şekil 5.27'den *R. glutinis*'in üretiminin katı/sıvı oranının (TİŞ derişiminin) artmasıyla arttığı, düşük katı/sıvı oranlarında (TİŞ derişimlerinde) üremenin daha kısa sürelerde tamamlandığı görülmektedir. Benzer olarak Şekil 5.28'den, TİŞ derişimi arttıkça üretilen  $\beta$ -karoten derişiminin arttığı da gözlenmektedir. Şekil 5.29'da verilen TİŞ tüketim eğrileri incelendiğinde ise, şekerlerin düşük TİŞ derişimlerinde daha hızlı kullanıldığı, atık portakal kabuğu posalarından elde edilen ortamlardaki TİŞ tüketim süreleriyle kıyaslandığında benzer sürelerde tüketildiği görülmektedir. Yine aynı şekilden, portakal kabuğuyla yapılan çalışmalara benzer olarak üzüm posası atığından elde edilen besin ortamlarında yapılan fermantasyon çalışmalarında da bir miktar şekerin yukarıda sayılan nedenlerden dolayı tüketilemediği görülmektedir.

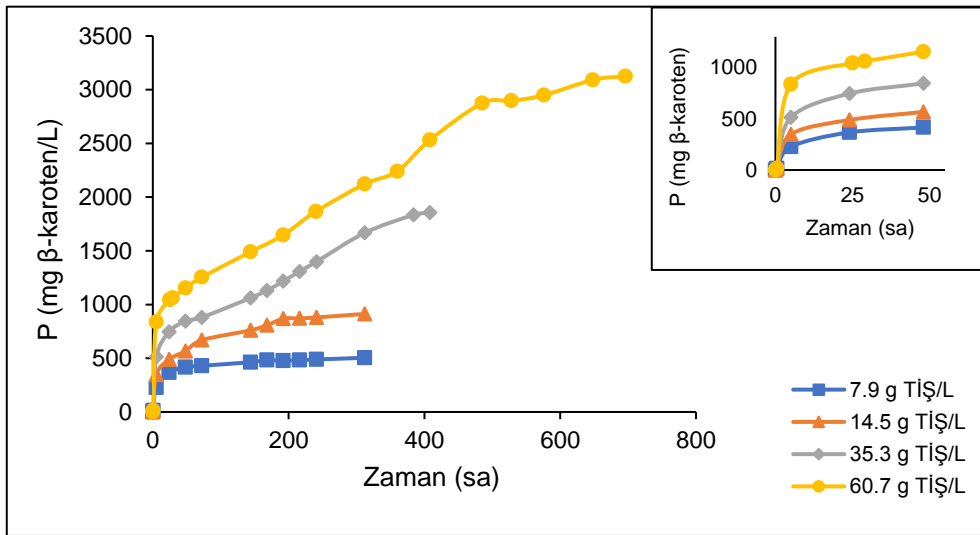
Çalışılan farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde), kurutma ön işlemi uygulanmış toz formdaki çekirdeksiz üzüm posası atıklarından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği besin ortamlarında *R. glutinis*'in üremesinde ve  $\beta$ -karoten üretiminde elde edilen en yüksek kuru mikroorganizma derişimi ( $X_m$ ), özgül üreme hızı ( $\mu$ ), başlangıç substrat derişimine bağlı kuru mikroorganizma verimi ( $Y_{X/S_1}$ ), en yüksek  $\beta$ -karoten derişimi ( $P_m$ ),  $\beta$ -karoten üretim hızı ( $V$ ), başlangıç substrat derişimine ve en yüksek mikroorganizma derişimine bağlı ürün verimleri ( $Y_{P/S_1}$ ;  $Y_{P/X_m}$ ) değerleri Çizelge 5.7'de karşılaştırılmıştır. Çizelgeden, TİŞ derişiminin 60.7 g/L'ye kadar artmasıyla en yüksek kuru mikroorganizma derişiminin, özgül üreme hızının, en yüksek  $\beta$ -karoten derişiminin,  $\beta$ -karoten üretim hızının ve en yüksek mikroorganizma derişimine bağlı ürün veriminin arttığı; başlangıç substrat derişimine bağlı ürün veriminin ise önemli ölçüde azaldığı görülmektedir. 60.7 g/L başlangıç TİŞ derişiminde en yüksek



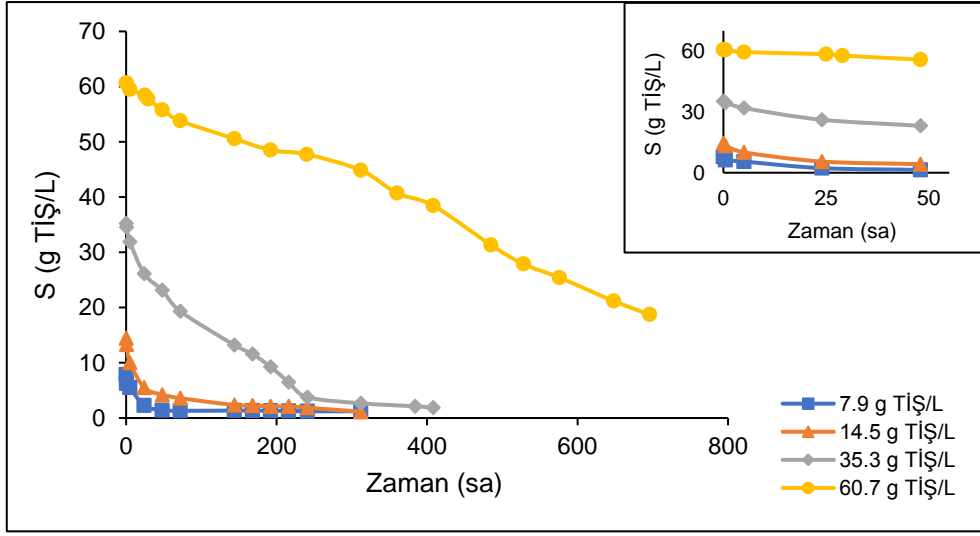
mikroorganizma derişimi 6.69 g/L, en yüksek  $\beta$ -karoten derişimi ise 3125.7 mg/L olarak bulunmuştur (Çizelge 5.7).



Şekil 5.27. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) kurutma ön işleminde uygulanan toz formdaki çekirdeksiz üzüm posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında mikroorganizma derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm)

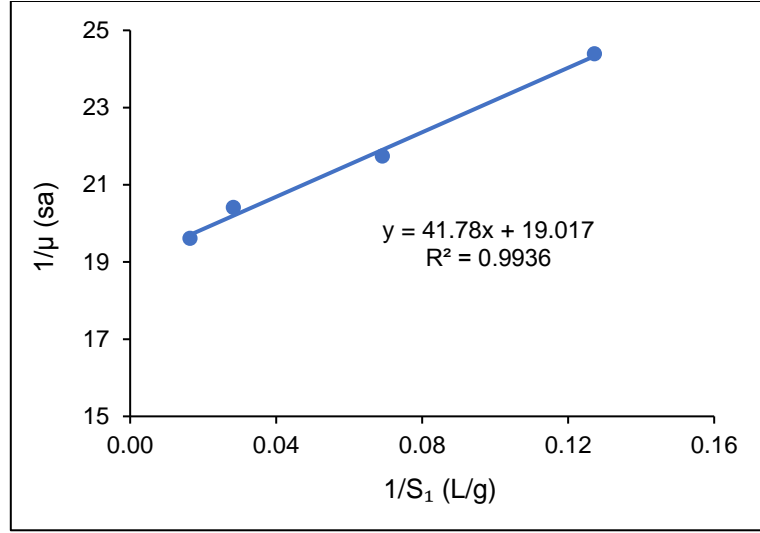


Şekil 5.28. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) kurutma ön işleminde uygulanan toz formdaki çekirdeksiz üzüm posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında  $\beta$ -karoten derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm)

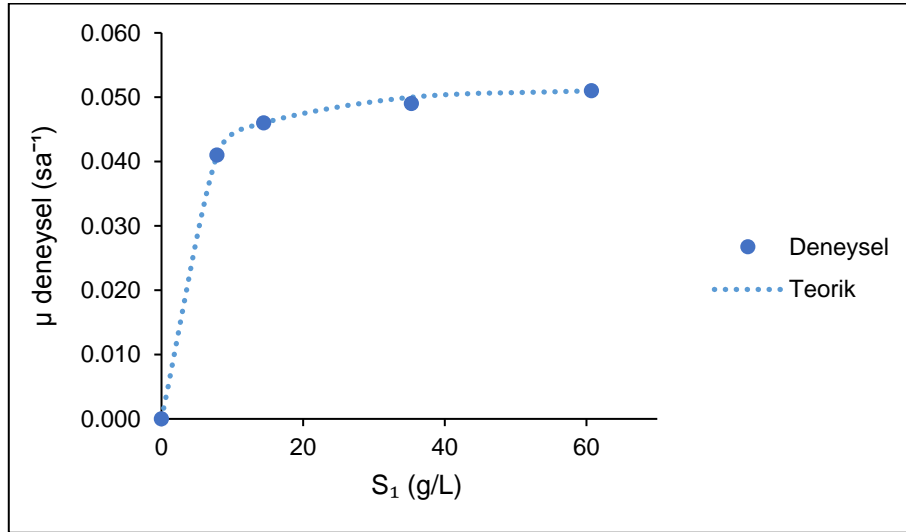


Şekil 5.29. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) kurutma ön işleminde uygulananmış toz formdaki çekirdeksiz üzüm posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında TİŞ derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm)

Çalışılan 7.9 g/L-60.7 g/L TİŞ derişim aralığında mikroorganizmanın üreme kinetiğinin modellenmesinde Monod eşitliği kullanılmıştır. Şekil 5.30'da verilen  $1/\mu$ 'ye karşı  $1/S_1$  grafiğinden *R. glutinis*'in en yüksek özgül üreme hızı ( $\mu_m$ )  $0.053 \text{ sa}^{-1}$ , doygunluk sabiti  $K_s$  ise  $2.20 \text{ g TİŞ/L}$  olarak saptanmıştır. *R. glutinis* için farklı TİŞ derişimlerinde elde edilen deneysel ve teorik özgül üreme hızı ( $\mu$ ) değerleri Şekil 5.31'de karşılaştırılmış ve deneysel  $\mu$  değerlerinin teorik  $\mu$  değerleriyle oldukça uyumlu olduğu (Ortalama hata: % 0.5) gözlenmiştir.



Şekil 5.30. Kurutma ön işlemleri uygulanmış toz formdaki çekirdeksiz üzüm posası atığından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında *R. glutinis* için elde edilen 1/μ'ye karşı 1/S<sub>1</sub> grafiği



Şekil 5.31. Kurutma ön işlemleri uygulanmış toz formdaki çekirdeksiz üzüm posası atığından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında *R. glutinis* için farklı TİŞ derişimlerinde elde edilen deneysel ve teorik özgül üreme hızı (μ) değerlerinin karşılaştırılması

Çizelge 5.7'den ön işlemsiz (yaş) püre ve kurutma ön işlemleri uygulanmış toz formdaki çekirdeksiz üzüm posası atıklarıyla yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, genel olarak mikroorganizma üreme hızı ve verimi açısından yaş üzüm posası atığı biraz daha etkin olmakla birlikte, her iki atıkla da benzer sonuçların elde edildiği; ancak yaş üzüm posası atığıyla elde edilen β-karoten üretim

hız ve verim değerlerinin kurutulmuş üzüm posasıyla elde edilenlerin yaklaşık iki katı kadar, fermantasyondaki tüketilmeden kalan toplam şeker derişiminin ise kuru formda kullanılmadan kalan şeker derişiminin üçte biri kadar olduğu görülmektedir. 100 g/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) üzüm posası atığıyla en yüksek  $\beta$ -karoten üretim hız ve verim değerleri sırasıyla 16.83 mg  $\beta$ -karoten/g kuru m.o. sa ( $v$ ), 5988.6 mg  $\beta$ -karoten/L ( $P_m$ ), 97.8 mg  $\beta$ -karoten/g TİŞ ( $Y_{P/S_1}$ ), 830.6 mg  $\beta$ -karoten/g kuru m.o. ( $Y_{P/X_m}$ ); en yüksek mikrobiyal üretim hız ve verim değerleri ise sırasıyla 0.053 sa<sup>-1</sup> ( $\mu$ ), 7.21 g kuru m.o./L ( $X_m$ ) ve 0.12 g kuru m.o./g TİŞ ( $Y_{X/S_1}$ ) olarak saptanmıştır. Ön işlemsiz (yaş) çekirdeksiz üzüm posasıyla daha yüksek mikrobiyal üreme ve  $\beta$ -karoten üretim hız ve verim değerlerinin elde edilmesi, bu atıkların ön işleme ihtiyaç duyulmadan kullanımının daha ekonomik bir yöntem olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Çizelge 5.7. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde), çekirdeksiz üzüm posası atıklarından kaynar suyla ekstraksiyonla şekerlerin doğrudan elde edildiği besin ortamlarında elde edilen en yüksek kuru mikroorganizma derişimi, özgül üreme hızı, mikroorganizma üreme verimi, en yüksek  $\beta$ -karoten derişimi,  $\beta$ -karoten üretim hızı ve en yüksek mikroorganizma ve başlangıç substrat derişimlerine bağılı  $\beta$ -karoten üretim verimleri değerlerinin karşılaştırılması

Atığın Türü	Atığa Uygulanan Ön İşlem	Tanecik Boyut Aralığı (mm)	K <sub>1</sub> /S (g kuru atık/L)	S <sub>1</sub> (g TİŞ/L)	X <sub>m</sub> (g kuru m.o./L)	$\mu$ (sa <sup>-1</sup> )	Y <sub>X/S<sub>1</sub></sub> (g kuru m.o./g TİŞ)	P <sub>m</sub> (mg $\beta$ -karoten/L)	v (mg $\beta$ -karoten/g kuru m.o. sa)	Y <sub>P/S<sub>1</sub></sub> (mg $\beta$ -karoten/g TİŞ)	Y <sub>P/X<sub>m</sub></sub> (mg $\beta$ -karoten/g kuru m.o.)
Çekirdeksiz üzüm posası	Ön İşlemsiz (Yaş)	Püre	10	8.6	2.20	0.043	0.26	997.1	6.50	116.6	453.2
			20	15.6	3.11	0.048	0.20	1810.0	9.62	115.8	582.0
			50	36.6	4.96	0.052	0.14	3661.4	15.59	100.0	738.2
			100	61.2	7.21	0.053	0.12	5988.6	16.83	97.8	830.6
Çekirdeksiz üzüm posası	Kurutma	Toz	10	7.9	1.52	0.041	0.19	504.3	4.45	64.2	331.8
			20	14.5	2.48	0.046	0.17	912.9	4.85	63.1	368.1
			50	35.3	4.30	0.049	0.12	1855.7	5.12	52.6	431.6
			100	60.7	6.69	0.051	0.11	3125.7	6.03	51.5	467.2

### 5.3.2.3. Ön İşlemsiz (Yaş) ve Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Havuç Posası Atıklarından Kaynar Suyla Ekstraksiyonla Şekerlerin Doğrudan Elde Edildiği Doğal Besin Ortamlarında *R. glutinis*'ten $\beta$ -Karoten Üretimi Çalışmaları

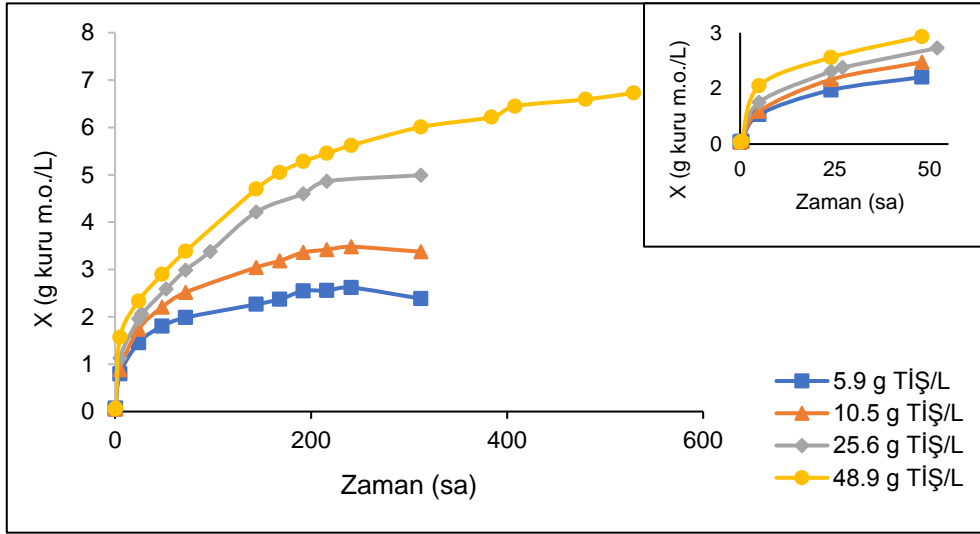
Çalışmaların bu kısmında ön işlemsiz (yaş) püre formundaki ve kurutma ön işlemi uygulanmış toz formdaki havuç posası atıklarıyla *R. glutinis*'ten  $\beta$ -karoten üretimi farklı katı/sıvı oranlarında (değişen TİŞ derişimlerinde) gerçekleştirilmiştir.

#### a) Ön İşlemsiz (Yaş) Havuç Posası Atığıyla Yapılan Çalışmalar

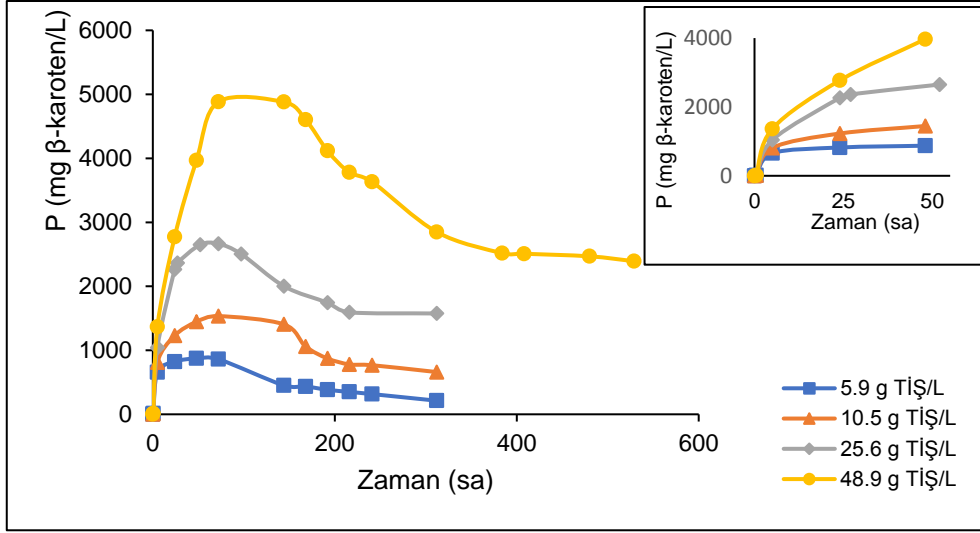
*R. glutinis*'ten ön işlemsiz (yaş) püre formdaki havuç posası atığıyla  $\beta$ -karoten üretim çalışmalarında katı/sıvı ( $K_1/S$ ) oranı 10-100 g kuru atık/L aralığında (toplam indirgen şeker derişimi (TİŞ) aralığı 5.9 g/L-48.9 g/L) değiştirilmiştir. Farklı katı/sıvı oranlarında elde edilen mikroorganizma,  $\beta$ -karoten ve TİŞ derişimlerinin zamanla derişim eğrileri sırasıyla Şekil 5.32, Şekil 5.33 ve Şekil 5.34'te verilmiştir.

Şekil 5.32'den *R. glutinis*'in üretiminin katı/sıvı oranının (TİŞ derişiminin) artmasıyla arttığı, düşük katı/sıvı oranlarında (TİŞ derişimlerinde) üremenin daha kısa sürelerde tamamlandığı görülmektedir. Şekil 5.33'ten ise, TİŞ derişimi arttıkça üretilen  $\beta$ -karoten derişiminin oldukça fazla arttığı, en yüksek  $\beta$ -karoten derişimine çok daha kısa sürelerde ulaşıldığı, ancak üretilen  $\beta$ -karotenin belli bir süre sonra bozunmaya başladığı ve çalışılan tüm TİŞ derişimlerinde  $\beta$ -karotenin fermantasyon süresi sonunda yaklaşık yarısının bozunduğu gözlenmektedir. Şekil 5.34'te verilen TİŞ tüketim eğrileri incelendiğinde ise, şekerlerin düşük TİŞ derişimlerinde daha hızlı kullanıldığı, atık portakal kabuğu ve üzüm posalarından elde edilen ortamlardaki TİŞ tüketim süreleriyle kıyaslandığında da benzer sürelerde tüketildiği görülmektedir. Yüksek TİŞ derişimlerinde bir miktar şekerin tüketilemediği; ancak tüketilemeyen şeker miktarının diğer atıklarla elde edilen ortamlarda tüketilmeden kalan şekerlere göre daha az olduğu görülmektedir. Havuç posası atığında da mikroorganizmanın kolaylıkla kullanabileceği çok miktarda 12 karbonlu ve kolay hidrolize olabilen sakkaroz ve az miktarda 6 karbonlu glikoz ve fruktoz gibi mono ve disakkaritler bulunmaktadır. Ancak havuç posası atığından az da olsa besin ortamına geçen 5 karbonlu ksiloz şekerinin mikroorganizma tarafından kullanılmadığı ve bu yüzden tüm şekerin tüketilemediği düşünülmektedir.

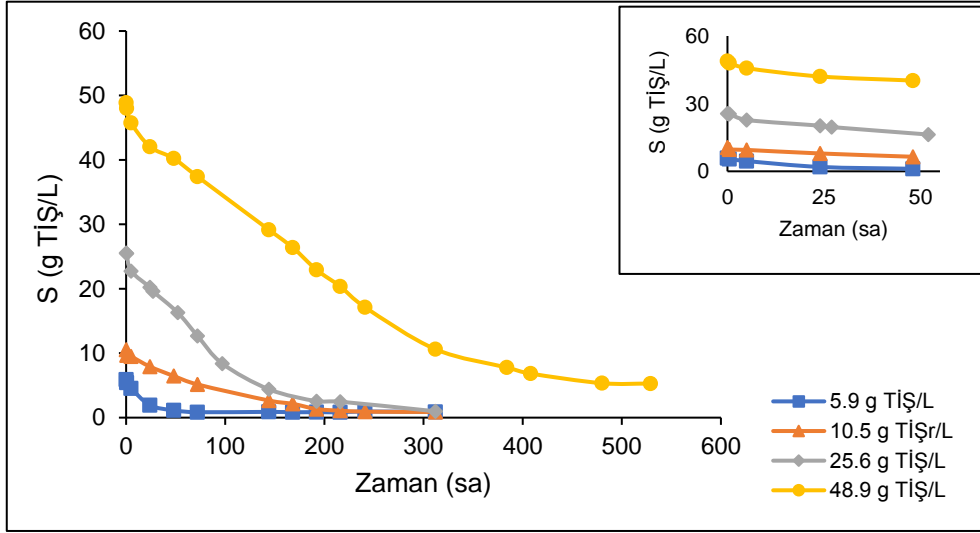
Çalışılan farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde), ön işlemsiz (yaş) püre formunda havuç posası atıklarından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği besin ortamlarında *R. glutinis*'in üremesinde ve  $\beta$ -karoten üretiminde elde edilen en yüksek kuru mikroorganizma derişimi ( $X_m$ ), özgül üreme hızı ( $\mu$ ), başlangıç substrat derişimine bağılı kuru mikroorganizma verimi ( $Y_{X/S_1}$ ), en yüksek  $\beta$ -karoten derişimi ( $P_m$ ),  $\beta$ -karoten üretim hızı ( $V$ ), başlangıç substrat derişimine ve en yüksek mikroorganizma derişimine bağılı ürün verimleri ( $Y_{P/S_1}$ ;  $Y_{P/X_m}$ ) değerleri Çizelge 5.8'de karşılaştırılmıştır. Çizelgeden, TİŞ derişiminin 48.9 g/L'ye kadar artmasıyla en yüksek kuru mikroorganizma derişiminin, özgül üreme hızının, en yüksek  $\beta$ -karoten derişiminin,  $\beta$ -karoten üretim hızının ve en yüksek mikroorganizma derişimine bağılı ürün veriminin arttığı; başlangıç substrat derişimine bağılı ürün veriminin ise önemli ölçüde azaldığı görülmektedir. 48.9 g/L başlangıç TİŞ derişiminde en yüksek mikroorganizma derişimi 6.76 g/L, en yüksek  $\beta$ -karoten derişimi ise 4882.9 mg/L olarak bulunmuştur (Çizelge 5.8).



Şekil 5.32. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) ön işlemsiz (yaş) püre formundaki havuç posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında mikroorganizma derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm)



Şekil 5.33. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) ön işlemsiz (yaş) püre formundaki havuç posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında β-karoten derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm)

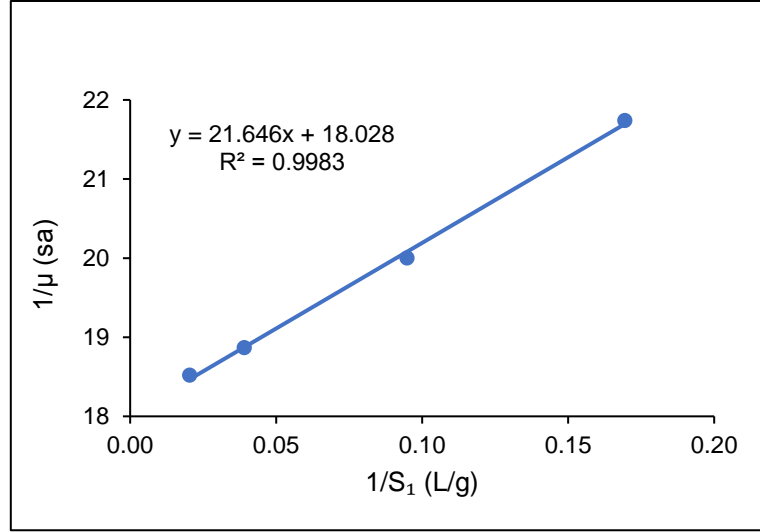


Şekil 5.34. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) ön işlemsiz (yaş) püre formundaki havuç posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında TİŞ derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm)

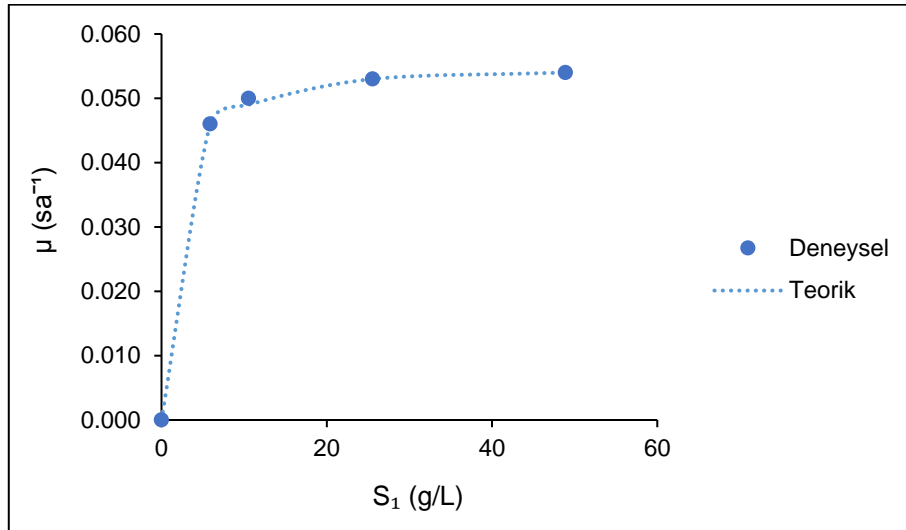
Çalışılan 5.9 g/L-48.9 g/L TİŞ derişim aralığında mikroorganizmanın üreme kinetiğinin modellenmesinde Monod eşitliği kullanılmıştır. Şekil 5.35'te verilen 1/μ'ye karşı 1/S<sub>1</sub> grafiğinden *R. glutinis*'in en yüksek özgül üreme hızı (μ<sub>m</sub>) 0.055 sa<sup>-1</sup>, doygunluk sabiti K<sub>s</sub> ise 1.20 g TİŞ/L olarak saptanmıştır. *R. glutinis* için farklı TİŞ



derişimlerinde elde edilen deneysel ve teorik özgül üreme hız ( $\mu$ ) değerleri Şekil 5.36'da karşılaştırılmış ve deneysel  $\mu$  değerlerinin teorik  $\mu$  değerleriyle oldukça uyumlu olduğu (Ortalama hata: % 0.5) gözlenmiştir.



Şekil 5.35. Ön işlemsiz (yaş) püre formundaki havuç posası atığından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında *R. glutinis* için elde edilen  $1/\mu$ 'ye karşı  $1/S_1$  grafiği



Şekil 5.36. Ön işlemsiz (yaş) püre formundaki havuç posası atığından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında *R. glutinis*

için farklı TİŞ derişimlerinde elde edilen deneysel ve teorik özgöl üreme hız ( $\mu$ ) değerlerinin karşılaştırılması

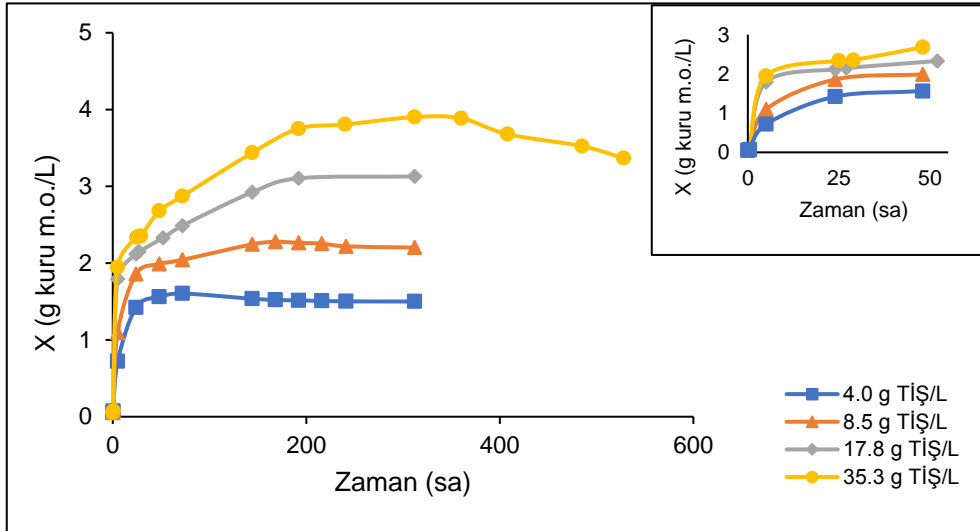
### **b) Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Havuç Posası Atığıyla Yapılan Çalışmalar**

*R. glutinis*'ten kurutma ön işlemi uygulanmış toz formdaki havuç posasıyla  $\beta$ -karoten üretim çalışmalarında katı/sıvı ( $K_1/S$ ) oranı 10-100 g kuru atık/L aralığında (toplam indirgen şeker derişimi (TİŞ) aralığı 4.0 g/L-35.3 g/L) değiştirilmiştir. Farklı katı/sıvı oranlarında elde edilen mikroorganizma,  $\beta$ -karoten ve TİŞ derişimlerinin zamanla değişim eğrileri sırasıyla Şekil 5.37, Şekil 5.38 ve Şekil 5.39'da verilmiştir.

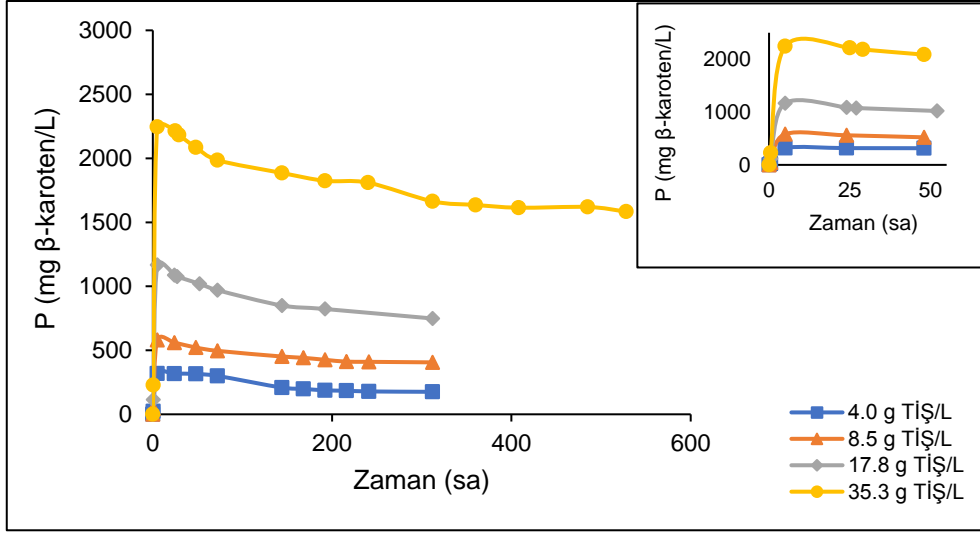
Şekil 5.37'den *R. glutinis*'in üretiminin katı/sıvı oranının (TİŞ derişiminin) artmasıyla arttığı, tüm çalışılan TİŞ derişimlerinde mikrobiyal üremenin daha kısa sürelerde tamamlandığı; ancak kuru havuç posasının kaynar suyla ekstraksiyonu sonucunda besin ortamına geçen şeker derişiminin çok daha düşük olmasından dolayı, mikrobiyal üremenin yaş havuç posasıyla elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında yaklaşık yarı yarıya azaldığı görülmektedir. Şekil 5.38'den TİŞ derişimi arttıkça üretilen  $\beta$ -karoten derişimi artmakla birlikte;  $\beta$ -karotenin çok daha hızlı bozunmaya başladığı, ancak fermantasyon sonunda  $\beta$ -karotenin yaklaşık %60-70'inin bozunmadan kaldığı saptanmıştır. Şekil 5.39'da verilen TİŞ tüketim eğrileri incelendiğinde ise, diğer gıda atıklarıyla elde edilen sonuçlara benzer olarak, şekerlerin düşük TİŞ derişimlerinde daha hızlı kullanıldığı, diğer doğal besin ortamlarında elde edilen TİŞ tüketim süreleriyle kıyaslandığında benzer sürelerde tüketildiği görülmektedir. Yine aynı şekilden diğer atıklarla elde edilen ortamlardaki çalışmalara benzer olarak, kurutma ön işlemi uygulanmış havuç posası atığından elde edilen besin ortamlarında yapılan fermantasyon çalışmalarında da bir miktar şekerin tüketilemediği görülmektedir. Bu durumun kurutma ön işlemi uygulanmış havuç posasından besin ortamına, diğer şekerlerle birlikte (glikoz, fruktoz, sakkaroz) bir miktar ksilozun da geçmesi ve mikroorganizmanın bu 5 karbonlu şekeri kullanamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışılan farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde), kurutma ön işlemi uygulanmış toz formdaki havuç posasından kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği besin ortamlarında *R. glutinis*'in üremesinde ve  $\beta$ -karoten üretiminde elde edilen en yüksek kuru mikroorganizma derişimi ( $X_m$ ), özgöl üreme hızı ( $\mu$ ), başlangıç substrat derişimine bağlı kuru mikroorganizma verimi ( $Y_{X/S_1}$ ), en

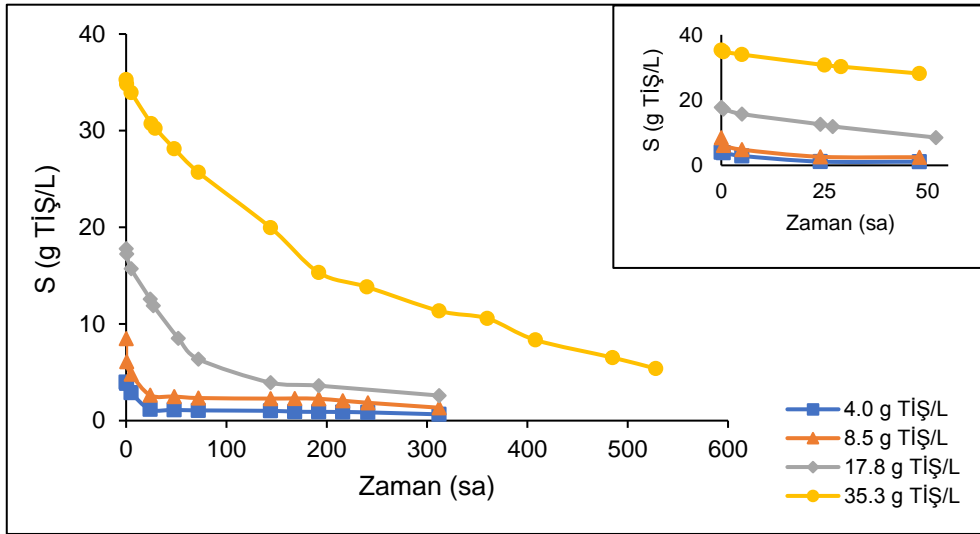
yüksek  $\beta$ -karoten derişimi ( $P_m$ ),  $\beta$ -karoten üretim hızı ( $V$ ), başlangıç substrat derişimine ve en yüksek mikroorganizma derişimine bağlı ürün verimleri ( $Y_{P/S_i}$ ;  $Y_{P/X_m}$ ) değerleri Çizelge 5.8'de karşılaştırılmıştır. Çizelgeden, TİŞ derişiminin 35.3 g/L'ye kadar artmasıyla en yüksek kuru mikroorganizma derişiminin, özgül üreme hızının, en yüksek  $\beta$ -karoten derişiminin,  $\beta$ -karoten üretim hızının ve en yüksek mikroorganizma derişimine bağlı ürün veriminin arttığı; başlangıç substrat derişimine bağlı ürün veriminin ise önemli ölçüde azaldığı görülmektedir. 35.3 g/L başlangıç TİŞ derişiminde en yüksek mikroorganizma derişimi 3.90 g/L, en yüksek  $\beta$ -karoten derişimi ise 2245.7 mg/L olarak bulunmuştur.



Şekil 5.37. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) kurutma ön işlemi uygulanmış toz formundaki havuç posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında mikroorganizma derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm)



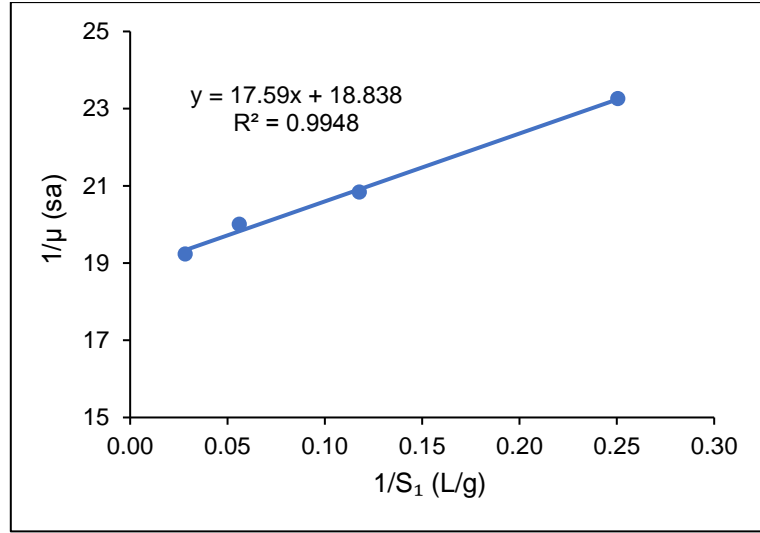
Şekil 5.38. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) kurutma ön işlemleri uygulanmış toz formundaki havuç posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında β-karoten derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm)



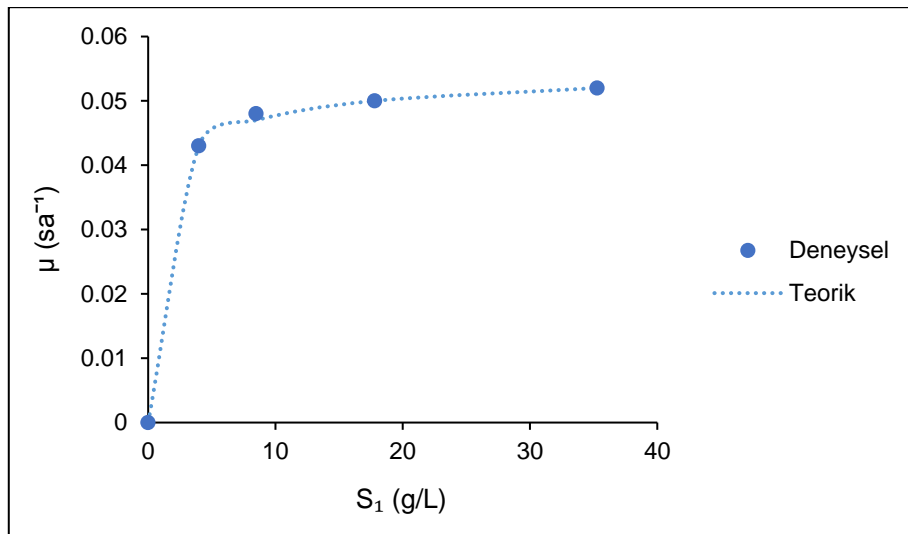
Şekil 5.39. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde) kurutma ön işlemleri uygulanmış toz formundaki havuç posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında TİŞ derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm)

Çalışılan 4.0 g/L-35.3 g/L TİŞ derişim aralığında mikroorganizmanın üreme kinetiğinin modellenmesinde Monod eşitliği kullanılmıştır. Şekil 5.40'ta verilen 1/μ'ye karşı 1/S<sub>1</sub> grafiğinden *R. glutinis*'in en yüksek özgül üreme hızı (μ<sub>m</sub>) 0.053 sa<sup>-1</sup>, doygunluk sabiti K<sub>s</sub> ise 0.93 g TİŞ/L olarak saptanmıştır. *R. glutinis* için farklı TİŞ

derişimlerinde elde edilen deneysel ve teorik özgül üreme hız ( $\mu$ ) değerleri Şekil 5.41'de karşılaştırılmış ve deneysel  $\mu$  değerlerinin teorik  $\mu$  değerleriyle oldukça uyumlu olduğu (Ortalama hata: % 0.5) gözlenmiştir.



Şekil 5.40. Kurutma ön işlemi uygulanmış toz formundaki havuç posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında *R. glutinis* için elde edilen  $1/\mu$ 'ye karşı  $1/S_1$  grafiği



Şekil 5.41. Kurutma ön işlemi uygulanmış toz formundaki havuç posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin

ortamlarında *R. glutinis* için farklı TİŞ derişimlerinde elde edilen deneysel ve teorik özgül üreme hız ( $\mu$ ) değerlerinin karşılaştırılması

Çizelge 5.8'den ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemlili havuç posası atıklarıyla yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında genel olarak, ön işlemsiz (yaş) havuç posasının kaynar suyla ekstraksiyonunda çok daha yüksek şeker verimleri elde edildiğinden, mikroorganizma ve  $\beta$ -karoten üretim hız ve verimlerinin bu atıktan elde edilen besin ortamlarında çok daha yüksek olduğu gözlenmektedir. 100 g/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) havuç posası atığıyla en yüksek  $\beta$ -karoten üretim hız ve verim değerleri sırasıyla 10.07 mg  $\beta$ -karoten/g kuru m.o. sa ( $v$ ), 4882.9 mg  $\beta$ -karoten/L ( $P_m$ ), 100.0 mg  $\beta$ -karoten/g TİŞ ( $Y_{P/S_1}$ ), 722.3 mg  $\beta$ -karoten/g kuru m.o. ( $Y_{P/X_m}$ ) olarak; en yüksek mikrobiyal üretim hız ve verim değerleri ise sırasıyla 0.053 sa<sup>-1</sup> ( $\mu$ ), 6.76 g kuru m.o./L ( $X_m$ ) ve 0.14 g kuru m.o./g TİŞ ( $Y_{X/S_1}$ ) olarak saptanmıştır. Ön işlemsiz (yaş) havuç posasıyla daha yüksek mikrobiyal üreme ve  $\beta$ -karoten üretim hız ve verim değerlerinin elde edilmesi, bu atıkların da ön işleme ihtiyaç duyulmadan kullanımının daha ekonomik bir yöntem olarak önerilebileceğini göstermektedir.

Çizelge 5.8. Farklı katı/sıvı oranlarında (farklı TİŞ derişimlerinde), havuç posası atıklarından kaynar suyla ekstraksiyonla şekerlerin doğrudan elde edildiği besin ortamlarında elde edilen en yüksek kuru mikroorganizma derişimi, özgül üreme hızı, mikroorganizma üreme verimi, en yüksek  $\beta$ -karoten derişimi,  $\beta$ -karoten üretim hızı ve en yüksek mikroorganizma ve başlangıç substrat derişimlerine bağlı  $\beta$ -karoten üretim verimleri değerlerinin karşılaştırılması

Atığın Türü	Atığa Uygulanan Ön İşlem	Tanecik Boyutu (mm)	K <sub>1</sub> /S (g kuru atık/L su)	S <sub>1</sub> (g TİŞ/L su)	X <sub>m</sub> (g kuru m.o./L)	$\mu$ (sa <sup>-1</sup> )	Y <sub>X/S<sub>1</sub></sub> (g kuru m.o./g TİŞ)	P <sub>m</sub> (mg $\beta$ -K/L)	v (mg $\beta$ -karoten/g kuru m.o.sa)	Y <sub>P/S<sub>1</sub></sub> (mg $\beta$ -K/g TİŞ)	Y <sub>P/X<sub>m</sub></sub> (mg $\beta$ -karoten/g kuru m.o.)
Havuç posası	Ön İşlemsiz (Yaş)	Püre	10	5.9	2.62	0.046	0.44	874.3	4.51	148.2	333.7
			20	10.5	3.48	0.050	0.33	1543.3	6.14	146.4	443.5
			50	25.6	4.99	0.053	0.20	2664.3	7.42	104.2	533.9
			100	48.9	6.76	0.054	0.14	4882.9	10.07	100.0	722.3
Havuç posası	Kurutma	Toz	10	4.0	1.60	0.043	0.40	318.6	2.48	79.8	199.1
			20	8.5	2.28	0.048	0.27	581.4	3.28	68.5	255.0
			50	17.8	3.13	0.050	0.18	1167.1	5.36	65.6	372.9
			100	35.3	3.90	0.052	0.11	2245.7	9.59	63.7	575.8

#### 5.4. Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Gıda Atıklarının Kaynar Suyla Ekstraksiyonundan Sonra Kalan Posalarından Asit Hidroliziyle Elde Edilen Şekerlerin Yer Aldığı Doğal Besin Ortamlarında *R. glutinis*'ten $\beta$ -Karoten Üretimi Çalışmaları

Gıda atıkları basit şekerlerin yanı sıra, selüloz, hemiselüloz, lignin ve pektin gibi kompleks karbonhidrat bileşenleri de önemli oranda içermektedir. Şekeri alınmış atıkların asidik hidroliziyle 5 karbonlu ksiloz ve arabinoz ve 6 karbonlu glikoz, fruktoz, mannoz, ramnoz gibi basit şekerler açığa çıkmaktadır. Bu şekerleri içeren besin ortamlarında da mikroorganizmalarla ekonomik olarak çeşitli ürünlerin fermantasyonla üretimi mümkündür ve son yıllarda üzerinde durulan önemli bir araştırma konusudur.

Tez çalışmasının bu kısmında, 100 g kuru atık/L katı/sıvı oranında sadece kurutma ön işlemi uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu, çekirdeksiz üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan sonra kalan atık posaların kurutulduktan sonra 0.3 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisi ile asidik hidrolizi sonucunda elde edilen şekerleri içeren doğal besin ortamlarında *R. glutinis*'ten  $\beta$ -karoten üretim çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

100 g/L katı/sıvı oranında (K<sub>1</sub>/S) kurutma ön işlemi uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonunda elde edilen TİŞ derişimleri (S<sub>1</sub>), kalan kuru posa katı/sıvı oranları (K<sub>2</sub>/S) ve bu posaların asidik hidrolizi sonucu elde edilen TİŞ derişimleri (S<sub>2</sub>) hidrolizden sonra kalan katı/sıvı oranları (K<sub>3</sub>/S) ve ardışık bu iki proses sonucunda giderilen toplam atık yüzdeleri Çizelge 5.9'da karşılaştırılmıştır. Çizelgeden, gıda atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan sonra, 100 g kurutulmuş portakal kabuğu atığından 30 g/L kalan kuru posa, 100 g/L kurutulmuş çekirdeksiz üzüm posası atığından 28 g/L kalan kuru posa ve 100 g/L kurutulmuş havuç posası atığından 38 g/L kalan kuru posa elde edildiği görülmektedir. Havuç posasından en yüksek atık posanın elde edilmesi, havucun yapısında diğer atıklara nazaran daha yüksek oranda bulunan selüloz, hemiselüloz ve ligninden kaynaklanmaktadır. Yine aynı çizelgeden birinci aşamada (kaynar suyla ekstraksiyonda) 100 g kuru atık/L katı/sıvı oranında portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarından sırasıyla, 45.3 g TİŞ/L, 60.7 g TİŞ/L, 35.3 g TİŞ/L derişimlerinde toplam şeker elde



edildiği; ikinci aşamada (kalan posaların asidik hidrolizinde) elde edilen TİŞ derişimlerinin ise yine sırasıyla 10.1 g TİŞ/L, 6.7 g TİŞ/L, 10.8 g TİŞ/L olduğu görülmektedir. Birinci aşamada en yüksek Şeker derişiminin diğer atıklara göre içerdiği daha yüksek Şeker oranından dolayı üzüm posasının kaynar suyla ekstraksiyonundan elde edildiği gözlenmektedir. İkinci aşamada ise, havucun kaynar suyla ekstraksiyondan sonra kalan atık posa kütlesi, diğer atıkların kalan posa miktarlarına göre daha fazla olsa da; havucun lignoselülozik yapısından dolayı asidik hidrolizle ortama verdiği Şeker miktarı, portakal kabuğunun atık posasının asidik hidroliziyle ortama geçen Şeker miktarıyla neredeyse aynı olmuştur. Ardışık bu iki proses sonucunda 100 g/L katı/sıvı oranında kurutma ön işlemi uygulanmış posalı portakal kabuğunun ağırlığında % 85.3, ekirdeksiz üzüm posasının ağırlığında % 80.2 ve havuç posasının ağırlığında % 70.2 azalma olduğu yine izelge 5.9'dan görülmektedir. Ardışık ekstraksiyon-asit hidrolizi prosesiyle tüm atık posalarda gözlenen yüksek oranlardaki bu ağırlık kayıpları, atık gideriminde sıfır atık yaklaşımına önemli bir katkıda bulunulduğunu göstermektedir.

Çizelge 5.9. 100 g/L katı/sıvı oranında ( $K_1/S$ ) kurutma ön işlemi uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonunda elde edilen TİŞ derişimleri ( $S_1$ ), kalan kuru posa katı/sıvı oranları ( $K_2/S$ ) ve bu posaların asidik hidrolizi sonucu elde edilen TİŞ derişimleri ( $S_2$ ), hidrolizden sonra kalan katı/sıvı oranları ( $K_3/S$ ) ve ardışık bu iki proses sonucunda giderilen toplam atık yüzdelerinin karşılaştırılması

100 g/L Katı/Sıvı Oranında ( $K_1/S$ ) Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Gıda Atıklarının Kaynar Suyla Ekstraksiyonunda Elde Edilen TİŞ Derişimleri ( $S_1$ ) ve Kalan Kuru Posa Katı/Sıvı Oranları ( $K_2/S$ )		Kalan Kuru Posaların Asidik Hidrolizi Sonucu Elde Edilen TİŞ Derişimleri ( $S_2$ ) ve En Son Kalan Kuru Posa Katı/Sıvı Oranları ( $K_3/S$ )			Ardışık Bu İki Proses Sonucunda Giderilen Toplam Atık Yüzdesi (%)
Atığın Türü	$S_1$ (g TİŞ/L)	$K_2/S$ (g kalan kuru posa/L)	$S_2$ (g TİŞ/L)	$K_3/S$ (g en son kalan kuru posa/L)	
Posalı Portakal Kabuğu	45.3	30	10.1	14.7	85.3
Çekirdeksiz Üzüm Posası	60.7	28	6.7	19.8	80.2
Havuç Posası	35.3	38	10.8	29.8	70.2

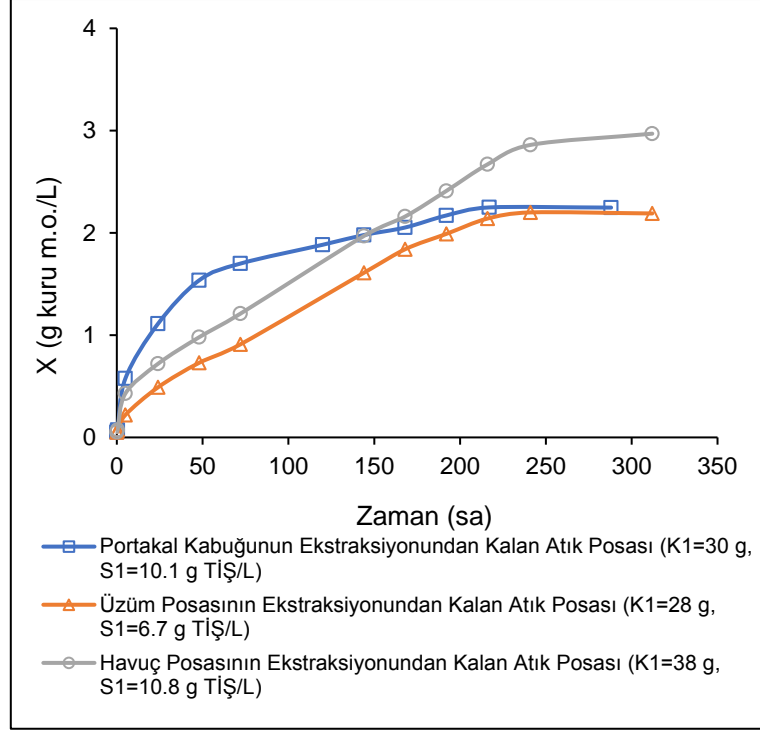
100 g/L katı/sıvı oranında ( $K_1/S$ ) kurutma ön işlemi uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan sonra kalan kuru posalarından asit hidroliziyle elde edilen şekerlerin yer aldığı doğal besin ortamlarında *R. glutinis*'ten  $\beta$ -karoten üretim çalışmalarında elde edilen mikroorganizmanın büyüme eğrileri,  $\beta$ -karoten üretim eğrileri ve TİŞ tüketim eğrileri sırasıyla Şekil 5.42, Şekil 5.43 ve Şekil 5.44'te sunulmuştur.

Şekil 5.42'den şekeri alınmış posaların hidroliziyle elde edilen şekerli doğal besin ortamlarında her üç atık için de mikrobiyal üremenin yaklaşık aynı sürelerde tamamlandığı, portakal kabuğu ekstraksiyonundan kalan atık posasının hidrolizinden elde edilen şekerli besin ortamında mikroorganizmanın daha hızlı;

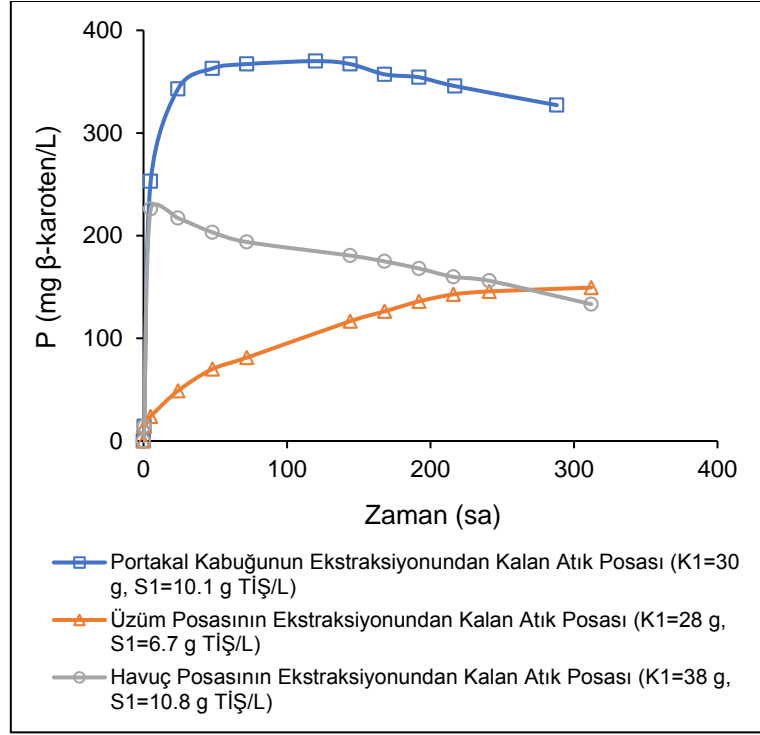
ancak daha az ürettiği, en yüksek mikrobiyal üremenin havuç posasının ekstraksiyonundan kalan atık posasının hidrolizinden elde edilen şekerli besin ortamında elde edildiği görülmektedir. Aynı şekilde, üzüm posasının ekstraksiyonundan kalan atık posasının hidrolizinden daha az şeker elde edildiği için mikrobiyal üremenin daha az olduğu, havuç posasının ekstraksiyonundan kalan atık posasının hidrolizinden daha fazla şeker elde edildiği için mikrobiyal üremenin daha fazla olduğu da gözlenmektedir. Ayrıca mikroorganizmanın, portakal kabuğunun ekstraksiyonundan kalan atık posasının hidroliziyle elde edilen şekerleri metabolik faaliyetlerinde daha hızlı tüketebildiği de yine aynı şekilde görülmektedir.

Şekil 5.43'ten, kurutulmuş portakal kabuğu ve havuç posasının ekstraksiyonundan kalan kuru posaların asidik hidroliziyle elde edilen şekerli besin ortamlarında  $\beta$ -karoten üretiminin çok hızlı olduğu; ancak havuç posasının asidik hidroliziyle elde edilen şekerli besin ortamında üretilen  $\beta$ -karotenin hızla bozunmaya başladığı ve fermantasyon sonunda % 42'sinin bozunduğu görülmektedir. Yine aynı şekilde üzüm posasının ekstraksiyonundan kalan atık posanın asidik hidroliziyle elde edilen şekerli besin ortamında,  $\beta$ -karoten üretiminin mikrobiyal üremeye paralel olarak gerçekleştiği, bu ortamdaki TİŞ derişiminin asit hidrolizle elde edilen diğer doğal besin ortamlarındaki TİŞ derişimlerinden daha düşük olmasından dolayı, mikrobiyal üremenin daha az olmasına bağlı olarak üretilen  $\beta$ -karoten derişiminin de daha az olduğu gözlenmektedir.

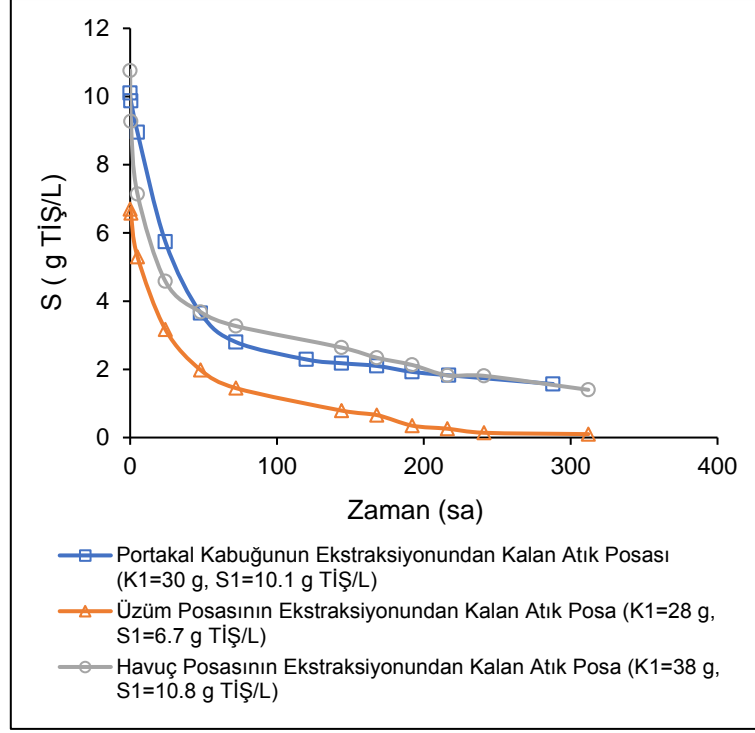
Şekil 5.44'ten üzüm posasının ekstraksiyonundan kalan kuru posanın asidik hidroliziyle elde edilen şekerli besin ortamındaki fermantasyon sonunda ortamdaki tüm şekerlerin tüketildiği; portakal kabuğu ve havuç posasının ekstraksiyonundan kalan kuru posaların asidik hidroliziyle elde edilen şekerli besin ortamlarında ise fermantasyon sonunda tüketilemeyen bir miktar şeker kaldığı görülmektedir. Bu durumun, üzüm atıklarının asidik hidroliz işlemiyle yapısında %8-12 aralığında bulunan glukoz yapısının bozularak mikroorganizma tarafından kolaylıkla tüketilen 6 karbonlu glikoz şekerinin ortama salınmasından kaynaklandığı; portakal ve havuç atıklarının ekstraksiyonundan kalan atık posalarının asidik hidrolizi sonucunda ise, *R. glutinis*'in metabolik faaliyetlerinde kullanabildiği 6 karbonlu glikoz ve fruktoz gibi şekerlere ilaveten, tüketemediği 5 karbonlu şekerlerin de açığa çıkmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 5.42. 100 g/L katı/sıvı oranında ( $K_1/S$ ) kurutma ön işlemi uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan sonra kalan kuru posalarından asit hidroliziyle elde edilen şekerlerin yer aldığı doğal besin ortamlarında *R. glutinis*'ten  $\beta$ -karoten üretim çalışmalarında elde edilen mikroorganizmanın büyüme eğrileri ( $T=30^\circ\text{C}$ ,  $\text{pH}=5.5$ ,  $\text{KH}=120$  rpm)



Şekil 5.43. 100 g/L katı/sıvı oranında ( $K_1/S$ ) kurutma ön işlemi uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan sonra kalan kuru posalarından asit hidroliziyle elde edilen şekerlerin yer aldığı doğal besin ortamlarında *R. glutinis*'ten  $\beta$ -karoten üretim çalışmalarında elde edilen mikroorganizmanın  $\beta$ -karoten üretim eğrileri ( $T=30^\circ\text{C}$ ,  $\text{pH}=5.5$ ,  $\text{KH}=120$  rpm)



Şekil 5.44. 100 g/L katı/sıvı oranında ( $K_1/S$ ) kurutma ön işlemi uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan sonra kalan kuru posalarından asit hidroliziyle elde edilen şekerlerin yer aldığı doğal besin ortamlarında *R. glutinis*'ten  $\beta$ -karoten üretim çalışmalarında elde edilen mikroorganizmanın TİŞ tüketim eğrileri ( $T=30^\circ\text{C}$ ,  $\text{pH}=5.5$ ,  $\text{KH}=120$  rpm)

100 g/L katı/sıvı oranında ( $K_1/S$ ) kurutma ön işlemi uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan sonra kalan kuru posalarından asit hidroliziyle elde edilen şekerlerin yer aldığı doğal besin ortamlarında *R. glutinis*'ten  $\beta$ -karoten üretim çalışmalarında elde edilen en yüksek kuru mikroorganizma derişimi ( $X_m$ ), özgül üreme hızı ( $\mu$ ), başlangıç substrat derişimine bağlı kuru mikroorganizma verimi ( $Y_{P/S_2}$ ), en yüksek  $\beta$ -karoten derişimi ( $P_m$ ),  $\beta$ -karoten üretim hızı ( $V$ ), başlangıç substrat derişimine ve en yüksek mikroorganizma derişimine bağlı ürün verimleri ( $Y_{P/S_2}$ ;  $Y_{P/X_m}$ ) değerleri Çizelge 5.10'da karşılaştırılmıştır. Çizelgeden de, en yüksek  $\beta$ -karoten üretim hız ve verimlerinin portakal kabuğunun kaynar suyla ekstraksiyonundan sonra kalan atık posalarının asit hidroliziyle elde edildiği şekerli besin ortamında; en yüksek mikroorganizma üretim hız ve verim değerlerinin ise, havuç posasının kaynar suyla ekstraksiyonundan sonra kalan atık posalarının asit

hidroliziyle elde edildiği şekerli besin ortamında bulunduğu gör÷lmektedir. 100 g/L katı/sıvı oranında kurutma ön işlemlı posalı portakal kabuğu atığının kaynar suyla ekstraksiyonundan sonra kalan kuru posasının asit hidroliziyle elde edildiği şekerli besin ortamında en yüksek  $\beta$ -karoten üretim hız ve verim değerleri sırasıyla 2.88 mg  $\beta$ -karoten/g kuru m.o. sa ( $v$ ), 370.0 mg  $\beta$ -karoten/L ( $P_m$ ), 36.6 mg  $\beta$ -karoten/g TİŞ ( $Y_{P/S_2}$ ), 164.4 mg  $\beta$ -karoten/g kuru m.o. ( $Y_{P/X_m}$ ) olarak saptanmıştır. 100 g/L katı/sıvı oranında kurutma ön işlemlı havuç posası atığının kaynar suyla ekstraksiyonundan sonra kalan kuru posasının asit hidroliziyle elde edildiği şekerli besin ortamında en yüksek mikrobiyal üretim hız ve verim değerleri ise sırasıyla 0.040 sa<sup>-1</sup> ( $\mu$ ), 2.97 g kuru m.o./L ( $X_m$ ) ve 0.28 g kuru m.o./g TİŞ ( $Y_{X/S_2}$ ) olarak bulunmuştur.

Çizelge 5.10. 100 g/L katı/sıvı oranında ( $K_1/S$ ) kurutma ön işlemleri uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan sonra kalan posalarından asit hidroliziyle elde edilen şekerlerin yer aldığı doğal besin ortamlarında *R. glutinis*'ten  $\beta$ -karoten üretim çalışmalarında elde edilen en yüksek kuru mikroorganizma derişimi, özgül üreme hızı, başlangıç substrat derişimine bağlı kuru mikroorganizma verimi, en yüksek  $\beta$ -karoten derişimi,  $\beta$ -karoten üretim hızı, başlangıç substrat derişimine ve en yüksek mikroorganizma derişimine bağlı ürün verimleri değerlerinin karşılaştırılması

Atığın Türü	$K_2/S$ (g kalan kuru posa/L)	$S_2$ (g TİŞ/L)	$X_m$ (g kuru m.o./L)	$\mu$ ( $sa^{-1}$ )	$Y_{X/S_2}$ (g kuru m.o. sa/g TİŞ)	$P_m$ (mg $\beta$ - karoten/L)	$V$ (mg $\beta$ - karoten/g kuru m.o. sa)	$Y_{P/S_2}$ (mg $\beta$ - karoten/g TİŞ)	$Y_{P/X_m}$ (mg $\beta$ - karoten/g kuru m.o.)
Posalı Portakal Kabuğu	30	10.1	2.25	0.045	0.22	370.0	2.88	36.6	164.4
Çekirdeksiz Üzüm Posası	28	6.7	2.20	0.035	0.33	153.9	0.99	23.0	70.0
Havuç Posası	38	10.8	2.97	0.040	0.28	193.8	2.05	18.0	65.3



### **5.5. Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Gıda Atıklarının Kaynar Suyla Ekstraksiyonundan ve Ekstraksiyondan Sonra Kalan Posaların Asidik Hidrolizinden Elde Edilen Şekerlerin Yer Aldığı Doğal Besin Ortamlarında Ardışık Olarak *R. glutinis*'ten $\beta$ -Karoten Üretimi Çalışmalarında Toplam Mikroorganizma ve Ürün Verimliliklerinin Karşılaştırılması**

*R. glutinis*'ten  $\beta$ -karoten üretiminde kurutma ön işlemi uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan ve ekstraksiyondan sonra kalan posaların asidik hidrolizinden elde edilen şekerlerin yer aldığı doğal besin ortamlarında bulunan mikroorganizma ve ürün verimlilikleri ile ardışık bu iki proses sonucunda elde edilen toplam mikroorganizma ve ürün verimlilikleri Çizelge 5.11'de karşılaştırılmıştır. Çizelgeden, her üç atık için de uygulanan ilk kaynar suyla ekstraksiyon basamağında elde edilen şekerli besin ortamlarında oldukça yüksek derişimlerde mikrobiyal üreme ve  $\beta$ -karoten üretimi sağlandığı görülmektedir. Bu basamakta en yüksek  $\beta$ -karoten derişimi kurutulmuş çekirdeksiz üzüm posasıyla 3125.7 mg  $\beta$ -karoten/L olarak, en yüksek mikroorganizma derişimi ise kurutulmuş posalı portakal kabuğu posası ile 1407.1 mg  $\beta$ -karoten/L olarak bulunmuştur. Yine aynı çizelgeden ardışık, ekstraksiyondan kalan şekeri alınmış ve daha düşük miktarlardaki kurutulmuş kalan posaların asidik hidrolizi basamağında elde edilen şekerli besin ortamlarında bulunan oldukça düşük şeker derişimleriyle ilişkili olarak, mikrobiyal üremenin ve  $\beta$ -karoten üretiminin de oldukça düşük verimlerde gerçekleştiği gözlenmektedir. Bu basamakta en yüksek  $\beta$ -karoten derişimi kurutulmuş posalı portakal kabuğu atığı ile 370.0 mg  $\beta$ -karoten/L olarak, en yüksek mikroorganizma derişimi ise kurutulmuş havuç posası atığı ile 2.97 g kuru m.o./L olarak saptamıştır. Yine aynı çizelgeden ardışık bu iki basamağın sonunda toplam mikrobiyal üreme ve  $\beta$ -karoten üretimine bakıldığında her üç atık için de hem mikroorganizma hem de ürün derişiminin bir miktar daha arttığı görülmektedir.

*R. glutinis*, 100 g/L katı/sıvı oranında kurutulmuş posalı portakal kabuğuyla ekstraksiyon basamağından sonra elde edilen 45.3 g/L TİŞ'i içeren besin ortamında 1407.1 mg/L  $\beta$ -karoten üretmişken, 100 g/L atıktan kalan 30 g/L kurutulmuş çekirdeksiz üzüm posasının asidik hidroliz basamağından sonra elde edilen 10.1 g/L TİŞ'i içeren besin ortamında 370.0 mg/L  $\beta$ -karoten üretmiş ve toplam  $\beta$ -karoten

üretimi % 26 artışla 1777.1 mg/L'ye yükselmiştir. 100 g/L katı/sıvı oranında kurutulmuş çekirdeksiz üzüm posasıyla ekstraksiyon basamağından sonra elde edilen 60.7 g/L TİŞ'i içeren besin ortamında 3125.7 mg/L  $\beta$ -karoten üretilmişken, 100 g/L atıktan kalan 28 g/L kurutulmuş çekirdeksiz üzüm posasının asidik hidroliz basamağından sonra elde edilen 6.7 g/L TİŞ'i içeren besin ortamında 153.9 mg/L  $\beta$ -karoten üretilmiş ve toplam  $\beta$ -karoten üretimi % 4.9 artışla 3279.6 mg/L'ye yükselmiştir. 100 g/L katı/sıvı oranında kurutulmuş havuç posasıyla ekstraksiyon basamağından sonra elde edilen 35.3 g/L TİŞ'i içeren besin ortamında 2245.7 mg/L  $\beta$ -karoten üretilmişken, 100 g/L atıktan arda kalan 38 g/L kurutulmuş çekirdeksiz üzüm posasının asidik hidroliz basamağından sonra elde edilen 10.8 g/L TİŞ'i içeren besin ortamında 193.8 mg/L  $\beta$ -karoten üretilmiş ve toplam  $\beta$ -karoten üretimi % 8.6 artışla 2439.5 mg/L'ye yükselmiştir.

Çizelge 5.11. *R. glutinis*'ten  $\beta$ -karoten üretiminde kurutma ön işlemleri uygulanmış gıda atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan ve ekstraksiyondan sonra kalan posaların asidik hidrolizinden elde edilen şekerlerin yer aldığı doğal besin ortamlarında elde edilen mikroorganizma ve ürün verimlilikleri ile ardışık bu iki proses sonucunda elde edilen toplam mikroorganizma ve ürün verimliliklerinin karşılaştırılması

Atığın Türü	100 g/L Katı/Sıvı Oranında ( $K_1/S$ ) Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Gıda Atıklarının Kaynar Suyla Ekstraksiyonundan Elde Edilen Doğal Besin Ortamlarında <i>R. glutinis</i> 'ten $\beta$ -Karoten Üretiminde Mikroorganizma ve Ürün Verimleri						Kalan Kuru Posa Katı/Sıvı Oranlarında ( $K_2/S$ ) Asidik Hidroliz Sonucu Elde Edilen Doğal Besin Ortamlarında <i>R. glutinis</i> 'ten $\beta$ -Karoten Üretiminde Mikroorganizma ve Ürün Verimleri						Ardışık Bu İki Proses Sonucunda <i>R. glutinis</i> 'ten $\beta$ -Karoten Üretiminde Elde Edilen Toplam Mikroorganizma ve Ürün Verimleri				
	$K_1/S$ (g kuru atık/L)	$S_1$ (g TIŞ/L)	$X_m$ (g kuru m.o./L)	$P_m$ (mg $\beta$ -karoten/L)	$Y_{P/K_1}$ (mg $\beta$ -karoten/g kuru atık)	$Y_{X_m/K_1}$ (g kuru m.o./g kuru atık)	$K_2/S$ (g kuru atık/L)	$S_2$ (g TIŞ/L)	$X_m$ (g kuru m.o./L)	$P_m$ (mg $\beta$ -karoten/L)	$Y_{P/K_2}$ (mg $\beta$ -karoten/g kalan kuru posa)	$Y_{X_m/K_2}$ (g kuru m.o./g kalan kuru posa)	$S_{toplam}$ (g TIŞ/L)	$X_{m,toplam}$ (g kuru m.o./L)	$P_{m,toplam}$ (mg $\beta$ -karoten/L)	$Y_{P/K_1}$ (mg $\beta$ -karoten/g kuru katı atık)	$Y_{X_m/K_1}$ (g kuru m.o./g kuru katı atık)
Posalı Portakal Kabuğu	100	45.3	6.11	1407.1	14.1	0.071	30	10.1	2.25	370.0	12.3	0.075	55.4	9.36	1777.1	17.8	0.094
Çekirdeksiz Üzüm Posası	100	60.7	6.69	3125.7	31.3	0.067	28	6.7	2.20	153.9	5.5	0.079	67.4	8.89	3279.6	32.8	0.089
Havuç Posası	100	35.3	3.90	2245.7	22.5	0.039	38	10.8	2.97	193.8	5.1	0.078	46.1	6.87	2439.5	24.4	0.069

## 6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, gıda endüstrisinde atık olarak büyük miktarlarda oluşan ve genellikle değerlendirilmeden bertaraf edilen portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının ön işlemsiz ya da çeşitli ön işlemlerden geçirildikten sonra kaynar suyla ekstraksiyonundan ve ekstraksiyondan sonra kalan posalarının asidik hidrolizinden elde edilen şekerlerin yer aldığı doğal besin ortamlarında *Rhodotorula glutinis* mayası ile ardışık iki prosesle  $\beta$ -karoten üretimi gerçekleştirilmiştir. Böylece, hem atıkların değerlendirilmesiyle katma değeri yüksek bir ürünün üretimi ve veriminin artırılması düşük maliyetle gerçekleştirilmiş; hem de sıfır atık yaklaşımıyla atık minimizasyonu konusunda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir.

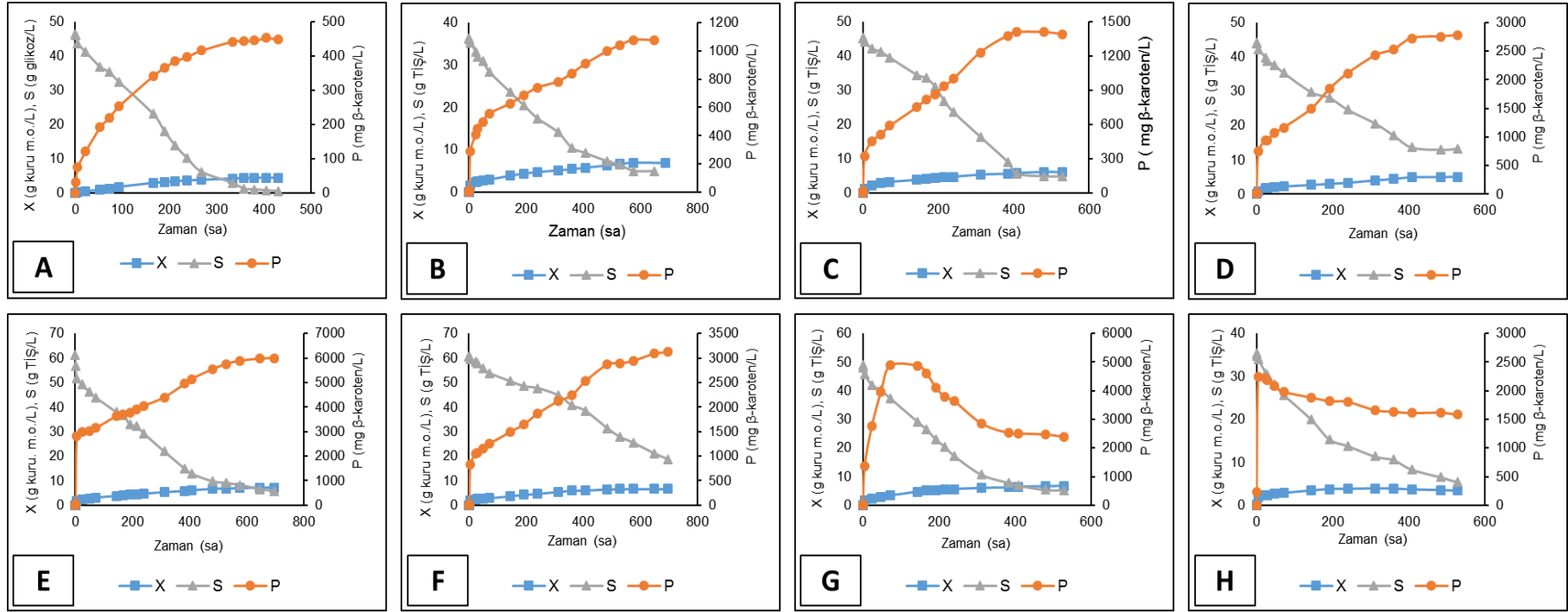
Çalışmanın ilk kısmında, portakal, üzüm ve havuç atıkları ön işleme tabi tutulmadan (yaş) ya da çeşitli ön işlemlerden (kurutma, otoklavlama, dondurma) geçirildikten sonra kaynar suyla ekstrakte edilerek, atık türüne, uygulanan ön işleme, tanecik boyut aralığına ve katı/sıvı oranına bağlı olarak suya geçen şekerlerin toplam derişimleri ve verimleri karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. Genel olarak elde edilen deneysel sonuçlardan, tüm atıklar için, kurutma hariç, diğer ön işlemlerin şeker ekstraksiyonuna önemli bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir. Çizelge 6.1'de 100 g kuru atık/L su katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemleri uygulanmış portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarından kaynar suyla doğrudan şekerlerin ekstraksiyonunda elde edilen en yüksek TİŞ derişimleri ve verim değerleri sunulmuştur. Çizelgeden üzüm posasından, uygulanan ön işleme ve katı/sıvı oranına bağlı olmaksızın en yüksek şeker derişimlerinin elde edildiği görülmektedir. Buna karşın, portakal kabuğu ve havuç posalarından kaynar suya ekstrakte olan şeker derişimleri çok daha düşük değerlerde bulunmuştur. Havuç posası için kurutma ön işlemleri ekstrakte olan şeker veriminin daha da azalmasına, portakal kabuğu için ise tam tersine, posanın ekstraksiyonda ön işlemsiz (yaş) kullanımını daha düşük şeker verimi elde edilmesine neden olmuştur. Bu durum kurutma ön işleminin havuç posasının lifli yapısını daha da sıkıştırarak şeker ekstraksiyonunun engellenmesiyle, portakal kabuğunda ise kurutma ön işleminin gözeneklerin açılmasıyla şeker ekstraksiyon veriminin artmasıyla açıklanabilir.

Çizelge 6.1. 100 g kuru atık/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemleri uygulanmış portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarından kaynar suyla doğrudan şekerlerin ekstraksiyonunda elde edilen en yüksek TİŞ derişimleri ve verim değerleri

Atığın Türü	Atığa Uygulanan Ön İşlem	Tanecik Boyut Aralığı (mm)	100 g/L Katı/Sıvı Oranında Elde Edilen TİŞ Derişimi (S <sub>1</sub> ; g TİŞ/L)	Y <sub>S<sub>1</sub>/K<sub>1</sub></sub> (g TİŞ/g kuru atık)
Posalı Portakal Kabuğu	Ön İşlemsiz (Yaş)	Püre	36.2	0.36
Posalı Portakal Kabuğu	Kurutma	Toz	45.3	0.45
Posasız	Kurutma	Toz	44.2	0.44
Çekirdeksiz Üzüm Posası	Ön İşlemsiz (Yaş)	Püre	61.2	0.61
Çekirdeksiz Üzüm Posası	Kurutma	Toz	60.7	0.61
Havuç Posası	Ön İşlemsiz (Yaş)	Püre	48.9	0.49
Havuç Posası	Kurutma	Toz	35.3	0.35

Tez çalışmasının bir sonraki aşamasında, glikoz içeren sentetik besin ortamında *R. glutinis* mayası üretilerek, başlangıç glikoz derişiminin mikrobiyal üremeye ve β-karoten üretimine etkileri araştırılmıştır. Daha sonra ön işleme tabi tutulmamış (yaş) ve kurutma ön işleme tabi tutulmuş portakal, üzüm ve havuç atıklarına, değişen tanecik boyut aralığı ve katı/sıvı oranlarında kaynar suyla ekstraksiyon işlemi uygulanarak elde edilen şekerli sıvı kısımlar doğrudan besin ortamı olarak *R. glutinis* mayası ile β-karoten üretiminde kullanılmış ve fermantasyon sonuçları sentetik besin ortamında elde edilenlerle karşılaştırılmıştır. 50 g/L glikoz içeren sentetik besin ortamında ve 100 g/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) püre ve kurutma ön işlemleri uygulanmış toz formdaki posalı ve posasız portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin yer aldığı doğal besin ortamlarında her bir posa için elde edilen mikroorganizma, β-karoten ve TİŞ derişimlerinin zamanla değişim eğrileri Şekil 6.1'de birlikte sunulmuştur. Şekilden, havuç posası atıklarından kaynar suyla ekstraksiyonla elde edilen şekerli besin ortamlarındaki β-karoten üretimleri hariç, glikozlu besin ortamındaki ve diğer atıklardan kaynar suyla ekstraksiyonla elde edilen şekerli besin

ortamlarındaki  $\beta$ -karoten üretimlerinin ve substrat tüketimlerinin benzer olarak mikrobiyal üremeye paralel gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 6.1. 50 g/L glikoz içeren sentetik besin ortamında (A) ve 100 g/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) püre formunda posalı portakal kabuğu (B), kurutma ön işlemi uygulanmış toz formda posalı portakal kabuğu (C), kurutma ön işlemi uygulanmış 0.500-0.707 mm boyut aralığındaki posasız portakal kabuğu (D), ön işlemsiz (yaş) püre formunda üzüm posası (E), kurutma ön işlemi uygulanmış toz formda üzüm posası (F), ön işlemsiz (yaş) püre formunda havuç posası (G), kurutma ön işlemi uygulanmış toz formda havuç posası (H) atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında mikroorganizma,  $\beta$ -karoten ve TIŞ derişimlerinin zamanla değışim eğrileri ( $T=30^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{pH}=5.5$ ,  $\text{KH}=120$  rpm)

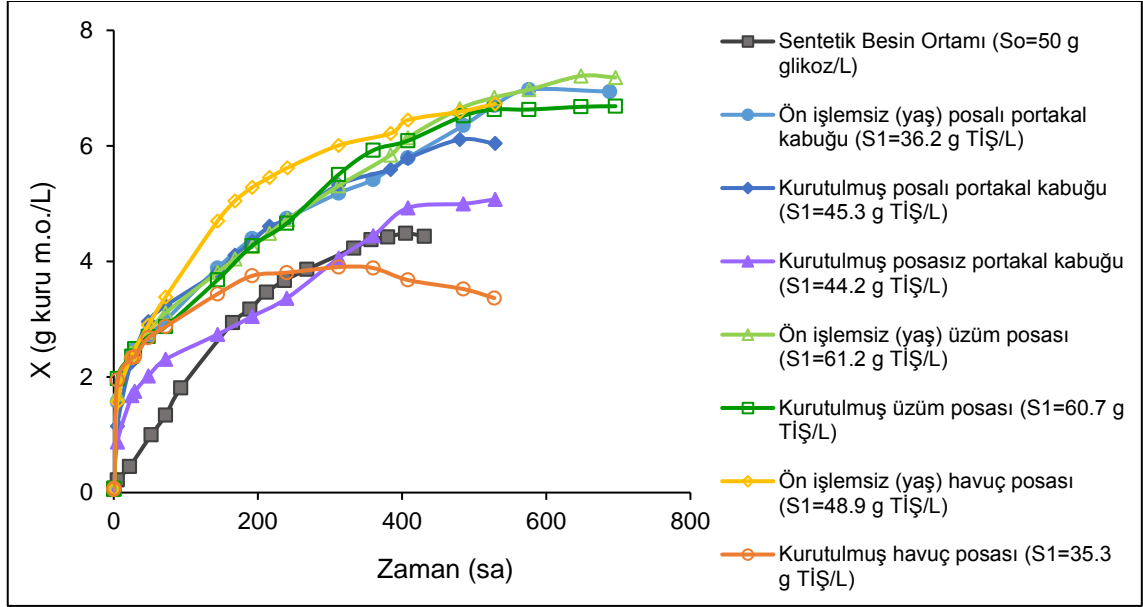
Şekil 6.2, 6.3 ve 6.4'te 50 g/L glikoz içeren sentetik besin ortamında ve 100 g/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemi uygulanmış portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında *R. glutinis*'in üremesinin,  $\beta$ -karoten üretiminin ve TİŞ tüketiminin zamanla değişim eğrileri karşılaştırılmıştır.

Şekil 6.2'den glikoz içeren sentetik besin ortamındaki mikrobiyal üremenin en düşük hızda ancak en kısa sürede tamamlandığı, yaş ve kurutma ön işlemi uygulanmış üzüm posalarından, bu posadan elde edilen en yüksek TİŞ derişimlerine bağlı olarak, *R. glutinis*'in üremesinin diğer atıklara göre biraz daha yüksek verimde gerçekleştiği, ancak üremenin en uzun sürede tamamlandığı görülmektedir. Yine aynı şekilden, en düşük mikrobiyal üremenin kurutulmuş havuç posasının kaynar suyla ekstraksiyonuyla elde edilen ve en az TİŞ derişimi içeren doğal besin ortamında olduğu da gözlenmektedir.

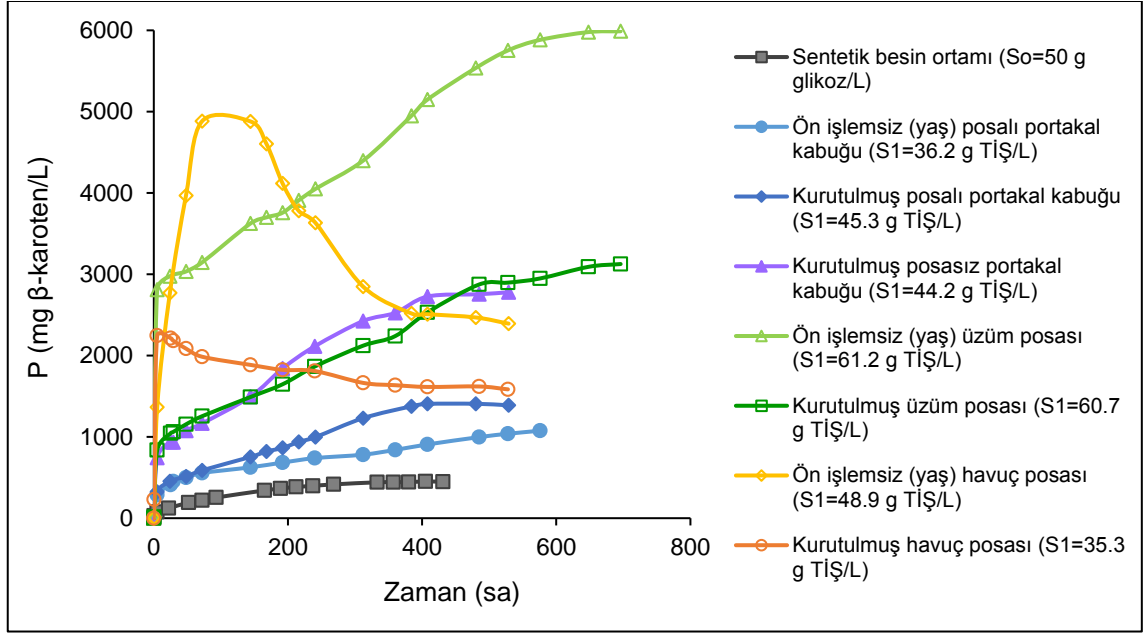
Şekil 6.3'ten glikoz içeren sentetik besin ortamında mikrobiyal  $\beta$ -karoten üretim hız ve veriminin en düşük olduğu, yaş üzüm posasının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamında ise, gözlenen en yüksek mikrobiyal üremeye de bağlı olarak, en yüksek  $\beta$ -karoten hız ve veriminin elde edildiği, ancak üretimin çok daha uzun sürede tamamlandığı görülmektedir. Yaş havuç posasının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamında ise,  $\beta$ -karoten üretiminin çok hızlı ve yüksek verimle gerçekleşmesine karşın, kısa bir süre sonra  $\beta$ -karoten derişiminin azaldığı ve aynı durumla kurutma ön işlemi uygulanmış havuç posasının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamındaki  $\beta$ -karoten üretiminde de karşılaştığı yine aynı şekilden görülmektedir.

Şekil 6.4'ten mikroorganizmanın glikoz içeren sentetik besin ortamında tüm glikozu en kısa sürede tükettiği, ancak mikroorganizmanın, her bir posanın kaynar suyla ekstraksiyonundan suya geçen şekerlerin yer aldığı besin ortamlarında, şekerlerin tamamını kullanamadığı için tüketemediği görülmektedir.

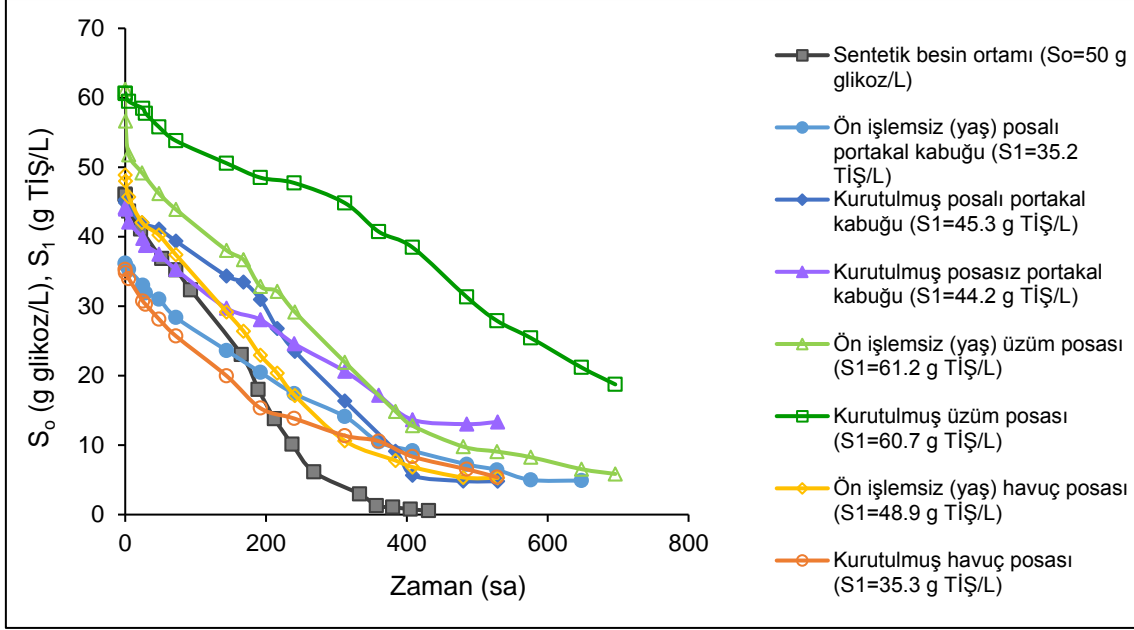




Şekil 6.2. 50 g/L glikoz içeren sentetik besin ortamında ve 100 g/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemi uygulanmış portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında *R. glutinis* derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm)



Şekil 6.3. 50 g/L glikoz içeren sentetik besin ortamında ve 100 g/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemleri uygulanmış portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında  $\beta$ -karoten derişiminin zamanla değişim eğrileri ( $T=30^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{pH}=5.5$ ,  $\text{KH}=120$  rpm)



Şekil 6.4. 50 g/L glikoz içeren sentetik besin ortamında ve 100 g/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemleri uygulanmış portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında glikoz/TİŞ derişiminin zamanla değişim eğrileri (T=30°C, pH=5.5, KH=120 rpm)

50 g/L glikoz içeren sentetik besin ortamında ve 100 g/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemleri uygulanmış portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında saptanan en yüksek kuru mikroorganizma derişimi, özgül üreme hızı, mikroorganizma üreme verimi, en yüksek  $\beta$ -karoten derişimi,  $\beta$ -karoten üretim hızı ve en yüksek mikroorganizma ve başlangıç substrat derişimlerine bağlı  $\beta$ -karoten üretim verimleri değerleri Çizelge 6.2.'de karşılaştırılmıştır. Çizelgeden de ön işlemsiz (yaş) üzüm posası atığından, içerdği mikrobiyal üretimi ve  $\beta$ -karoten üretimini aktive ederek arttıran şekerlerin ve diğer bileşenlerin kaynar suyla ekstraksiyonda en yüksek derişimlerde sulu ortama (besin ortamı) geçmesine bağlı olarak, en yüksek mikroorganizma ve  $\beta$ -karoten üretim verimlerinin elde edildiği görülmektedir.

Çizelge 6.2. 50 g/L glikoz içeren sentetik besin ortamında ve 100 g/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemi uygulanmış portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında saptanan en yüksek kuru mikroorganizma derişimi, özgül üreme hızı, mikroorganizma üreme verimi, en yüksek  $\beta$ -karoten derişimi,  $\beta$ -karoten üretim hızı ve en yüksek mikroorganizma ve başlangıç substrat derişimlerine bağlı  $\beta$ -karoten üretim verimleri değerlerinin karşılaştırılması

Besin Ortamı	Atığın Türü	Atığa Uygulanan Ön İşlem	Tanecik Boyut Aralığı (mm)	$S_0$ , g glikoz/L; $S_1$ , g TİŞ/L	$X_m$ (g kuru m.o./L)	$\mu$ ( $sa^{-1}$ )	$Y_{x/s_0}$ (g kuru m.o./g TİŞ)	$P_m$ (mg $\beta$ -karoten/L)	$v$ (mg $\beta$ -karoten/g kuru m.o.sa)	$Y_{P/S_0}$ (mg $\beta$ -karoten/g TİŞ)	$Y_{P/X_m}$ (mg $\beta$ -karoten/g kuru m.o.)
Sentetik Besin Ortamı	-	-	-	50.0	4.49	0.041	0.09	451.4	1.96	9.03	100.5
Doğal Besin Ortamı	Posalı Portakal Kabuğu	Ön İşlemsiz (Yaş)	Püre	36.2	6.97	0.052	0.19	1075.7	2.53	29.7	154.3
	Posalı Portakal Kabuğu	Kurutma	Toz	45.3	6.11	0.053	0.16	1407.1	2.48	31.1	197.9
	Posasız Portakal Kabuğu	Kurutma	0.500-0.707 mm	44.2	5.07	0.049	0.11	2778.6	6.96	62.8	548.0
	Üzüm Posası	Ön İşlemsiz (Yaş)	Püre	61.2	7.21	0.053	0.12	5988.6	16.83	97.8	830.6
	Üzüm Posası	Kurutma	Toz	60.7	6.69	0.051	0.11	3125.7	6.03	51.5	467.2
	Havuç Posası	Ön İşlemsiz (Yaş)	Püre	48.9	6.76	0.054	0.14	4882.9	10.07	100.0	722.3
	Havuç Posası	Kurutma	Toz	35.3	3.90	0.052	0.11	2245.7	9.59	63.7	575.8

Glikoz derişiminin 5-100 g/L aralığında değiştiği sentetik besin ortamında ve katı/sıvı oranınının 10-100 aralığında değiştirilmesiyle (değişen Tİş derişimlerinde) ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemleri uygulanmış portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan elde edilen doğal besin ortamlarında mikrobiyal üremenin Monod Eşitliği kullanılarak kinetik modellemesi yapılmış ve bulunan kinetik sabitler Çizelge 6.3'te karşılaştırılmıştır. Çizelgeden genel olarak glikozlu besin ortamında en düşük, diğer besin ortamlarında ise daha yüksek ve benzer en yüksek özgül üreme hız değerlerinin elde edildiği, kurutma ön işlemleri uygulanmış havuç posasından hazırlanan besin ortamında ise, en düşük doğunluk sabiti değerinin saptandığı görölmektedir.

Çizelge 6.3 Glikoz derişiminin 5-100 g/L aralığında değiştiği sentetik besin ortamında ve katı/sıvı oranınının 10-100 aralığında değiştirilmesiyle (değişen Tİş derişimlerinde) ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemleri uygulanmış portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan elde edilen doğal besin ortamlarında *R. glutinis'in* üremesinde Monod modelinden bulunan en yüksek özgül üreme hızı ve doğunluk sabiti değerlerinin karşılaştırılması

Besin Ortamı	Atığın Türü	Atığa Uygulanan Ön İşlem	Tanecik Boyut Aralığı (mm)	K <sub>s</sub> (g Tİş/L)	μ <sub>m</sub> (sa <sup>-1</sup> )
Sentetik Besin Ortamı	-	-	-	1.91	0.043
Doğal Besin Ortamı	Posalı Portakal Kabuğu	Ön İşlemsiz (Yaş)	Toz	1.42	0.054
	Posalı Portakal Kabuğu	Kurutma	Toz	1.69	0.055
	Posasız Portakal Kabuğu	Kurutma	0.500-0.707 mm	2.35	0.052
	Üzüm Posası	Ön İşlemsiz (Yaş)	Püre	2.43	0.055
	Üzüm Posası	Kurutma	Toz	2.20	0.053
	Havuç Posası	Ön İşlemsiz (Yaş)	Püre	1.20	0.055
	Havuç Posası	Kurutma	Toz	0.93	0.053

Çalışmanın son aşamasında, 100 g kuru atık/L katı/sıvı oranında sadece kurutma ön işlemleri uygulanmış toz formdaki posalı portakal kabuğu, çekirdeksiz üzüm posası

ve havuç posası atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan sonra kalan posaların kurutulduktan sonra 0.3 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisi ile asidik hidrolizi sonucunda elde edilen şekerleri içeren doğal besin ortamlarında *R. glutinis*'ten β-karoten üretim çalışmaları gerçekleştirilmiş ve bu iki ardışık proseste elde edilen mikroorganizma büyüme eğrileri, β-karoten üretim eğrileri ve TİŞ tüketim eğrileri sırasıyla Şekil 6.5, Şekil 6.6 ve Şekil 6.7'de birlikte sunulmuştur.

Şekil 6.5'ten tüm gıda atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği besin ortamlarındaki mikrobiyal üreme verimlerinin ve üreme sürelerinin elde edilen yüksek şeker derişimine bağılı olarak, kaynar suyla ekstraksiyondan sonra kalan posaların hidroliziyle elde edilen besin ortamlarındaki üreme verimlerinin ve sürelerinin 2-3 katı olduğu görülmektedir. Yaş üzüm posasıyla kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği besin ortamında en yüksek mikroorganizma derişimi 7.21 g kuru m.o./L bulunmuştur. Her üç atığın da ekstraksiyondan kalan posalarının asidik hidroliziyle elde edilen şekerli besin ortamlarında mikrobiyal üreme verimlerine bakıldığında ise, düşük şeker derişimine bağılı olarak daha düşük mikroorganizma derişimlerinin elde edildiği görülmektedir. Yine aynı şekilden, en yüksek (2.97 g kuru m.o./L) ve en düşük (2.25 g kuru m.o./L) mikroorganizma derişimlerinin, aynı zamanda TİŞ derişimleri de sırasıyla en yüksek ve en düşük olan havuç posası ve üzüm posası atıklarının ekstraksiyonundan kalan posalarının asidik hidroliziyle elde edilen besin ortamlarında olduğu görülmektedir.

Şekil 6.6'dan, her üç atığın da kaynar suyla ekstraksiyonla ve ekstraksiyondan sonra kalan posalarının asidik hidroliziyle elde edilen şekerli besin ortamlarında β-karoten üretim hız ve verimleri karşılaştırıldığında, kaynar suyla ekstraksiyonla elde edilen yüksek şeker derişimine bağılı olarak β-karoten derişimlerinin de bu ortamda çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Buna karşılık her üç atık için de kaynar suyla ekstraksiyonla elde edilen besin ortamlarındaki β-karoten üretim süreleri, ekstraksiyondan sonra kalan posalarının asidik hidroliziyle elde edilen şekerli besin ortamlarındaki β-karoten üretim sürelerinin yaklaşık 2 katı olmuştur. Yaş üzüm posasıyla kaynar suyla ekstraksiyonla doğrudan şekerlerin elde edildiği besin ortamında en yüksek β-karoten derişimi 5988.6 mg/L bulunmuştur. Aynı şekilden, en yüksek (370.0 mg/L) ve en düşük (153.9 mg/L) β-karoten derişimlerinin, portakal

kabuğu ve üzüm posası atıklarının ekstraksiyondan kalan atık posalarının asidik hidroliziyle elde edilen besin ortamlarında olduğu görölmektedir.

Şekil 6.7'den, her üç atığın da kaynar suyla ekstraksiyonla ve ekstraksiyondan sonra kalan posalarının asidik hidroliziyle elde edilen şekerli besin ortamlarında TİŞ tüketimleri karşılaştırıldığında, kaynar suyla ekstraksiyonla elde edilen yüksek şeker derişimine bağlı olarak TİŞ'in daha uzun sürede tüketildiği ve tüketilemeyen şeker derişimlerinin ekstraksiyondan sonra kalan posalarının asidik hidroliziyle elde edilen şekerli besin ortamlarında tüketilmeden kalan şeker derişimlerine kıyasla belirgin şekilde daha yüksek olduğu görölmektedir.

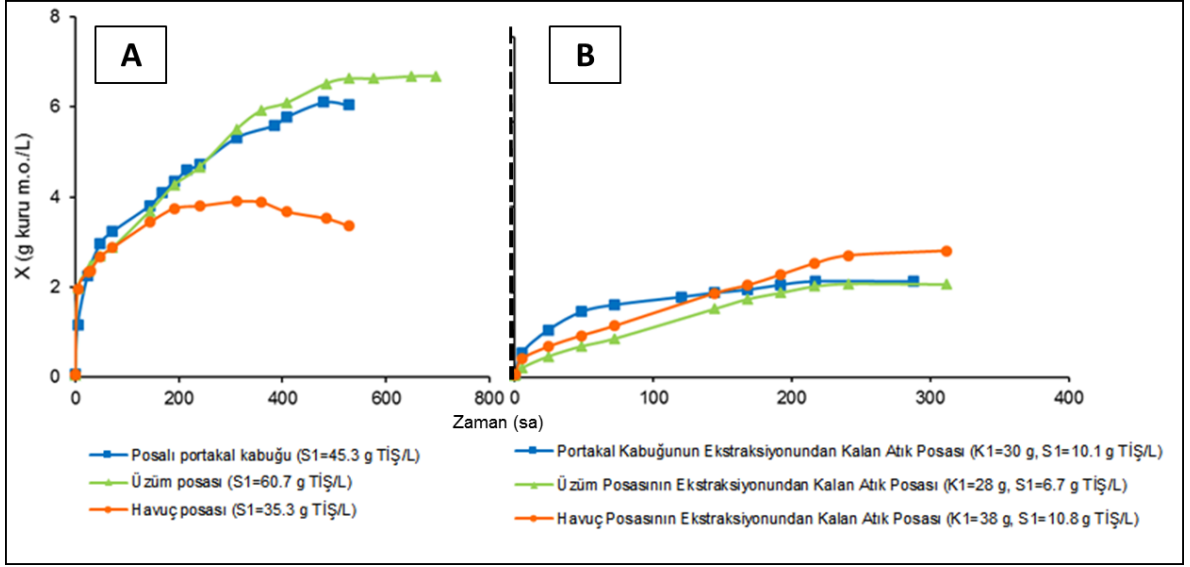
*R. glutinis*, 100 g/L katı/sıvı oranında kurutulmuş posalı portakal kabuğuyla suyla ekstraksiyon basamağından sonra elde edilen besin ortamında 1407.1 mg/L  $\beta$ -karoten üretmişken, 100 g/L atıktan kalan 30 g/L kurutulmuş posalı portakal kabuğunun asidik hidroliz basamağından sonra elde edilen besin ortamında 370.0 mg/L  $\beta$ -karoten üretmiş ve toplam  $\beta$ -karoten üretimi % 26 artışla 1777.1 mg/L'ye yükselmiştir.

*R. glutinis*, 100 g/L katı/sıvı oranında kurutulmuş çekirdeksiz üzüm posasıyla ekstraksiyon basamağından sonra elde edilen besin ortamında 3125.7 mg/L  $\beta$ -karoten üretmişken, 100 g/L atıktan kalan 28 g/L kurutulmuş çekirdeksiz üzüm posasının asidik hidroliz basamağından sonra elde edilen besin ortamında 153.9 mg/L  $\beta$ -karoten üretmiş ve toplam  $\beta$ -karoten üretimi % 4.9 artışla 3279.6 mg/L'ye yükselmiştir.

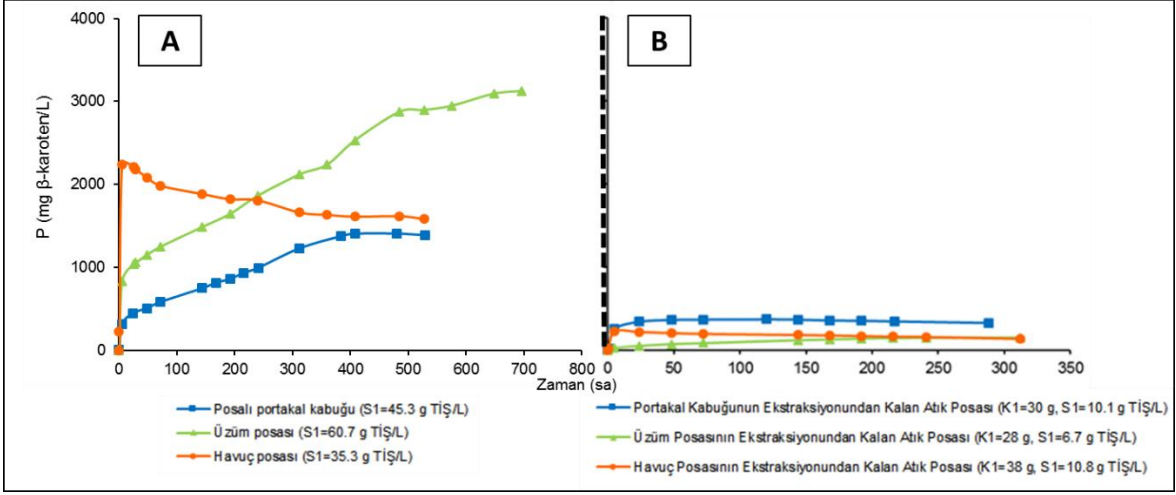
*R. glutinis*, 100 g/L katı/sıvı oranında kurutulmuş havuç posasıyla ekstraksiyon basamağından sonra elde edilen besin ortamında 2245.7 mg/L  $\beta$ -karoten üretmişken, 100 g/L atıktan arda kalan 38 g/L kurutulmuş havuç posasının asidik hidroliz basamağından sonra elde edilen besin ortamında 193.8 mg/L  $\beta$ -karoten üretmiş ve toplam  $\beta$ -karoten üretimi % 8.6 artışla 2439.5 mg/L'ye yükselmiştir.

Portakal ve havuç atıklarının kaynar suyla ekstraksiyonundan elde edilen besin ortamlarındaki mikrobiyal  $\beta$ -karoten üretimleri ile ekstraksiyondan sonra kalan posalarının asidik hidroliziyle elde edilen besin ortamlarındaki  $\beta$ -karoten üretimlerinin toplamı oldukça artsa da, ardışık bu iki proses sonunda toplamda en

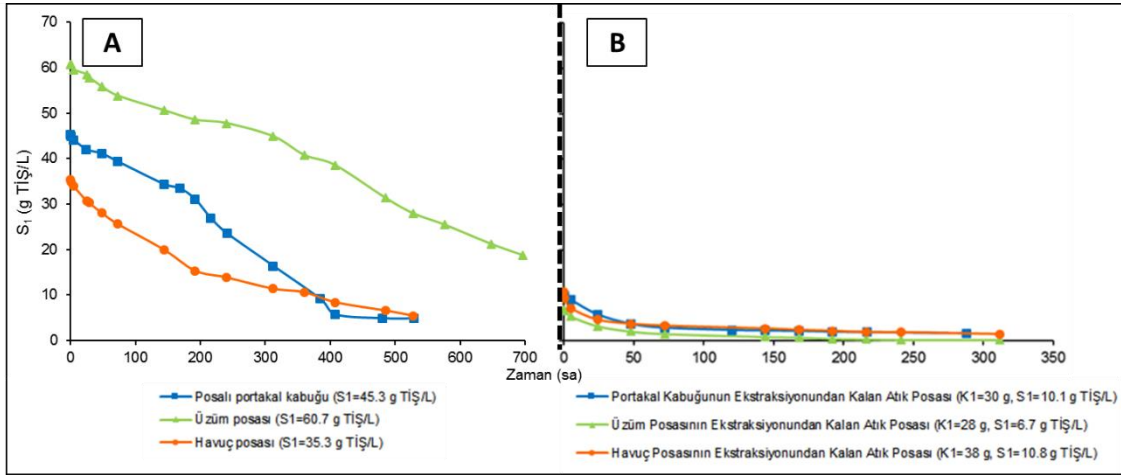
yüksek  $\beta$ -karoten derişimine üzüm posası atığından elde edilen besin ortamlarında ulaşılmıştır.







Şekil 6.6. 100 g/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemi uygulanmış portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarıyla iki aşamalı prosesle (kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında (A) ve ekstraksiyondan sonra kalan posalarından asit hidroliziyle elde edilen şekerlerin yer aldığı doğal besin ortamlarında (B)) toplam  $\beta$ -karoten derişimlerinin zamanla değişim eğrileri ( $T=30^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{pH}=5.5$ ,  $\text{KH}=120$  rpm)



Şekil 6.7. 100 g/L katı/sıvı oranında ön işlemsiz (yaş) ve kurutma ön işlemi uygulanmış portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarıyla iki aşamalı prosesle (kaynar suyla ekstraksiyonuyla doğrudan şekerlerin elde edildiği doğal besin ortamlarında (A) ve ekstraksiyondan sonra kalan posalarından asit hidroliziyle elde edilen şekerlerin yer aldığı doğal besin ortamlarında (B)) toplam TIŞ derişimlerinin zamanla değişim eğrileri ( $T=30^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{pH}=5.5$ ,  $\text{KH}=120$  rpm)

Çizelge 6.4'te bu tez çalışmasında elde edilen deneysel sonuçlar literatür verileriyle karşılaştırılmıştır. Çizelgeden *R. glutinis*'ten çalışmada kullanılan portakal kabuğu posası, üzüm posası ve havuç posası atıklarının özellikle kaynar suyla ekstaksiyonundan elde edilen yüksek şekerli doğal besin ortamlarındaki  $\beta$ -karoten üretim verimlerinin, literatür verimleriyle karşılaştırıldığında çok yüksek olduğu görülmektedir. Burada gıda atıklarından kaynar suyla ekstraksiyonda besin ortamına geçen ve mikroorganizmanın  $\beta$ -karoten üretimini olumlu yönde etkileyen yağ asitleri, hormonlar, vitaminler vb. bileşenlerin etkili olduğu düşünülmektedir. Tüm atıkların kaynar suyla ekstraksiyonlarından sonra kalan posalarının asidik hidroliziyle elde edilen ve daha az şeker içeren doğal besin ortamlarında da *R. glutinis*'ten  $\beta$ -karoten üretimi sağlanmış ve  $\beta$ -karoten üretim verimleri literatür verimleriyle karşılaştırılabilir düzeyde bulunmuştur. Ardışık bu iki proses sonucunda toplam  $\beta$ -karoten veriminin daha çok arttığı yine aynı çizelgeden gözlenmektedir.

Çizelge 6.4. Bu tez çalışmasında elde edilen deneysel sonuçların literatür verileriyle karşılaştırılması

Besin Ortamındaki Karbon Kaynağı	Uygulanan Ön İşlem	Kullanılan Mikroorganizma	Başlangıç TiŞ Derişimi (g TiŞ/L)	En Yüksek Mikroorganizma Derişimi (X <sub>m</sub> ) (g kuru m.o./L)	En Yüksek β-Karoten Derişimi (P <sub>m</sub> ) (mg β-karoten/L)	Kaynak
Melas	Enzimatik Hidroliz	<i>Blakeslea trispora</i>	52.1	8.75	61.5	Roukas vd., 2003
Peynir Altı Suyu	Enzimatik Hidroliz	<i>Blakeslea trispora</i>	79.1	23.5	3050.0	Roukas vd., 2003
Melas		<i>Rhodotorula glutinis</i>	20.0		125.0	Aksu ve Eren, 2007
Peynir Altı Suyu	Ultrafiltrasyon	<i>Rhodotorula acheniorum</i> MRN	55.0		262.1	Nasrabadi ve Razavi, 2011
		<i>R. glutinis</i>			135.3	Saenge vd., 2011
Patates Atıkları	Ekstraksiyon	<i>Rhodotorula mucilaginosa</i>			56.0	Marova vd., 2012
Atık Yemek Yağı + Mısır Maserasyon Sıvısı + Bütil Hidroksi Toluen	-	<i>Blakeslea trispora</i>		42.0	2021	Nanou ve Roukas, 2016
Pirinç Sapı	Asidik Hidroliz	<i>Monascus purpureus</i>	80		24.6	Liu vd., 2020
Okaliptüs Dalları	Hidrolizat	<i>Rhodotorula toruloides</i>			Elde edilemedi	Bongiglio vd., 2021
Glikoz	-	<i>R. glutinis</i>	100.0	6.51	660.0	Bu tez çalışması
Ön İşlemsiz (Yaş) Posalı Portakal Kabuğu	Sıcak Suyla Ekstraksiyon	<i>R. glutinis</i>	36.2	6.97	1075.7	Bu tez çalışması
Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Posalı Portakal Kabuğu	Sıcak Suyla Ekstraksiyon	<i>R. glutinis</i>	45.3	6.11	1407.1	Bu tez çalışması
Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Posasız Portakal Kabuğu	Sıcak Suyla Ekstraksiyon	<i>R. glutinis</i>	44.2	5.07	2778.6	Bu tez çalışması
Ön İşlemsiz (Yaş) Üzüm	Sıcak Suyla Ekstraksiyon	<i>R. glutinis</i>	61.2	7.21	5988.6	Bu tez çalışması
Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Üzüm	Sıcak Suyla Ekstraksiyon	<i>R. glutinis</i>	60.7	6.69	3125.7	Bu tez çalışması
Ön İşlemsiz (Yaş) Havuç	Sıcak Suyla Ekstraksiyon	<i>R. glutinis</i>	48.9	6.76	4882.9	Bu tez çalışması
Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Havuç	Sıcak Suyla Ekstraksiyon	<i>R. glutinis</i>	35.3	3.90	2245.7	Bu tez çalışması
Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Posalı Portakal Kabuğu	Ekstraksiyondan Kalan Posanın Asitle Hidrolizi	<i>R. glutinis</i>	10.1	2.25	370.0	Bu tez çalışması
Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Üzüm	Ekstraksiyondan Kalan Posanın Asitle Hidrolizi	<i>R. glutinis</i>	6.7	2.20	153.9	Bu tez çalışması
Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Havuç	Ekstraksiyondan Kalan Posanın Asitle Hidrolizi	<i>R. glutinis</i>	10.8	2.97	193.8	Bu tez çalışması
Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Posalı Portakal Kabuğu	Sıcak Suyla Ekstraksiyon +Asidik Hidroliz	<i>R. glutinis</i>	55.4	8.36	1777.1	Bu tez çalışması
Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Üzüm	Sıcak Suyla Ekstraksiyon +Asidik Hidroliz	<i>R. glutinis</i>	67.4	8.89	3279.6	Bu tez çalışması
Kurutma Ön İşlemi Uygulanmış Havuç	Sıcak Suyla Ekstraksiyon +Asidik Hidroliz	<i>R. glutinis</i>	46.0	6.87	2439.5	Bu tez çalışması

Bu tez çalışması ile literatürde ilk olarak posalı portakal kabuğu, çekirdeksiz üzüm posası ve havuç posası atıkları tez çalışmasında önerilen kaynar suyla ekstraksiyon ve asidik hidrolizden oluşan ardışık iki prosesle değerlendirilerek *R. glutinis*'ten  $\beta$ -karoten gibi katma değeri yüksek bir ürün üretimi gerçekleştirilmiş, ürün verimi arttırılmış ve atık miktarı çok yüksek oranda azaltılarak sıfır atık yaklaşımına önemli bir katkıda bulunulmuştur. Çalışmaların daha sonraki aşamalarında en son kalan atık posaların biyosorbent olarak çeşitli kirleticilerin gideriminde kullanımı düşünülmektedir. Önerilen yöntem başka mikroorganizmalarla daha farklı ürünlerin üretiminde de kullanılacaktır.

## 7. KAYNAKÇA

- [1] S. Yagcı, A. Altan, F. Göğüs, M. Maskan, Gıda Atıklarının Alternatif Kullanım Alanları, Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu, Türkiye, 24-26 Mayıs **2006**.
- [2] V.C. Vodnar, L.F. Całinoiu, F.V. Dulf, B.E. Stefańnescu, G. Crisan, C. Socaciu, Food Chemistry, Identification of the Bioactive Compounds and Antioxidant, Antimutagenic and Antimicrobial Activities of Thermally Processed Agro-industrial Waste, 231 (**2017**) 131-140.
- [3] C. L. Rock, Carotenoids: Biology and Treatment, Pharmacology & Therapeutics, 75 (**1997**) 185-197.
- [4] Y. Chaudhry, Carotenoids-Natural Food Colors and Health Benefits, Symposium 12, Interaction of Natural Colors with Other Ingredients, (**2003**).
- [5] W. Stahl W and S. Helmut, Archives of Biochemistry and Biophysics, Lycopene: A Biologically Important Carotenoid for Humans, 336 (**1996**)1-9.
- [6] R.A. Woutersen, A. P. Wolterbeek, M. J. Appel, H. Van der Berg, R.A. Goldbohm, V. J. Feron, Critical Reviews in Toxicology, Safety Evaluation of Synthetic  $\beta$ -carotene, 29 (**1999**) 515-542.
- [7] W. Stahl, W. Schwarz, A.R. Sundquist, H. Sies, Cis-trans Isomers of Lycopene and  $\beta$ -carotene in Human Serum and Tissues, Archives of Biochemistry and Biophysics, 294 (**1992**) 173-7.
- [8] H.E. Khoo, K.N. Prasad, K.W. Kong, Y. Jiang and A. Ismail, Carotenoids and Their Isomers: Color Pigments in Fruits and Vegetables, Molecules, 16 (**2011**) 1710-1738.
- [9] S.P. Kodal, Narenciye Atıklarından Gıda Katkı Maddesi Üretimini Mikrobiyal Üretim ile Karşılaştırmalı Olarak Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2016**.
- [10] K. Sharma, N. Mahato, M. H. Cho and Y. R. Lee, Converting Citrus Wastes into Value-Added Products: Economic and Environmentally Friendly Approaches, Nutrition, 34 (**2017**) 29-46.
- [11] V.C. Vodnar, L.F. Całinoiu, F.V. Dulf, B.E. Stefańnescu, G. Crisan, C. Socaciu, Food Chemistry, Identification of the Bioactive Compounds and Antioxidant, Antimutagenic and Antimicrobial Activities of Thermally Processed Agro-industrial Waste, 231 (**2017**) 131-140.

- [12] R. A. Muhlack, R. Potumarthi, D. W. Jeffery, Waste Management, Sustainable Wineries Through Waste Valorisation: A Review of Grape Marc Utilisation for Value-Added Products, 72, (2018), 99-118.
- [13] S. Tiwari, N. Upadhyay, A.K. Singh, G.S. Meena, S. Arora, Organic Solvent-Free Extraction of Carotenoids from Carrot Biowaste and its Physico-Chemical Properties, Journal of Food Science and Technology, 56 (2019) 4678–4687.
- [14] T. Roukas, F. Mantzouridou, Th. Boumpa, A. Vafiadou and Y. Goksungur, Production of  $\beta$ -Carotene from Beet Molasses and Deproteinized Whey by *Blakeslea trispora*, Food Biotechnology, 17 (2007) 203-215.
- [15] Z. Aksu, A.T. Eren, Production of Carotenoids by the Isolated Yeast of *Rhodotorula glutinis*, Biochemical Engineering Journal, 35 (2007) 107-113.
- [16] M.R.N. Nasrabadi and S.H. Razavi, Optimization of  $\beta$ -Carotene Production by a Mutant of the Lactosepositive Yeast *Rhodotorula acheniorum* from Whey Ultrafiltrate, Food Science and Biotechnology, 20 (2011) 445-454.
- [17] N. A. Sagar, S. Pareek, S. Sharma, E. M. Yahia, and M. G. Lobo, , Fruit and Vegetable Waste: Bioactive Compounds, Their Extraction, and Possible Utilization, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 17 (2018).
- [18] I. de la Torre, V. Martin-Dominguez, M. G. Acedos, J. Esteban, V. E. Santos and M. Ladero, Utilisation/Upgrading of Orange Peel Waste from a Biological Biorefinery Perspective, Applied Microbiology and Biotechnology, (2019) 34-36.
- [19] J. Banerjee, R. Singh , R. Vijayaraghavan , D. MacFarlane , A. F. Patti and A. Arora, Bioactives from Fruit Processing Wastes: Green Approaches to Valuable Chemicals, Food Chemistry, 225 (2017) 10-22.
- [20] A. B. Hossain and A. R. Fazliny, Creation of Alternative Energy by Bio-ethanol Production from Pineapple Waste and the Usage of its Properties for Engine, African Journal of Microbiology Research, 4 (2010) 813–819.
- [21] M. R. Swain and R.C. Ray, Optimization of Cultural Conditions and Their Statistical Interpretation for Production of Indole-3-Acetic Acid by *Bacillus Subtilis* CM5 Using Cassava Fibrous Residue, Journal of Scientific & Industrial Research, 67 (2008) 622-628.
- [22] C.S. Hitha, C.S. Hima,, , B.J. Yogesh, , S. Bharathi and K.V. Sekar, Microbial Utilization Of Dairy Waste For Lactic Acid Production By Immobilized Bacterial Isolates On Sodium Alginate Beads,. International Journal Of Pure & Applied Bioscience, 2 (2014) 55–60.
- [23] Anonim, E. Yaralı, Meyve ve Sebze Teknolojisi-1, <https://akademik.adu.edu.tr> › [Meyve-Sebze I\(1\)](#) (Erişim tarihi: 2 Ekim 2021).

- [24] S. Açık, Basit ve Bileşik Karbonhidratların Kan Total Lipit, Kolesterol, Trigliserit Ve Lipoprotein Düzeyleri Üzerine Etkileri, Beslenme Ve Diyetetik Programı Bilim Uzmanlığı Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **1994**.
- [25] S. Akmaz, Selülozun Enzimli Hidroliz Yoluyla Glukoza Dönüştürülmesi ve Tepkime Kinetiğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, **2001**.
- [26] İ. Bolat, Ö. Kara, Bitki Besin Elementleri: Kaynakları İşlevleri Eksik ve Fazlalıkları, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 19 (**2017**) 218-228.
- [27] Lipitler 541GI0007, Gıda Teknolojisi, T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, Ankara, **2011**.
- [28] H. Duran, Yerli Portakal Çeşitlerinin Meyve Suyu Teknolojisi Bakımından Önemli Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, **2011**.
- [29] TÜİK İstatistik Veri Portalı, <https://www.tuik.gov.tr/>, (Erişim tarihi: **6 Kasım 2021**).
- [30] Anonim, wikipedia.org, (Erişim tarihi: **4 Ocak 2022**).
- [31] M.Rehan, N. A.M. Abdel-Wahed, A. Farouk and M.M. El-Zawahry, Extraction of Valuable Compounds from Orange Peel Waste for Advanced Functionalization of Cellulosic Surfaces, ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 6 (**2018**) 5911–5928.
- [32] D. Lachos-Perez, A.M. Baseggio, P. Mayanga-Torres, M.R.M. Junior, M. Rostagno, J. Martínez and T. Forster-Carneiro, Subcritical water extraction of flavanones from defatted orange peel, Journal of Supercrit Fluids, 138 (**2018**) 7–16.
- [33] B. Ozturk, C. Parkinson and M. Gonzalez-Miquel, Extraction of Polyphenolic Antioxidants from Orange Peel Waste Using Deep Eutectic Solvents, Separation and Purification Technology, 206 (**2018**) 1–13.
- [34] S.S. Hosseini, F. Khodaiyan and M.S. Yarmand, (2016), Optimization of Microwave Assisted Extraction of Pectin From Sour Orange Peel and its Physicochemical Properties, Carbohydrate Polymers, 140 (**2016**) 59–65.
- [35] A.M. Balu, V. Budarin, P.S. Shuttleworth, L.A. Pfaltzgraff, K. Waldron, R. Luque and J.H. Clark, Valorisation of Orange Peel Residues: Waste to Biochemicals and Nanoporous Materials, ChemSusChem, 5 (**2012**) 1694–1697.



- [36] J. Alvarez, B. Hooshdaran, M. Cortazar, M. Amutio, G. Lopez, F.B. Freire, M. Haghshenasfardb, S. Hosseini and M. Olazar, Valorization of Citrus Wastes by Fast Pyrolysis in a Conical Spouted Bed Reactor, *Fuel*, 224 (2018) 111–120.
- [37] M.R. Lasheen, N.S. Ammar and H.S. Ibrahim, Adsorption/Desorption of Cd (II), Cu (II) and Pb (II) Using Chemically modified Orange Peel: Equilibrium and Kinetic Studies, *Solid State Sciences*, 14(2) (2012) 202–210.
- [38] S.S. Lam, R.K. Liew, Y.M. Wong, E. Azwar, A. Jusoh and R. Wahi, Activated Carbon for Catalyst Support from Microwave Pyrolysis of Orange Peel, *Waste and Biomass Valorization*, 8 (2017) 2109–2119.
- [39] Anonim, <https://fdc.nal.usda.gov> (Erişim tarihi: **22 Kasım 2021**)
- [40] C.Drosou, K. Kyriakopoulou, A. Bimpilas, D. Tsimogiannis and M. Krokida, A Comparative Study on Different Extraction Techniques to Recover Red Grape Pomace Polyphenols from Vinification by Products, *Industrial Crops and Products*, 75 (2015) 141-149.
- [41] A.S.C. Teles, D.W.H. Chávez, R.A. Oliveira, E.P.S. Bon, S.C. Terzi, E.F. Souza, L.M.F. Gottschalk and R.V. Tonon, Food Research International, Use of Grape Pomace for the Production of Hydrolytic Enzymes by Solid-State Fermentation and Recovery of its Bioactive Compounds, *Food Research International*, 120 (2019) 441-448.
- [42] C. Beres, G. N.S. Costa, I. Cabezudo, N. K. da Silva-James, A. S.C. Teles, A. P.G. Cruz, C. Mellinger-Silva, R. V. Tonon, L. M.C. Cabral and S.P. Freitas, Towards integral utilization of grape pomace from winemaking process: A review, *Waste Management*, 68 (2017) 581-594.
- [43] A. Brenes, A. Viveros, S. Chamorro and I. Arija, Use of Polyphenol-Rich Grape by Products in Monogastric Nutrition: A Review, *Animal Feed Science and Technology*, 211 (2016) 1-17.
- [44] C.M. Librán, L. Mayor, E. M. Garcia-Castello and D. Vidal-Brotons, Polyphenol Extraction from Grape Wastes: Solvent and pH Effect, *Agricultural Sciences*, 4 (2013) 56-62.
- [45] A.M. Goula, K. Thymiatis and K. Kaderides, Valorization of Grape Pomace: Drying Behavior and Ultrasound Extraction of Phenolics, *Food and Bioproducts Processing*, 100 (2016) 132-144.
- [46] J.A.A. Mejia, A. Ricci, A.S. Figueiredo, A. Versari, A. Cassano, G.P. Parpinello and M.N. De Pinho, Recovery of Phenolic Compounds from Red Grape Pomace Extract through Nanofiltration Membranes, *Foods*, 9 (2020) 1649.

- [47] M.M. Ngongang, H. W. du Plessis, S.K. O. Ntwampe , B.S. Chidi, U.F. Hutchinson, L. Mekuto and N. P. Jolly, Grape Pomace Extracts as Fermentation Medium for the Production of Potential Biopreservation Compounds, *Foods*, 8 (2019) 51.
- [48] M. Akbulut And H. Çoklar, Utilization of Black Grape Pomace in the Production of Shalgam Juice: Effect on the Ethyl Alcohol Levels, *Journal of Halal Life Style*, 2 (2020) 109-115.
- [49] F.T.V. Rubio, C.W.I. Haminiuk, M. Martelli-Tosi, M.P. da Silva, Gustavo Y.F. Makimori and C.S. Favaro-Trindade, Utilization of Grape Pomaces and Brewery Waste *Saccharomyces Cerevisiae* for the Production of Bio-based Microencapsulated Pigments, *Food Research International*, 136 (2020) 109470.
- [50] R.A. Muhlack, R. Potumarthi and D.W. Jeffery, Sustainable wineries through waste valorisation: A review of grape marc utilisation for value-added products, *Waste Management*, 72 (2018) 99-118.
- [51] E. Çümen ve Ş. Bostancı, Havucun Farklı Gıda Ürünlerine İşlenebilirliği, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 14 (2021) 202-215.
- [52] Z. Korkut, Modifiye Havuç Atıklarıyla Bazı Ağır Metallerin Sulu Çözeltilerden Uzaklaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknık Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2014.
- [53] S. Kiraci, Konya ve Yöresinde Üstün Teknolojik Özelliklere Sahip Mor Havuç Tiplerinin Seleksiyonu, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2013.
- [54] K.D. Sharma, S. Karki, N.S. Thakur and S. Attri, Chemical Composition, Functional Properties and Processing of Carrot:A Review, *Journal of Food Science Technology*, 49 (2012) 22–32.
- [55] N. Jayesree, P.K. Hang, A. Priyanga, N.P. Krishnamurthy, R.N. Ramanan, M.S. A. Turki, M.G. Charis and Chien Wei Ooi, Valorisation of Carrot Peel Waste by Water-Induced Hydrocolloidal Complexation for Extraction of Carotene and Pectin, *Chemosphere*, 272 (2021) 129919.
- [56] Sucheta, N.N. Misra and S.K. Yadav, Extraction of Pectin from Black Carrot Pomace Using Intermittent Microwave Ultrasound and Conventional Heating: Kinetics Characterization and Process Economics, *Food Hydrocolloids*, 102 (2020) 105592.
- [57] S. Ertuğrul Karatay, E. Demiray and G. Dönmez, Efficient Approaches to Convert Coniochaeta Hoffmannii Lipids into Biodiesel by *In-Situ* Transesterification, *Bioresource Technology*, 285 (2019) 121321.

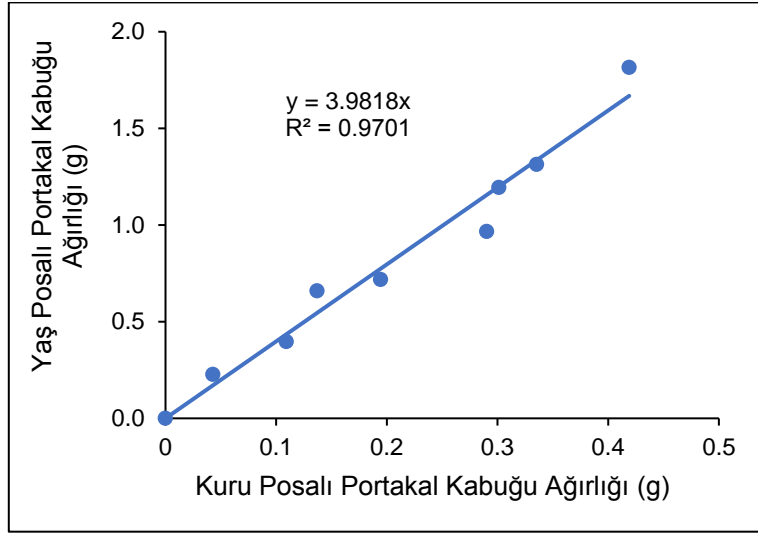
- [58] M.R. Concepcion, J. Avalos, M.L. Bonet, A. Boronat, L.G. Gomez, D. Mendez, M.C. Limon, A.J.M. Martínez, B.O. Alonso, A. Palou, J. Ribot, M.J. Rodrigo, L. Zacarias, C. Zhu, A Global Perspective on Carotenoids: Metabolism Biotechnology and Benefits for Nutrition and Health, *Progress in Lipid Research*, 70 (2018) 62-93.
- [59] R.A. Woutersen, A.P.M. Wolterbeek, M.J. Appel, H. van den Berg, R. A. Goldbohm and V. J. Feron, Safety Evaluation of Synthetic  $\beta$ -Carotene, *Critical Reviews in Toxicology*, 29 (1999) 515-542.
- [60] S. Luterotti and K. Kljak, Spectrophotometric Estimation of Total Carotenoids in Cereal Grain Products, *Acta Chimica Slovenica*, 57 (2010) 781-787.
- [61] A. T. Eren, *Rhodotorula* Türü Mayalar ile Beta-Karoten Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2003.
- [62] L.B. Radomska and J. Harasym,  $\beta$ -Carotene—Properties and Production Methods, *Food Quality and Safety*, 2 (2018) 69–74.
- [63] Anonim, <https://www.nobelyayin.com> > genel-mikrobiyoloji, (Erişim tarihi: 26 Eylül 2021).
- [64] G.H. Yücel, Şeker Pancarı Küspesinin Biyoetanol Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2011.
- [65] B. Pekin, Biyokimya Mühendisliği, Ege Üniversitesi Kimya Fakültesi Yayınları 4, 1983.
- [66] F. Kargı, Çevre Mühendisliğinde Biyoprosesler, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, 1993.
- [67] G.M. Walker, *Yeast Physiology and Biotechnology*, Wiley and Sons, İngiltere, 2000.
- [68] S. Dönmez, Endüstriyel Mikrobiyoloji, Sidas Medya Yayıncılık, 2017.
- [69] A.M. Kot, S. Błażej, A. Kurcz, I. Gientka and M. Kieliszek, *Rhodotorula glutinis*—Potential Source of Lipids, Carotenoids, and Enzymes for Use in Industries, *Applied Microbiology Biotechnology*, 100 (2016) 6103–6117.
- [70] C. Saenge, B., Cheirsilp, T.T. Suksaroge and T. Bourtoom, Potential Use of Oleaginous Red Yeast *Rhodotorula glutinis* for the Bioconversion of Crude Glycerol from Biodiesel Plant to Lipids and Carotenoids, *Process Biochemistry*, 46 (2011) 210-218.

- [71] I. Marova, M. Carnecka, A. Halienova, M. Certik, T. Dvorakova, A. Haronikova, Use of Several Waste Substrates for Carotenoid-Rich Yeast Biomass Production, *Journal of Environmental Management*, 95 (2012) 5338-5342.
- [72] J. Liu, Y. Luo, T. Guo, C. Tang, X. Chai, W. Zhao, J. Bai, and Q. Lin, Cost-Effective Pigment Production by *Monascus purpureus* Using Rice Straw Hydrolysate as Substrate in Submerged Fermentation, *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 129 (2020) 229-236.
- [73] F. Bonfiglio, M. Cagno, C.K. Yamakawa and S.I. Mussatto, Production of Xylitol and Carotenoids from Switchgrass and *Eucalyptus globulus* Hydrolysates Obtained by Intensified Steam Explosion Pretreatment, *Industrial Crops & Products*, 170 (2021) 113800.
- [74] E. Forouchi and D.J. Gunn, Some Effects on Metal Ions on the Estimation of Reducing Sugars in Biological Media, *Biotechnology Bioengineering Journal*, 25 (1983)1905-1911.
- [75] C. Tamer, A. İşci, O. Şakiyan, S. Şahin and G. Sumnu, Effect of Drying on Porous Characteristics of Orange Peel, *International Journal of Food Engineering* 12 (9) (2016) 921-928.

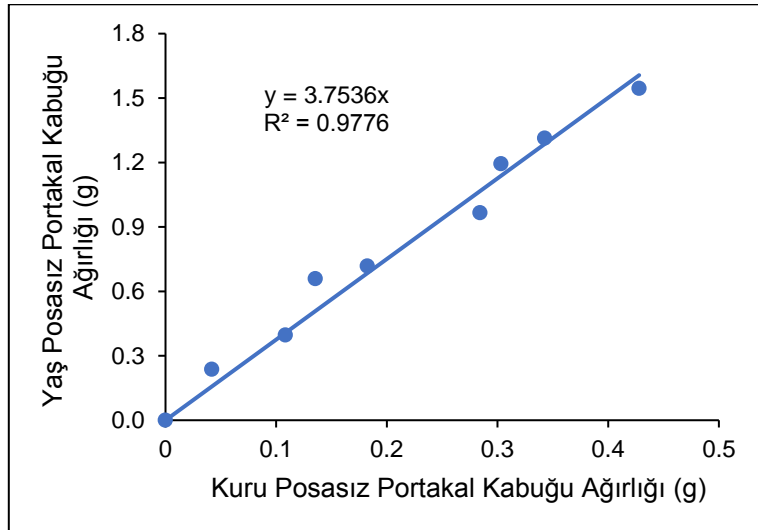
## EKLER

### EK 1. Portakal Kabuğu, Üzüm Posası ve Havuç Posası için Yaş Ağırlık–Kuru Ağırlık Çalışma Doğrularının Elde Edilmesi

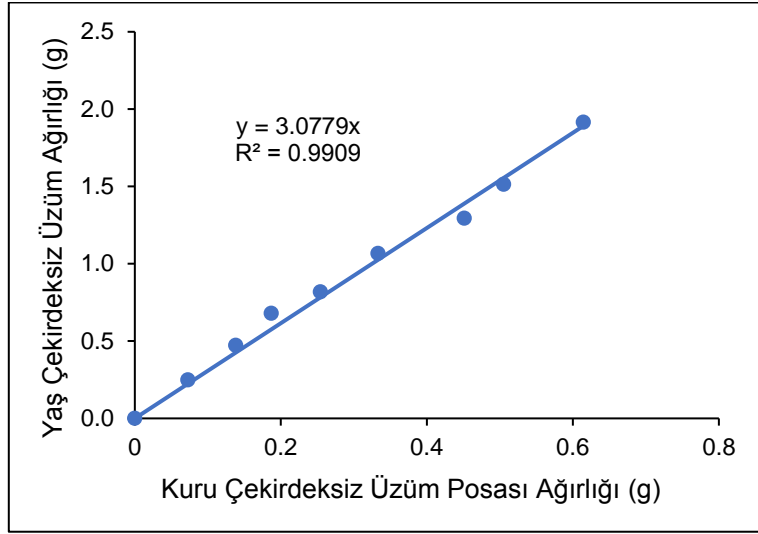
Portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası atıklarının yaş ve kuru ağırlıkları arasındaki ilişkinin bulunabilmesi için, yaş atıklar püre haline getirilmiş, farklı ağırlıklarda küçük parçalara bölünerek tartılmış ve 50°C'de sabit sıcaklıktaki etüvde sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur. Posalı portakal kabuğu, posasız portakal kabuğu, üzüm posası ve havuç posası için oluşturulan yaş ağırlık-kuru ağırlık çalışma doğruları sırasıyla Şekil EK 1.1, Şekil EK 1.2, Şekil EK 1.3 ve Şekil EK 1.4'te sunulmuştur.



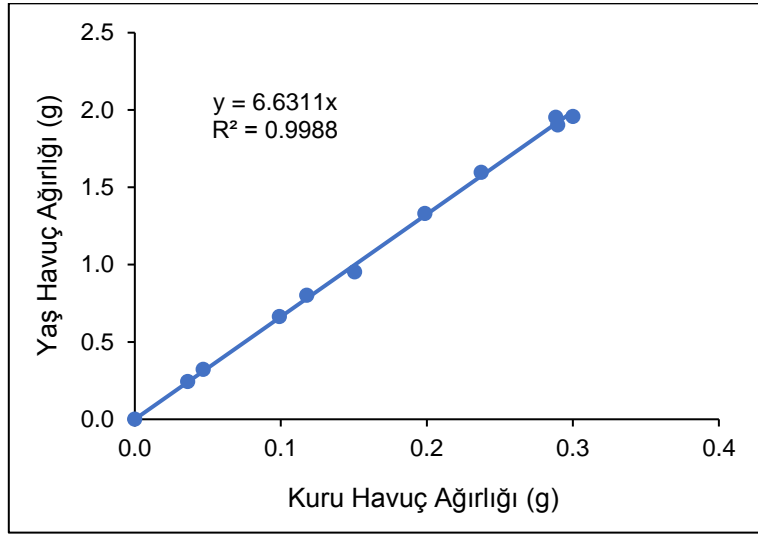
Şekil EK 1.1. Posalı portakal kabuğu için yaş-kuru ağırlık çalışma doğrusu



Şekil EK 1.2. Posasız portakal kabuğu için yaş-kuru ağırlık çalışma doğrusu



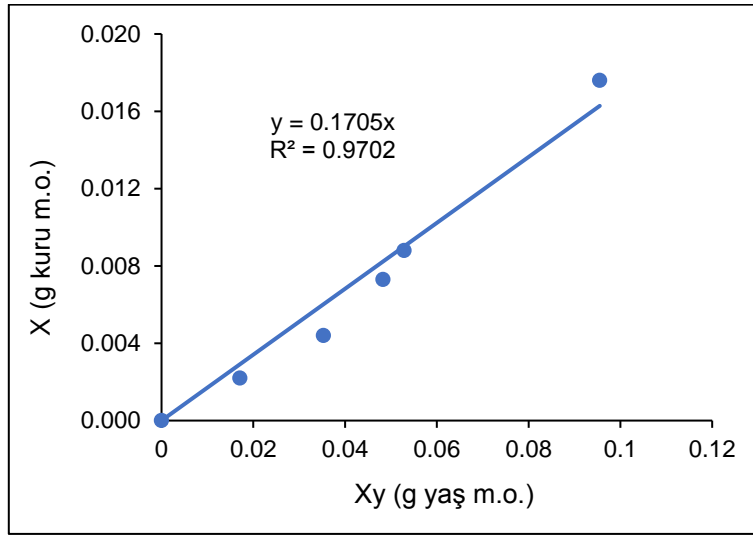
Şekil EK 1.3. Üzüm posası için yaş-kuru ağırlık çalışma doğrusu



Şekil EK 1.4. Havuç posası için yaş-kuru ağırlık çalışma doğrusu

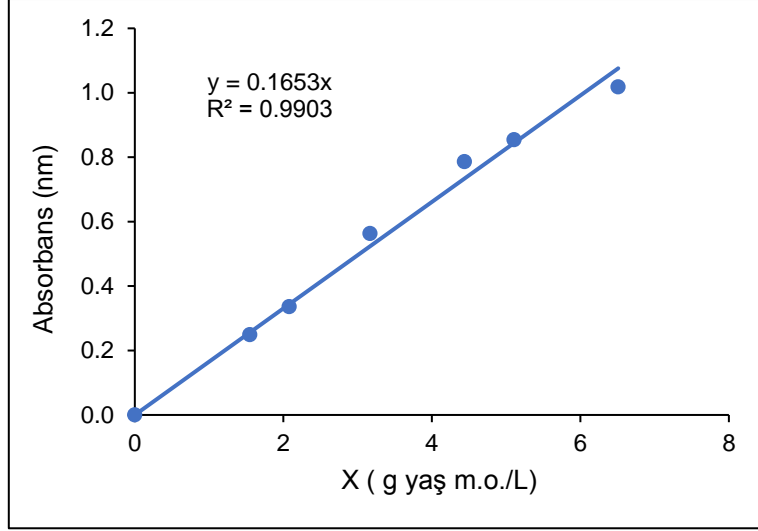
## EK 2. Mikroorganizma Derişimi Tayini

Mikrobiyal alışmalarda *R. glutinis* derişimi kuru mikroorganizma ağırlığı temelinde verildiğinden, yaş ve kuru mikroorganizma ağırlıkları arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla 30°C'da 120 rpm çalkalama hızındaki inkübatörde 72 saat süre ile üretilen mikroorganizma çözeltisi 5000 rpm'de 8 dk santrifüjlendikten sonra, katı kısım sıvı kısımdan ayrılmış ve farklı ağırlıklarda örnekler alınarak, 50°C sabit sıcaklıktaki etüvde sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur. Kuru ve yaş ağırlıkların grafiğeye geçirilmesiyle oluşturulan yaş ağırlık-kuru ağırlık çalışma doğrusu Şekil EK 2.1' de verilmiştir.



Şekil EK 1.1. *R. glutinis*'in yaş ağırlık-kuru ağırlık çalışma doğrusu

Mikrobiyal çalışmalarda herhangi bir zamandaki yaş mikroorganizma derişimini belirlemek ve çalışma doğrusunu oluşturmak için, 1-6 g/L aralığında değışen derişimlerde yaş mikroorganizma özelteleri hazırlanmış ve özeltelerin optimum dalga boyu olan 600 nm'de absorpsanları okunarak absorpsansa karşı yaş mikroorganizma derişimi grafiğeye alınmıştır. Absorpsansa karşı yaş mikroorganizma derişimi Şekil EK 2.2' de verilmiştir.



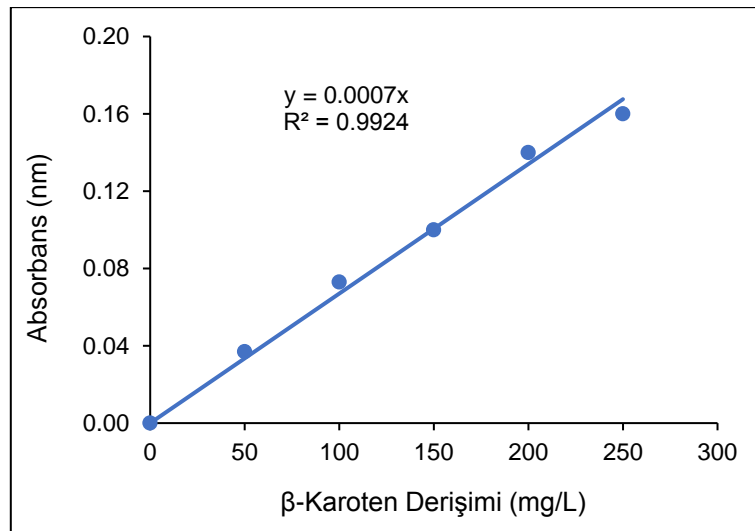
Şekil EK 1.2. *R. glutinis*'in yağ derişim çalışma doğrusu



### EK 3. $\beta$ -Karoten Derişimi Tayini

$\beta$ -karoten derişimi tayini için çalışma doğrusu elde etmek amacıyla Sigma Aldrich firmasından temin edilen 0.1 g saf  $\beta$ -karoten 100 ml aseton içinde çözülerek 1 g/L derişiminde homojen bir stok çözelti elde edilmiş ve bu çözeltiden farklı derişimlerde çözeltiler hazırlanmıştır. Çözeltilerin absorbands değerleri referans olarak aseton (% 80) kullanılarak 455 nm'de okunmuştur.  $\beta$ -karoten derişimine karşı absorbands değerlerinin grafiğe geçirilmesiyle elde edilen çalışma doğrusu Şekil EK 3.1.' de verilmiştir.

*R. glutinis* mayası  $\beta$ -karoteni hücre içi ürün olarak üretmektedir. Bu nedenle  $\beta$ -karoten derişiminin tayini için hücre içi ürünün hücre parçalanarak hücre dışına alınması gerekmektedir. Bu amaçla deney ortamından alınan 5 ml örnek 5000 rpm'de 8 dk santrüjlendikten sonra üstte kalan sıvı alınmış ve dipteki çökeleğin üzerine önce 1 damla HCL (% 37'lik) damlatılarak 10 sn vortek karıştırıcı ile karıştırılmış, üzerine 2.5 mL aseton (% 80) eklenerek tekrar vorteks karıştırıcı ile karıştırıldıktan sonra ortam sıcaklığında karanlık ortamda 24 saat bekletilmiştir. Daha sonra tekrar santrifüjlenmiş ve üste kalan sıvı kısımlar UV spektrofotometrede 455 nm'de referans olarak % 80'lik aseton çözeltisi kullanılarak absorbands ölçülmüştür.  $\beta$ -karoten çalışma doğrusu kullanılarak örneklerdeki  $\beta$ -karoten derişimleri tayin edilmiştir.



Şekil EK 3.1.  $\beta$ -karoten çalışma doğrusu

#### **EK 4. Toplam İndirgen Şeker Derişimi Tayini**

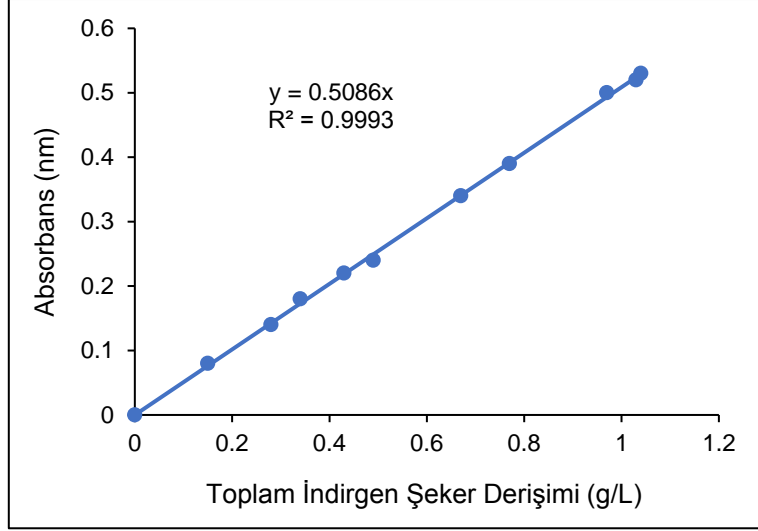
Sentetik ve gıda atıklarından hazırlanan besin ortamlarındaki toplam indirgen şeker (TİŞ) derişimi tayini Miller yöntemiyle spektrofotometrik olarak yapılmıştır [74]. TİŞ derişim tayini için çalışma doğrusu elde etmek amacıyla farklı derişimlerde hazırlanan glikoz çözeltileri hazırlanmış ve Miller yöntemi uygulanarak elde edilen derişime karşı absorbans değerleri grafiğe geçirilerek hazırlanan TİŞ derişimi çalışma doğrusu Şekil EK 4.1'de verilmiştir.

TİŞ derişimi tayini için kullanılan çözeltiler;

DNS Çözeltisi: 10 g 3.5 dinitro salisilik asit, 10 g sodyum hidroksit ve 1.6 g fenol 1 L damıtık suda çözülmüştür. Bu çözeltinin 100 ml'sine çözeltiyi kullanmadan önce 1ml % 1'lik sodyum sülfid ilave edilmiştir.

Rochella Tuzu Çözeltisi: 400 g potasyum sodyum tartarat 1 L damıtık suda çözülmüştür.

Besin ortamından alınan örnek santrifüjlenerek, sıvı kısım 1.5 ml hacmindeki cam deney tüpüne alınmış, üzerine 1.5 ml DNS çözeltisi eklenmiş, tüpün ağzı streç film ile kapatılmış ve kaynamakta olan suyun içine konularak 10 dk süreyle kaynayan suyun içinde bekletilmiştir. Daha sonra örneğe 0.5 ml Rochella tuzu çözeltisi eklenerek oda sıcaklığına gelmesi beklenmiş ve UV spektrotometrede referans olarak damıtık su kullanılarak 575 nm'de absorbans değeri ölçülmüş ve TİŞ derişimi çalışma doğrusu kullanılarak TİŞ derişimi tayin edilmiştir.



Şekil EK 4.1. Toplam indirgen şeker (TİŞ) derişimi çalışma doğrusu