

**ÇEŞİTLİ BİTKİ GELİŞİM DÜZENLEYİCİLERİ İÇEREN
BİYOBOZUNUR HİDROJEL SİSTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ
VE TARIMSAL UYGULAMALARI**

AYHAN EKMEKCİ

**DOKTORA TEZİ
KİMYA**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2012

ANKARA

Ayhan EKMEKÇİ tarafından hazırlanan “ÇEŞİTLİ BİTKİ GELİŞİM DÜZENLEYİCİLERİ İÇEREN BİYOBOZUNUR HİDROJEL SİSTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE TARIMSAL UYGULAMALARI” adlı bu tezin doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mehlika PULAT

.....

Tez Danışmanı, Kimya Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği/ oy çokluğu ile Kimya Anabilim Dalında Yüksek Lisans/Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mehmet SAÇAK

.....

Kimya Anabilim Dalı, A.Ü.

Prof. Dr. Mehlika PULAT

.....

Kimya Anabilim Dalı, G.Ü.

Prof. Dr. Meral Karakışla Şahin

.....

Kimya Anabilim Dalı, A.Ü.

Doç. Dr. Gülsen ASMAN

.....

Kimya Anabilim Dalı, G.Ü.

Yrd. Doç. Dr. Hayrettin TÜMTÜRK

.....

Kimya Anabilim Dalı, G.Ü.

Tarih:

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans/Doktora derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Ayhan EKMEKÇİ

**ÇEŞİTLİ BİTKİ GELİŞİM DÜZENLEYİCİLERİ İÇEREN BİYOBOZUNUR
HİDROJEL SİSTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE TARIMSAL
UYGULAMALARI
(Doktora Tezi)**

Ayhan EKMEKÇİ

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Temmuz 2012**

ÖZET

Sunulan çalışmada, glutaraldehit (GA) çapraz bağlayıcısı kullanılarak sentezlenen bir seri jelâtin/kitosan hidrojelinin tarımsal amaçlı kullanılabilirliği araştırıldı. Farklı jelâtin/kitosan oranlarında hazırlanan hidrojel örneklerinin jelleşme yüzdeleri ve şişme/bozunma davranışları incelendi. Hazırlanan hidrojel örneklerinin yüksek değerlerde jelleşebildikleri ve jelleşme oranlarının kitosan miktarındaki artışa bağlı olarak bir miktar düştüğü saptandı.

Hidrojellerin zamanla şişme davranışları Britton-Robinson tampon (BRT) çözeltisinde ($\text{pH}=7,0$) incelendi. Tüm hidrojellerin şişme değerlerinin zamanla arttığı ve yaklaşık 24 saatte denge şişme değerine ulaştığı gözlemlendi. Kitosan miktarı arttıkça şişme değerlerinin zamanla azaldığı ve 30°C , $\text{pH}=7,0$ 'da en çok şişen hidrojelin jelâtin miktarı en fazla olan hidrojel olduğu saptandı.

Hidrojellerin şişme davranışlarının sıcaklıkla değişimi sabit pH da $4-50^{\circ}\text{C}$ arasında incelendi. Sıcaklık artışıyla şişme değerlerinin arttığı ve 40°C 'de en yüksek değerine ulaştığı gözlemlendi.

Hidrojel örneklerin şişme davranışlarının pH ile değişimi incelendi. Jelâtin içeriği fazla olan hidrojellerin düşük pH değerlerinde çok şiştiği, pH arttıkça şişme değerlerinin düştüğü ve pH=5,0'den sonra yeniden yükseldiği gözlemlendi. Hidrojellerde kitosan miktarı arttıkça, şişme değerlerinin ortam pH'sından etkilenmediği saptandı.

Hidrojellerin bozunma davranışları 30°C'de ve pH=7,0'da zamana karşı incelendi. En az miktarda kitosan içeren hidrojinin 20 günde, kitosan miktarı en fazla olan hidrojinin ise yaklaşık olarak 76 günde tamamen bozunduğu gözlemlendi.

Jelâtin-kitosan hidrojellerin tarımsal uygulamaları üç aşamada incelendi. İlk aşamada farklı şişme değerlerine sahip JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojelleri seçildi. Bu hidrojellere salisilik asit (SA) ve gibberellik asit (GA_3) yüklemesi yapıldı. SA salımının hidrojellerde 3 ile 18 gün arasında, GA_3 salımının ise 24 ile 60 saat arasında tamamlandığı belirlendi. İkinci aşamada, seçilen hidrojellerin toprak ortamındaki salım miktarlarını ölçmek amacıyla bir model olabileceği düşünülen kesikli salım çalışması gerçekleştirildi. Bu çalışmada daha yavaş salım gerçekleştiren JK-11 ve JK-15 hidrojelleri seçildi. JK-15 hidrojelinden SA'nın ve GA_3 'ün kesikli salımının JK-11 hidrojeline göre daha yavaş gerçekleştiği saptandı. Çalışmanın üçüncü aşamasında ise SA ve GA_3 yüklü JK serisi hidrojellerin tarımsal alanlarda kullanımının araştırılması amaçlandı. Şişme ve salım deneyleri sonuçlarından farklı değerlere sahip üç tür hidrojel kullanılmasına karar verildi. Farklı miktarlarda SA ve GA_3 yüklü bir seri JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojeli hazırlandı. Ayrıca, SA yüklü JK-11 ve JK-15 hidrojelleriyle domates tohumu; GA_3 yüklü JK-11 ve JK-15 hidrojelleriyle ise ateş çiçeği ve yabani patlıcan tohumları kaplandı. Tüm örneklerin tohumlarda fide çıkışına etkileri incelendi. GA_3 yüklü jelâtin hidrojellerin yabani patlıcan tohumu fide çıkışına çok olumlu etkileri olduğu saptandı.

Bilim Kodu : 201.1.117

Anahtar Kelimeler : Hidrojel, jelatin, kitosan, kontrollü salım, salisilik asit, gibberellik asit

Sayfa Adedi : 137

Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Mehlika PULAT

**PLANT GROWTH REGULATORS BIODEGRADABLE HYDROGELS
CONTAINING VARIOUS SYSTEMS DEVELOPMENT AND
AGRICULTURAL APPLICATIONS
(PhD Thesis)**

Ayhan EKMEKCI

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE
July 2012**

ABSTRACT

In the present work, a serie of the gelatin / chitosan hydrogel synthesized by using glutaraldehyde (GA) cross-linker was researched for agricultural purposes. Percentage of gelation and swelling / decomposition behaviors of hydrogel samples that prepared in different rates of gelatin-chitosan, were examined. Prepared hydrogel samples can be gel in high values and rates of their gelation somewhat decreasing based on increasing in chitosan amount were determined.

Swelling behaviors of hydrogels with time were examined in solution of Britton-Robinson buffer (pH=7,0).The swelling values of all hydrogels increasing with time and reaching a stability level of swelling value in about 24 hours were observed. When increasing the amount of chitosan, the swelling value is decreased with time, and according to our findings, the most swelling hydrogel at 30 °C, pH = 7.0 is included more amount of gelatin.

Variation of the swelling behavior of hydrogels with temperature was examined in constant pH among 4-50 °C. It was observed that swelling

values increase with increasing temperature, and reaching the highest value at 40 °C.

Variation of the swelling behavior of hydrogel samples with pH was examined. It was observed that hydrogels which includes more gelatin content, were very swollen at low pH values, when increasing pH, swelling values were decreased, and were raised at the beginning from pH = 5.0 again. Also, when increasing chitosan amount in hydrogels, the values of swelling did not effect from the pH of medium.

Decomposition behaviors of hydrogels were evaluated at 30°C and pH = 7.0 against time. It was observed that the hydrogel which includes minimum amount of chitosan, was decomposed in 20 days, while the hydrogel which maximum amount of chitosan, was decomposed approximately 76 days.

Agricultural practices of gelatin-chitosan hydrogels were evaluated in three stages. In the first stage, JK-7, JK-11 and JK-15 hydrogels that have different values of swelling, was selected. Salicylic acid (SA) and gibberellic acid (GA₃) to these hydrogels was loaded. It was determined that hydrogels were completed releasing SA among 3 and 18 days, and releasing GA₃ among 24 and 60 hours. In the second stage, study of intermittent release as a putative model was realized to measure releasing amounts of hydrogels in the soil. For this work, JK-11 and JK-15 hydrogels that have slower releasing, was selected. Intermittent releasing of SA and GA₃ from hydrogel of JK-15 is slower than that of JK-11 hydrogel. In the third stage of the study, SA and GA₃ that incarcerated in the hydrogels of JK serie, was aimed to use of agricultural areas. As a result of the experiments of swelling and releasing has decided to use three types of hydrogels that have different values. A serie of JK-7, JK-11 and JK-15 hydrogels that included different amounts of SA and GA₃, was prepared. In addition,

tomato seeds with JK-11 and JK-15 hydrogels that loaded SA, and scarlet sage (*Salvia*) and wild eggplant seeds with JK-11 and JK-15 hydrogels that loaded GA₃, were covered. Effects of hydrogels to the output of seedlings in the seeds were investigated in all samples. Gelatin hydrogels with loaded GA₃ were determined very productive to the output of seedlings in wild eggplant seeds.

Science Code : 201.1.117
Key Words : Hydrogel, gelatin, chitosan, controlled release
salicylic acid, gibberellic acid
Page Numbers : 137
Adviser : Prof. Dr. Mehlika PULAT

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımın her aşamasında bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren, tezimin yönlendirilmesi ve yürütülmesi sırasında büyük emeği geçen ve yakın ilgisiyle beni sürekli destekleyen sayın hocam Prof. Dr. Mehlika PULAT'a,

Çalışmamızda katkıda bulunan Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümünden Prof.Dr.İbrahim DEMİR ve Doktora öğrencisi Tuba ÇELİKKOL'a,

Doktora eğitimim boyunca desteklerini hep hissettiğim sevgili arkadaşlarım Berfu ARIKAN, Nilgün UĞURLU, Neşe YOLTAY ve Mehmet KIPIK'a,

Her türlü zorlukta yanımda olan, bana daima güvenen, desteklerini ve sevgilerini hiçbir zaman esirgemeyen canım aileme,

Ve tabi ki doktora eğitimim süresince bana moral desteği veren ve beni yüreklendiren sevgili eşim Havva EKMEKÇİ' ye teşekkürlerimi bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iv
ABSTRACT	vii
TEŞEKKÜRLER.....	x
İÇİNDEKİLER	xi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xvi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xvii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xx
SİMGELER VE KISALTMALAR	xxii
1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Bitki Besleme ve Bitki Besin Elementleri	4
2.2. Gübreler ve Sınıflandırılmaları	7
2.3. Bitki Gelişim Düzenleyicileri	13
2.3.1. Oksinler	18
2.3.2. Sitokininler	20
2.3.3. Gibberellinler	21
2.3.4. Absisik asit	24
2.3.5. Etilen	25
2.4. Hidrojeller.....	26
2.4.1.Hidrojellerin sınıflandırılması	27
2.4.2. Hidrojellerde şişme kavramı	31
2.4.3. Hidrojellerin şişmesini etkileyen faktörler	33

Sayfa

2.5. Kontrollü Salım Sistemleri	36
2.6. Tarımsal Uygulamalarda Kontrollü Salımın Yeri	38
2.7. Çalışmalarda Kullanılan Temel Kimyasal Maddeler ve Tohumlar Hakkında Temel Bilgiler.....	41
2.7.1. Jelatin.....	41
2.7.2. Kitosan	42
2.7.3. Gluteraldehit	43
2.7.4. Salisilik asit.....	44
2.7.5. Gibberellik asit.....	45
2.7.6. Tohumlar	46
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	49
3.1. Kullanılan Kimyasal Maddeler ve Cihazlar	49
3.2. Hidrojellerin Hazırlanması	50
3.2.1. Jelâtin kürelerin hazırlanması	50
3.2.2. Kitosan kürelerin hazırlanması	51
3.2.3. Jelâtin hidrojellerin hazırlanması	52
3.2.4. Jelatin-kitosan hidrojellerin hazırlanması.....	53
3.3. JK Serisi Hidrojellerin Jelleşme Yüzdelерinin Gravimetrik Olarak Tayini	55
3.4. Hidrojellerinin Şişme Davranışlarının Tayini.....	55
3.4.1. Hidrojellerin şişme değerlerinin zamanla değişiminin incelenmesi	55
3.4.2. JK serisi hidrojellerin şişme değerlerinin sıcaklıkla değişiminin incelenmesi	56

Sayfa

3.4.3. JK serisi hidrojellerin şişme değerlerinin pH ile değişiminin incelenmesi	56
3.5. JK Serisi Hidrojellerinin Bozunma Davranışlarının Tayini	57
3.6. GA ₃ ve SA Salım Davranışları	57
3.6.1. GA ₃ 'ün UV-spektrofotometrik analizi	57
3.6.2. JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerine GA ₃ yüklenmesi	59
3.6.3. GA ₃ salımının UV-spektrofotometresi ile tayini	59
3.6.4. SA'nın UV-spektrofotometrik analizi	60
3.6.5. JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerine SA yüklenmesi	61
3.6.6. SA salımının UV-spektrofotometresi ile tayini	62
3.7. GA ₃ 'ün ve SA'nın Kesikli Salımının UV-Spektrofotometresi ile Tayini	62
3.7.1. GA ₃ 'ün kesikli salımının UV-spektrofotometresi ile tayini	63
3.7.2. SA'nın kesikli salımının UV-spektrofotometresi ile tayini	63
3.8. Tarımsal Uygulamalarda Kullanılabilecek JK Hidrojellerin Hazırlanması	63
3.8.1. GA ₃ yüklü hidrojellerin hazırlanması	64
3.8.2. GA ₃ yüklü tohum içeren hidrojellerin hazırlanması	64
3.8.3. SA yüklü hidrojellerin hazırlanması	65
3.8.4. SA yüklü tohum içeren hidrojellerin hazırlanması	65
3.8.5. GA ₃ yüklü JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerinin fide çıkışına etkisinin araştırılması	66
3.8.6. GA ₃ yüklü tohum içeren JK-11 ve JK-15 hidrojellerinin fide çıkışına etkisinin araştırılması	66
3.8.7. SA yüklü JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerinin fide çıkışına etkisinin araştırılması	67

Sayfa

3.8.8. SA yüklü tohum içeren JK-11 ve JK-15 hidrojjellerine hidrojjellerinin fide çıkışına etkisinin araştırılması	67
4. DENEYSEL BULGULAR VE YORUM	68
4.1. JK Serisi Hidrojjellerin Üretimi ve Jelleşme Yüzdeleri Sonuçları.....	68
4.2. Hidrojjellerin Şişme Deneylerinin Sonuçları	72
4.2.1. Jelâtin kürelerin şişme değerlerinin zamanla değişimi	72
4.2.2. Kitosan kürelerin şişme değerlerinin zamanla değişimi.....	73
4.2.3. Jelâtin hidrojjellerin şişme davranışlarının zamanla değişimi....	74
4.2.4. JK serisi hidrojjellerin şişme davranışlarının zamanla değişimi	75
4.2.5. JK serisi hidrojjellerin şişme değerlerinin sıcaklıkla değişimi	77
4.2.6. JK serisi hidrojjellerin şişme değerlerinin pH ile değişimi.....	79
4.3. JK Serisi Hidrojjellerin Bozunma Davranışları	81
4.4. JK-7, JK-11 ve JK-15 Hidrojjellerinden GA ₃ Salımı.....	83
4.5. JK-7, JK-11 ve JK-15 Hidrojjellerinden SA Salımı	84
4.6. JK-11 ve JK-15 Hidrojjellerinden GA ₃ 'ün Kesikli Salımı	85
4.7. JK-11 ve JK-15 Hidrojjellerinden SA' nın Kesikli Salımı.....	86
4.8. GA ₃ ve SA'nın Fide Çıkışına Etkisi	87
4.8.1. GA ₃ yüklü JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojjellerinin yabani patlıcan tohumunda fide çıkışına etkisi.....	88
4.8.2. GA ₃ yüklü JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojjellerinin ateş çiçeği tohumunda fide çıkışına etkisi.....	90
4.8.3. SA yüklü JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojjellerinin domates tohumunda fide çıkışına etkisi.....	92
4.8.4. SA yüklü JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojjellerinin biber tohumunda fide çıkışına etkisi.....	94

Sayfa

4.8.5. GA ₃ ve SA yüklü ve tohum içeren JK-11 ve JK-15 hidrojenlerinin fide çıkışına etkisi	96
5.SONUÇLAR	97
KAYNAKLAR	100
EKLER.....	113
EK-1. Tarımsal terimler sözlüğü	114
EK-2. pH=2,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,4; 8,0; 10,0; 12,0; Britton–Robinson tampon (BRT) çözeltilerinin hazırlanması	115
EK-3. Jelatin kürelerin ortalama şişme (%) değerlerinin zamanla değişimi sonuçları	116
EK-4. Kitosan kürelerin ortalama şişme (%) değerlerinin zamanla değişimi sonuçları	117
EK-5. Jelatin hidrojenlerinin ortalama şişme (%) değerlerinin zamanla değişimi grafiği	118
EK-6. JK serisi hidrojenlerinin ortalama şişme (%) değerlerinin zamanla değişimi sonuçları	119
EK-7. JK serisi hidrojenlerinin ortalama şişme (%) değerlerinin zamanla değişimi sonuçları	120
EK-8. JK serisi hidrojenlerinin ortalama % şişme değerlerinin sıcaklıkla değişim sonuçları	122
EK-9. JK serisi hidrojenlerinin ortalama % şişme değerlerinin sıcaklıkla değişim sonuçları	123
EK-10. JK serisi hidrojenlerinin ortalama % şişme değerlerinin pH değişim sonuçları	124
EK-11. JK serisi hidrojenlerinin ortalama % şişme değerlerinin pH değişim sonuçları	125
EK-12. JK serisi hidrojenlerinin zamana karşı ortalama % bozunma (% kütle kaybı) değerlerinin sonuçları	126
EK-13. JK serisi hidrojenlerinin zamana karşı ortalama % bozunma (% kütle kaybı) değerlerinin sıcaklıkla değişim sonuçları	128
EK-14. JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojenlerinden GA ₃ 'ün zamana karşı salım (%) değerleri	132
EK-15. JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojenlerinden SA'nın zaman karşı salım (%) değerleri	134
EK-16. JK-11 ve JK-15 hidrojenlerinden GA ₃ 'ün zaman karşı kesikli salım (%) değerleri	135
EK-17. JK-11 ve JK-15 hidrojenlerinden SA'nın zaman karşı kesikli salım (%) değerleri	136
ÖZGEÇMİŞ	137

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Bitkiler için mutlak gerekli besin elementlerinin bitkideki ortalama miktarları	5
Çizelge 2.2. BGD'lerin başlıca etkileri	18
Çizelge 2.3. Hidrojellerin sınıflandırılması	28
Çizelge 3.1. Jelâtin hidrojellerin hazırlanmasında kullanılan maddelerin miktarları	53
Çizelge 3.2. Jelatin – kitosan hidrojellerin bileşen miktarları	54
Çizelge 4.1. JK serisi hidrojellerin jelleşme yüzdeleri	71
Çizelge 4.2. GA ₃ yüklü hidrojellerin fide çıkışına etkileri (%) (K:kontrol, Y: GA ₃ yüklü hidrojel)	88
Çizelge 4.3. GA ₃ yüklü hidrojellerin fide çıkışına etkileri (%) (K:kontrol, Y: GA ₃ yüklü hidrojel)	91
Çizelge 4.4. SA yüklü hidrojellerin fide çıkışına etkileri (%) (K:kontrol, Y: SA yüklü hidrojel)	93
Çizelge 4.5. SA yüklü hidrojellerin fide çıkışına etkileri (%) (K:kontrol, Y: SA yüklü hidrojel)	95

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Bitki besin elementleri	4
Şekil 2.2. Temel bitki besin elementlerinin sınıflandırılması	6
Şekil 2.3. Gübrelerin sınıflandırılması	8
Şekil 2.4. BGD'lerin sınıflandırılması.....	17
Şekil 2.5. Oksinlerin bitki gelişimine etkisi	19
Şekil 2.6. Gibberellinlerin etkisi ile embriyodan fide oluşumu.....	22
Şekil 2.7. Çapraz bağlı hidrojinin yapısı	26
Şekil 2.8. Kimyasal hidrojinlerin oluşum tepkimeleri.....	30
Şekil 2.9. IPN tipi hidrojinlerin türleri	31
Şekil 2.10. Şişmiş bir hidrojindeki suyun bulunma çeşitleri	33
Şekil 2.11. pH duyarlı anyonik ve katyonik hidrojinlerin şişmesi.....	35
Şekil 2.12. Çeşitli ilaç salım biçimlerinin etken madde kan düzeyi-zaman eğrileri türleri	36
Şekil 2.13. Kontrollü salım sistemlerinin sınıflandırılması	37
Şekil 2.14. Şişme kontrollü salım sistemlerinin şematik görünümü	38
Şekil 2.15. Kontrollü salım teknolojisi ile gübreleme etkisi	39
Şekil 2.16. Kontrollü salım formülasyonunun toprakta madde salımı	40
Şekil 2.17. Jelâtinin kimyasal yapısı.....	42
Şekil 2.18. Kitinden kitosan eldesi.....	43
Şekil 2.19. GA'nın kimyasal yapısı ve kimyasal reaksiyonu	44
Şekil 2.20. SA'nın kimyasal yapısı	44

Şekil	Sayfa
Şekil 2.21. GA ₃ 'ün kimyasal yapısı	45
Şekil 3.1. GA-yağ emülsiyon sisteminde jelatin kürelerin elde edilşinin şematik gösterimi.....	51
Şekil 3.2. TPP çözeltisinde kitosan kürelerin elde edilşinin şematik gösterimi	52
Şekil 3.3. 70 mg/mL GA ₃ çözeltisinin 190–400 nm arasındaki tam spektrumu	58
Şekil 3.4. GA ₃ kalibrasyon doğrusu ($\lambda_{\max} = 305 \text{ nm}$)	59
Şekil 3.5. 45 µg/mL SA çözeltisinin 190–400 nm arasındaki tam spektrumu	60
Şekil 3.6. SA kalibrasyon doğrusu ($\lambda_{\max} = 300 \text{ nm}$).....	61
Şekil 3.7. Etken madde yüklü hidrojel hazırlanmasının ve salım çalışmasının şematik gösterimi.....	62
Şekil 4.1. Jelâtin ve kitosan polimerleri arasında GA ile çapraz bağlanma tepkimesinin şematik gösterimi	68
Şekil 4.2. Jelatinin GA ile tepkime mekanizması.....	69
Şekil 4.3. Jelatin kürelerin ortalama şişme (%) değerlerinin zamanla değışimi grafiğı (30°C; pH=7,0)	72
Şekil 4.4. Kitosan kürelerin ortalama şişme (%) değerlerinin zamanla değışimi grafiğı (30°C; pH=7,0)	73
Şekil 4.5. Jelatin hidrojellerin ortalama şişme (%) değerlerinin zamanla değışimi grafiğı (30°C; pH=7,0)	74
Şekil 4.6. JK serisi hidrojellerin ortalama şişme (%) değerlerinin zamanla değışimi grafiğı (30°C; pH=7,0)	75
Şekil 4.7. JK serisi hidrojellerin ortalama şişme (%) değerlerinin zamanla değışimi grafiğı (30°C; pH=7,0)	76
Şekil 4.8. JK serisi hidrojellerin ortalama şişme (%) değerlerinin sıcaklıkla değışimi grafiğı (pH=7,0; 24 saat)	78

Şekil	Sayfa
Şekil 4.9. JK serisi hidrojellerin ortalama şişme (%) değerlerinin sıcaklıkla değişimi grafiği (pH=7,0; 24 saat)	78
Şekil 4.10. JK serisi hidrojellerin ortalama şişme (%) değerlerinin pH ile değişimi grafiği (30°C; 24 saat)	79
Şekil 4.11. JK serisi hidrojellerin ortalama şişme (%) değerlerinin pH ile değişimi grafiği (30°C; 24 saat)	80
Şekil 4.12. JK serisi hidrojellerin ortalama bozunma (%) değerlerinin zamanla değişimi grafiği (30°C; pH=7,0)	82
Şekil 4.13. JK serisi hidrojellerin ortalama bozunma (%) değerlerinin zamanla değişim grafiği (30°C;pH=7,0)	82
Şekil 4.14. JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerinden GA ₃ salımının zamanla değişimi grafiği.....	84
Şekil 4.15. JK-7,JK-11 ve JK-15 hidrojellerinden SA salımının zamanla değişimi grafiği.....	85
Şekil 4.16. JK-11 ve JK-15 hidrojellerinden kesikli GA ₃ salımının zamanla değişimi grafiği.....	86
Şekil 4.17. JK-11 ve JK-15 hidrojellerinden SA salımının zamanla değişimi grafiği.....	87

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Bitkilerde görülen azot eksikliğinin belirtileri.....	10
Resim 2.2.Bitkide görülen fosfor eksikliğinin belirtileri.....	11
Resim 2.3.Bitkide görülen potasyum eksikliğinin belirtileri	12
Resim 2.4. BGD'lerin bitkiye uygulama yolları a) Püskürtme b) Fertigasyon c) Enjeksiyon.....	16
Resim 2.5. Sitokininlerin bitkilerde yaprak gelişimine etkileri	20
Resim 2.6. Gibberellinlerin bitki gelişimine etkisi.a) Kontrol grubu b) Gibberellin uygulaması yapılmış örnek	23
Resim 2.7. Gibberellinlerin üzümde tane iriliğine etkisi. Sol taraftaki örneğe gibberellin uygulaması yapılmıştır	23
Resim 2.8. ABA'nın bitki gelişimini engelleyici etkisi: a) Kontrol grubu b) ABA uygulaması yapılmış örnek	24
Resim 2.9. Etilenin muzun sarartılmasına etkisi.....	25
Resim 2.10. Aktif maddenin a) Polimer matriksin zamanla aşınmasıyla b) Mikrobiyal etkinlikler ile c) Difüzyon ile salımı	41
Resim 2.11. Yabani patlıcan bitkisi	46
Resim 2.12. Ateş çiçeği bitkisi.....	48
Resim 3.1.GA ₃ yüklü iki farklı tohumlu hidrojellerin a) Kap içerisindeki b) Kesilmiş ve c) Kuru halleri.....	65
Resim 3.2. SA yüklü hidrojeller ve tohumların yerleştirilmesi a)Kontrol grubu b) Hidrojel uygulanmış örnek.....	67
Resim 4.1. JK hidrojellerinin a) Tüp içerisindeki b) Kuru ve c) Şişmiş halleri	70
Resim 4.2. GA ₃ yüklü JK-11 hidrojelinin yabani patlıcan tohumunda fide çıkışına etkisi a) Kontrol grubu b) 0,5 mg GA ₃ c)1,0 mg GA ₃	89

Resim	Sayfa
Resim 4.3. GA ₃ yüklü JK-15 hidrojelinin yabani patlıcan tohumunda fide çıkışına etkisi a) Kontrol grubu b) 2,5 mg GA ₃ c) 10,0 mg GA ₃	90
Resim 4.4. GA ₃ yüklü JK-11 hidrojelinin ateş çiçeği tohumunda fide çıkışına etkisi a) Kontrol grubu b) 0,5 mg GA ₃ c) 1 mg GA ₃	92
Resim 4.5. SA yüklü JK-7 hidrojelinin domates tohumunda fide çıkışına etkisi a) Kontrol grubu b) 5 mg SA	94
Resim 4.6. SA yüklü JK-7 hidrojelinin biber tohumunda fide çıkışına etkisi a) Kontrol grubu b) 1 mg SA	96

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
m_i	Kuru hidrojel kütlesi
m_s	Şişmiş hidrojel kütlesi
m	Şişmiş jel disk kütlesi
m_o	Şişmemiş jel disk kütlesi
M_d	Hidrojellerin 24 saat sonunda en çok şişmiş halinin kütlesi
M_t	Bozunmakta olan hidrojellerin t anındaki kütlesi
Kısaltmalar	Açıklama
BRT	Britton-Robinson tamponu
GA	Glutaraldehit
GA ₃	Gibberellik asit
SA	Salisilik asit

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun sürekli artması, yeni yerleşim yerlerinin açılması ve yeni sanayi alanlarının kurulması gibi nedenlerle tarıma elverişli alanlar giderek azalmıştır. Bu durum insanların tarım ürünlerine talebini de aynı oranda artırmıştır. Artan bu besin talebi tarımsal üretimi artırıcı tekniklerin uygulamasını gerektirmiş ve gerçekleştirilen teknolojik gelişmelerle birim alandan daha fazla verim elde edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla kullanılan çeşitli kimyasallar, suni gübreler, hormonlar ve tarım ilaçları insan sağlığını ve çevre koşullarını olumsuz yönde etkilemiştir. Bunun üzerine uzun dönemde insan sağlığı ve doğal kaynakların korunmasının yanı sıra, çevreye zarar vermeyen tarımsal teknolojilerin kullanıldığı “tarımda sürdürülebilirlik” anlayışı benimsenmiştir [1]. Sürdürülebilir tarım, uzun vadeli, çevreyi ve doğal kaynakları koruyan, insan ve hayvan sağlığı bakımından daha güvenilir, üretken ve karlı tarım sistemlerinin oluşturulmasıdır. Sürdürülebilir tarım uygulamalarında ortak noktalar şu şekilde sıralanabilir: Yabancı ot, hastalık ve zararlı popülasyonların kontrolü, toprak erozyonunun engellenmesi, tarımda kullanılan kimyasalların yüzey ve yeraltı su kaynaklarını kirletme riskinin azaltılması, yeşil gübreler, çiftlik gübreleri gibi organik gübrelerin kullanımının yaygınlaştırılması, doğal veya sentetik hormon kullanımının insanlara, hayvanlara ve çevreye zarar vermeyecek şekilde düzenlenmesi. [2].

Tarımsal üretimi artırmak için tarım ilaçları ve gübreler yanısıra bitki büyüme hormonları da yoğun olarak kullanılmaktadır. Bitki hormonları bitkideki bir veya daha fazla fizyolojik olayı kontrol veya modifiye eden, doğal ya da sentetik organik bileşiklerdir. Bu hormonlara “Bitki Gelişim Düzenleyicileri” (BGD) denir. Bazı hormonlar, fizyolojik tepkiler oluşturacağı bir dokuda üretilip diğerlerine transfer edilirken, bazıları ise aynı dokuda üretilip orada işlev gösterirler. Bir kısım hormonlar bitkilerde teşvik edici etkide bulunurken, diğer bir kısmı ise engelleyici etkide bulunur [3,4]. Ürün miktarı ve kalitesini arttırmak amacıyla tarımsal kullanımı teşvik edilen doğal veya sentetik

BGD'lerin kontrolsüz ve bilinçsiz bir şekilde aşırı miktarlarda kullanımı neticesinde, ürünlerde oluşan kalıntılar insan ve çevre sağlığı üzerinde çeşitli toksik etkilere neden olmaktadır. BGD'ler canlı sistemden tamamen atılamayıp organlarda depolanmakta ve fonksiyon bozukluklarına neden olmaktadır [5]. Tarımsal alanda BGD'lerin etkinliğini artırmak ve bitkilerin yüksek oranda yararlanmalarını sağlamak, kayıpları en aza indirip çevre üzerinde ortaya çıkabilecek olumsuzlukları azaltacaktır. Bunu sağlayacak yöntemlerden biri olarak BGD'lerin kontrollü bir biçimde toprağa verilmesi düşünülebilir. Böylelikle BGD'lerin etkinliğinin artırılması ve çevre kirliliğinin en aza indirilmesi sağlanabilir.

Jelâtin biyolojik olarak üretilen ve benzersiz işlevsel özelliklere sahip olan doğal ve biyobozunur bir polimerdir. Bu polimer hayvan derisinin, kemiğinin ve bağlayıcı dokuların temelini oluşturan, lifli bir protein olan kollajenin, termal bozunmasıyla elde edilir [6]. Biyobozunur olmasından ve toksik özelliğe sahip olmamasından dolayı eczacılıktan, gıda endüstrisine; endüstriyel uygulamalardan tıbbi alanlara kadar yaygın olarak kullanılır. Jelâtin sahip olduğu bu olumlu özelliklere karşın düşük mekanik kararlılığa sahiptir; ancak fiziksel veya kimyasal olarak kolayca çapraz bağlanabildiği için mekanik kararlılığı artırılabilir [7,8].

Kitosan, kitin türevi doğal bir polisakkarittir. Kitin doğada karides, yengeç, ıstakoz vb. deniz kabuklularının, böceklerin dış iskelet yapısında ve mantarların hücre duvarında bulunur. Kitinin yüksek sıcaklıkta deasetilasyonu sonucu yapı kitosana dönüşür [9]. Kitosan ucuz, kolay elde edilen, çevreye ve insanlara zarar vermeyen bir maddedir. Tıptan gıdaya, ziraatten kozmetiğe, eczacılıktan atık su arıtımına ve tekstil sektörüne kadar sayısız alanda kullanılabilmektedir [10,11].

Hidrojeller, kimyasal veya fiziksel çapraz bağların varlığı nedeniyle suda çözünmeden şişebilen, üç boyutlu, çapraz bağlı polimerik yapılardır. Hidrojellerin üç boyutlu yapısı kimyasal bağlar ya da iyonik etkileşimler,

hidrojen bağı, fiziksel etkileşimler, Van der Waals kuvvetleri, hidrofobik etkileşimler gibi kohezyon kuvvetleri aracılığıyla gerçekleşir [12].

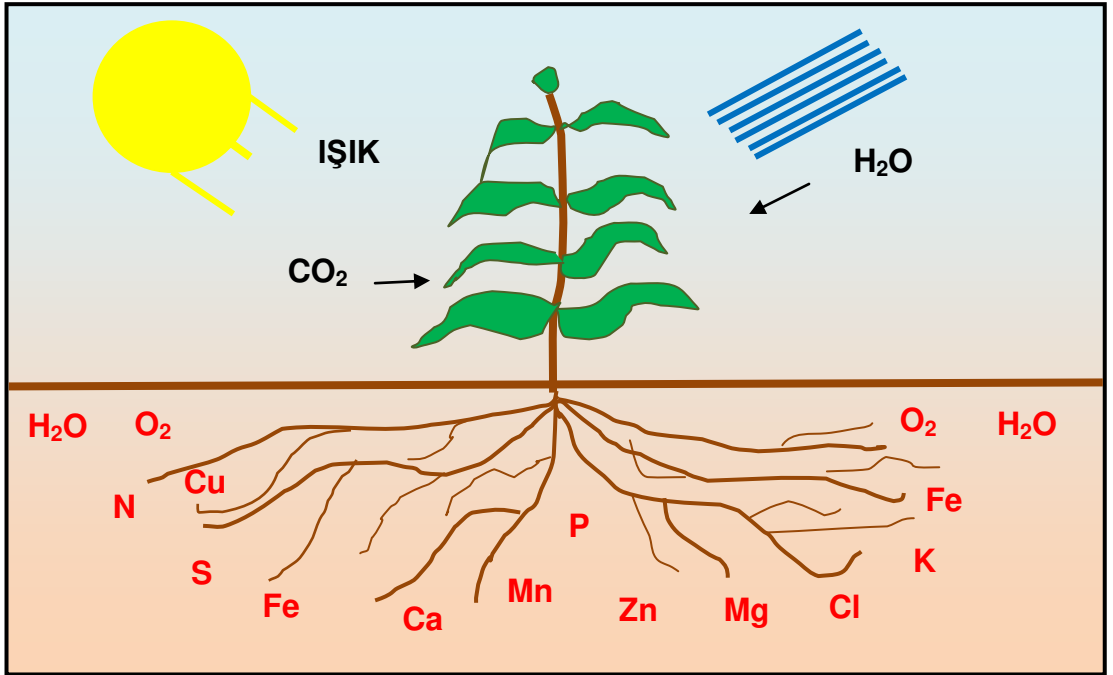
Bu tez kapsamında, tarımda kullanılmak üzere bir seri biyobozunur hidrojel üretilmesi, üretilen bu hidrojellerin şişme-bozunma davranışlarının araştırılması ve uygun şişme-bozunma davranışlı olan hidrojellerin çeşitli BGD'ler içerecek şekilde üretilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca hazırlanan bu BGD yüklü hidrojellerin tarımsal uygulamalardaki etkinliğinin incelenmesi de hedeflenmiştir. Bu bağlamda bir seri jelâtin-kitosan hidrojelin hazırlanması ve bu hidrojellerin şişme/bozunma davranışlarının belirlenmesi planlanmıştır. Çapraz bağlayıcı olarak GA seçilmiştir. BGD olarak bitki gelişimini teşvik eden GA_3 ve SA kullanılmasına karar verilmiştir. Bu şekilde BGD'lerin ürettiğimiz kontrollü salım sistemi içerisinde uygulanabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Bu bölümde çalışma konumuzla ilgili genel bilgiler alt başlıklar halinde sunulmuştur.

2.1. Bitki Besin Elementleri

Bitkilerin tohum ekiminden veya fide dikiminden itibaren iyi bir gelişme gösterebilmesi için toprağın uygun olan fiziksel özelliklerinin yanında dengeli beslenme için gerekli olan bitki besin elementlerine, su, hava ve güneş ışınlarına ihtiyaçları vardır. Bunlardan herhangi birinin sınırlayıcı faktör olarak bulunması büyümeyi olumsuz olarak etkiler. Bu nedenle bitki gelişmesi için gerekli olan fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerin uygun durumda olması ile arzu edilen büyüme sağlanabilir [13]. Bitki besin elementleri ve bitkinin gelişimini sağlaması için gerekli olan diğer etkenler Şekil 2.1’de şematize edilerek sunulmuştur.



Şekil 2.1. Bitki besin elementleri

Yapılan araştırmalarda bitki gelişimi için 21 elementin mutlak gerekli olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra diğer pek çok elementin de bitki tarafından çeşitli gelişim aşamalarında belirlenmiştir. Çizelge 2.1' de bazı elementlerle ilgili bilgiler derlenmiştir. Mutlak gerekli elementlerin her biri bitki büyümesinde ve gelişmesinde önemli işlevlere sahiptir. Miktarca yeterli düzeyde bulunmamaları durumunda gelişme geriler, ürünün nitelik ve niceliği olumsuz şekilde etkilenir [14].

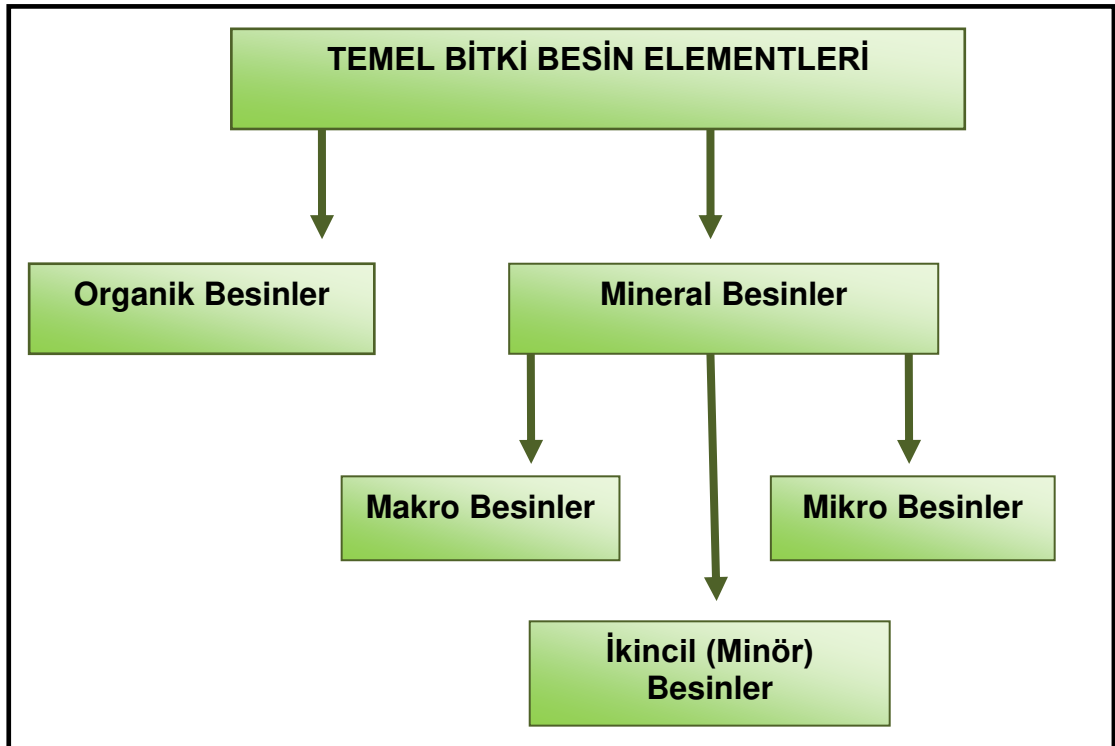
Çizelge 2.1. Bitkiler için mutlak gerekli besin elementlerinin bitkideki ortalama miktarları

Element	Bitkilere yararılı şekli	Bitkilerdeki ortalama miktarı (%)
H	H ₂ O	6
O	O ₂ , H ₂ O	45
C	CO ₂	45
N	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺	1,5
K	K ⁺	1,0
P	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ²⁻	2.10 ⁻¹
Ca	Ca ²⁺	5.10 ⁻¹
Mg	Mg ²⁺	2.10 ⁻¹
S	SO ₄ ²⁻	2.10 ⁻¹
Cl	Cl ⁻	2.10 ⁻²
Fe	Fe ²⁺ , Fe ³⁺	2.10 ⁻²
B	BO ₃ ³⁻ , B ₄ O ₇ ²⁻	2.10 ⁻³
Mn	Mn ²⁺	5.10 ⁻³
Zn	Zn ²⁺	2.10 ⁻³
Cu	Cu ⁺ , Cu ²⁺	6.10 ⁻⁴
Mo	MoO ₄ ²⁻	1.10 ⁻⁵
Ni	Ni ²⁺	1.10 ⁻⁶

Foto sentetik işlevler sonucu yeşil bitki yapraklarında CO_2 ve H_2O basit karbonhidratlara dönüştürülür. Bunlardan da amino asitler, şekerler, proteinler, nükleik asitler ve diğer organik bileşikler sentezlenir [15]. Her bir element farklı bitki fonksiyonlarında görev yapmakta ve bitkinin gelişip üremesine yardımcı olmaktadır. Gübreleme tavsiyelerinde bulunmadan önce bitki tarafından ihtiyaç duyulan miktarın bilinmesi yararlı olur. Şekil 2.2’de temel bitki besin elementi olarak kabul edilen elementlerin neler olduğu gösterilmiştir

Bir elementin temel bitki besini olarak tanımlanması için aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekir [16];

- Bitki yaşam döngüsünü o element olmaksızın tamamlayamamalı,
- Yapmış olduğu görevleri başka bir element yapamamalı,
- Doğrudan bitki gelişimi ve üretimi için gerekli olmalı,
- Bitkinin yaşaması için gerekli olmalı.



Şekil 2.2. Temel bitki besin elementlerinin sınıflandırılması

Organik besinler; C, H ve O içeren, mineral olmayan besin grubudur. Bitki tarafından oldukça çok miktarda kullanılırlar.

Mineral besinler; Her besin bitki tarafından element formunda alınamaz, ancak iyon formunda iken alınabilir. Yani gübre çözündüğü zaman besinler bitki tarafından hemen alınabilir. Mineral besinler üç grup altında toplanır.

Makro besinler; N, P ve K gübreleme programında kullanılan üç temel besin elementidir. Tarımsal uygulamalarda çok miktarda kullanılırlar.

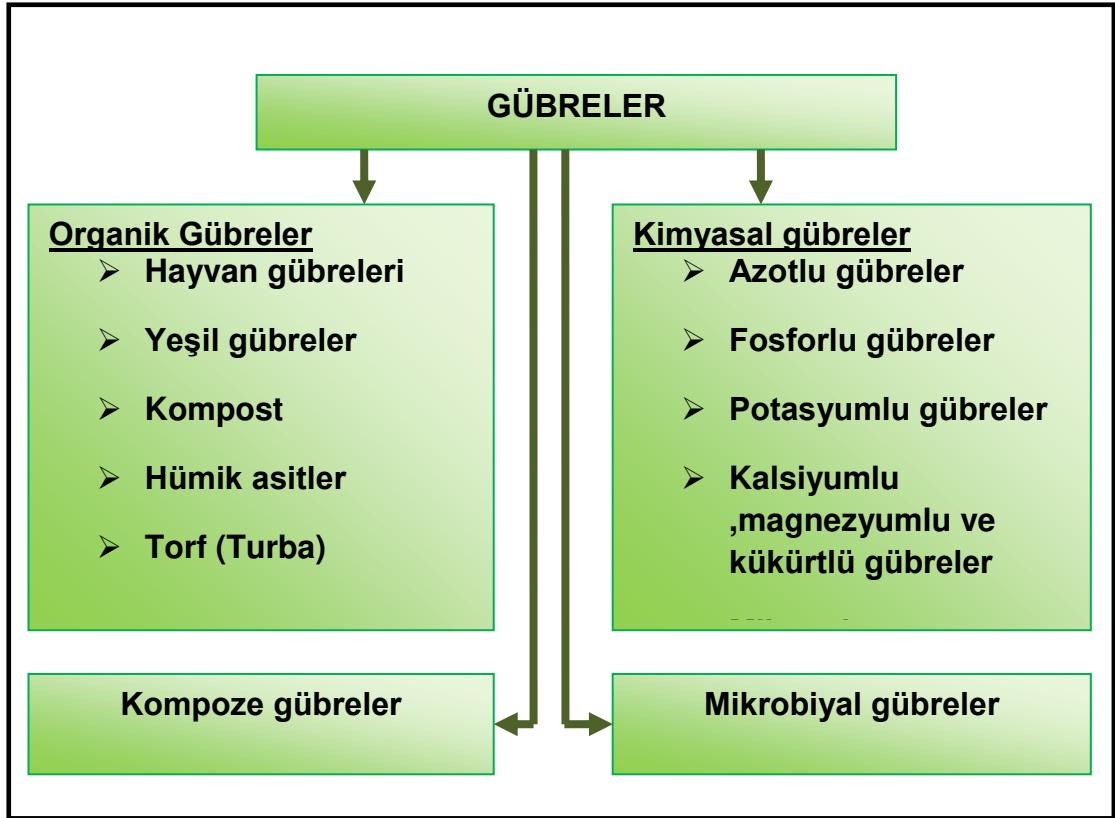
İkincil (minör) besinler; Ca, Mg ve S gübreleme programlarında yer alan N, P ve K' dan sonra bitkinin en fazla ihtiyaç duyduğu besinlerdir.

Mikro besinler; B, Cl, Cu, Mo, Ni, Zn gibi elementlerden oluşur ve "iz elementler" olarak da adlandırılır. Az miktarda kullanılırlar ancak noksanlıkları ciddi sorunlara neden olabilir [16].

2.2. Gübreler ve Sınıflandırılmaları

Bitkinin beslenmesi için gerekli olan mineralleri bünyesinde bulunduran ve topraktaki fiziksel ve kimyasal yapıyı düzenleyerek bitkinin topraktan beslenmesini kolaylaştıran maddelere gübre denir [14,15]. Gübre bitkide birçok olayın yapı taşı olan proteinlerin oluşması için de gerekli elementleri sağlar. Kaliteli ürün elde etmek, verimi arttırmak ve verimliliği sürdürebilmek için toprakta eksik bulunan elementlerin toprağa verilmesine gübreleme denir. Toprakta en uygun verimi alabilmek için ise dengeli gübreleme yapmak ve bitki besin elementlerinin noksanlıklarını gidermek şarttır [17].

Tarımsal üretimin vazgeçilmez unsuru olan gübreler, çok çeşitli bileşenlerden oluşmaktadırlar. İçerikleri, uygulama yöntemleri, hedefleri farklı pek çok gübre mevcuttur. Bu nedenle sınıflandırarak ele almak gerekmektedir. Gübreler sınıflandırılmalarına ait bir şema Şekil 2.3' de sunulmuş ve bu sınıflar alt bölümlerde ayrıntılı olarak ele alınmıştır [18,19].



Şekil 2.3. Gübrelerin sınıflandırılması

Organik gübreler: Bitkisel üretimde istenen standartlarda ürün yetiştirebilmek için toprağın canlılığı, biyolojik yapısı ve verimliliğinin korunması gerekmektedir. Bu nedenle de toprağın en uygun ve yeterli miktarda organik gübre ile gübrenmesi gerekir. Organik gübre kullanımı ile toprağa daha dengeli besin maddesi sağlanır ve böylece bitkinin sağlıklı şekilde büyümesi kolaylaşır. Bu gübreler kimyasal gübrelere göre toprak verimliliğini daha fazla artırarak, toprağı ve çevreyi daha az kirletici özelliktedirler. Organik gübrelemeye başta azot olmak üzere, fosfor, potasyum, kalsiyum, bakır, çinko, mangan, demir, bor ve molibden gibi besin elementleri toprağa kazandırılır [20,21].

Hayvan gübresi: Ahır ve kümes hayvanlarının katı ve sıvı dışkıları ile yataklık malzemenin karışımından elde edilen materyallere denilmektedir. Hayvansal gübreler çok eski zamanlardan beri tarımsal üretimde kullanılmaktadır. Bu

gübreler fazla miktarda bitki besini içerirler. Ahır gübrelerinin en önemli özelliği zengin mikroorganizma kaynağı olmalarıdır [22].

Yeşil gübreler: Her hangi bir bitkiden önce ekilerek yetiştirilen ve erken hasat edilerek toprağa karıştırılan bitkidir. Yeşil gübre kullanımındaki amaç, toprağın organik madde içeriğini zenginleştirerek fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirmektir. Toprağa karıştırılan bitki dokuları toprak içerisinde kolayca ayrışarak bünyesindeki besin maddelerini kolaylıkla toprak çözeltisine geçirir [23].

Kompost: Bitki besin elementleri içeren su tutma kapasitesi ve organik madde miktarı yüksek materyallere kompost denir. Bitkisel ve hayvansal kaynaklı kısmen parçalanmış, tarımsal, endüstriyel ve şehir atıkları kompost olabilir. Kompost olarak; çöpler, evsel ve endüstriyel atıklar, park, bahçe ve pazaryeri atıkları, tarımsal faaliyet sonucu ortaya çıkan atıklar, arıtma çamurları gibi materyaller kullanılmaktadır [24].

Hümk asitler: Topraktaki canlı, cansız ya da çürümüş olan tüm organik maddelerin parçalanması sonucu oluşan son ürünlerdir. Oluşan bu ürünler toprağın su tutma kapasitesini ve havalanmasını artırarak daha iyi bir kök ve bitki gelişimi sağlarlar.

Torf (turba): Fosilleşmesini tamamlamamış, bol organik atık içeren topraklara denilmektedir. Bataklık kıyıları, kurutulmuş göl ve bataklıklarda yıllarca biriken organik artıklar toprakla karışarak organik madde oranı yüksek bir karışım oluşturmaktadır. Torf toprakları organik maddece zengindir ve herhangi bir zehirli atık içermezler.

Kimyasal gübreler :Gübreler içerisinde en sıklıkla kullanılan tür, kimyasal gübrelerdir. Bunlara suni veya ticari gübreler de denilmektedir. Kimyasal gübreler, bileşimlerinde bir veya birden fazla bitki besin maddesini bir arada bulundururlar. Organik gübrelerinden farklı olarak yüksek miktarda bitki besin maddesi içerir ve suda kolayca çözünürler [22,23].

Azotlu gübreler: Gübreleme programları içerisinde azotun ayrı bir yeri vardır. Azot bazı organik maddelerin molekül yapısında yer alsa da bu içerik bitkinin ihtiyacını karşılayamaz. Bunun sonucu bitkideki eksikliğin gübreleme yolu ile giderilmesi gerekir. Azot eksikliğinde bitkilerde meydana gelen değişimler Resim 2.1’de gösterilmiştir. Azot eksikliğinin belirtileri şöyle sıralanabilir:

- Açık yeşil veya sarı renkli yaprak oluşumu,
- Bitkinin büyüme ve gelişmesinde gecikme,
- Hastalık ve böceklerle karşı bitki direncinin azalması,
- Küçük meyve oluşumu ve daha az verim,
- Daha kısa raf ömrü.



Resim 2.1. Bitkilerde görülen azot eksikliğinin belirtileri

Fosforlu gübreler: Gübreleme programları içerisinde fosfor önemli bir yer tutar. Toprakta bulunan fosfor, günümüz koşullarındaki yüksek verimli

tarımsal üretim koşullarını sağlayacak miktarda değildir. Bu nedenle fosfor eksikliğinin gübrelemeyle giderilmesi gerekir. Fosfor yetersizliğinde bitkilerde meydana gelen değişimler Resim 2.2’de gösterilmiştir.



Resim 2.2. Bitkide görülen fosfor eksikliğinin belirtileri

Fosfor eksikliğinin belirtileri;

- Yaprak dökülmesi ve kök gelişiminin azalması,
- Kullanılmayan şekerin birikmesi sonucu yapraklarda koyu mavi renklenmeler,
- Sürgünlerde kısılma, incelme ve ipliksi bir gelişme,
- Zayıf tohum gelişimi [16,24,25].

Potasyumlu gübreler: Potasyumlu gübrelerin tamamı suda çözünür. Potasyum bitki bünyesinde katyon halinde bulunur. Potasyum eksikliğinde bitkilerde görülen değişimler ise Resim 2.3’de gösterilmiştir.



Resim 2.3. Bitkide görülen potasyum eksikliğinin belirtileri

Potasyum eksikliğinin belirtileri;

- Yapraklarda açık yeşilden sarıya doğru dönen renk oluşumu,
- Yaprakların uç ve kenar bölümlerinde hücrelerde ölüm, kıvrılma ve dökülme,
- Bitki gelişiminin yavaşlaması, hastalıklara karşı direncin düşmesi,
- Saplarda zayıflama,
- Tohum ve meyve şekillerinin bozulması.

Kompoze Gübreler: Kompoze gübreler birden fazla bitki besin maddesini içerirler. Türkiye topraklarında genellikle azot ve fosfor az, potasyum ise yeterli miktarda bulunduğundan kompoze gübreler genellikle potasyum içermeyecek şekilde hazırlanırlar. Bu gübreler birden fazla besin maddesini kapsadıkları için gübre uygulamalarında kolaylık ve ekonomik kazanç sağlarlar. Buna karşılık içinde bulunan bitki besin maddeleri oranının, ekilecek bitkinin isteğine her zaman uygun olmaması çözülmesi gereken bir sorundur. Ayrıca iklim ve toprak özelliklerine göre ihtiyaç duyulan besin elementlerini ayrı ayrı zamanlarda farklı metotlarla uygulanma olanağının bulunmaması gibi bir sakıncası da mevcuttur [23].

Mikrobiyal Gübreler: Tarımsal gübrelemede kullanılabilecek en önemli gübreler arasında mikrobiyal gübreler gelmektedir. Bu gübreler toprak ve bitki için gerekli olan mikroorganizmaları içermektedir. Gübre uygulamasını minimum, bitki gelişme ve beslenmesini maksimum düzeye çıkarmak amacıyla rizosferden seçilmiş farklı mikroorganizmalar kullanılmaktadır. Mikroorganizmalar topraktaki minerallerin bitki besini haline gelmesini sağlamaktadır. Toprakta bakteri, mantar, aktinomiset, protozoa ve alg olmak üzere yaygın birçok mikroorganizma grubu bulunmaktadır [26,27]. Kullanılacak olan bu mikroorganizmalar toprakta meydana gelen pek çok kimyasal değişimin içinde aktif rol almaktadır. Yararlı mikroorganizmaların görevleri;

- Atmosfer azotunu fikse etmek,
- Organik atık ve kalıntıları parçalamak,
- Bitki besin maddelerinin yararlılığını arttırmak ve dönüşümlerini sağlamak,
- Toprak kökenli patojenleri baskılamak,
- Bitkilerin kullanacağı basit organik molekülleri üretmek,
- Çözünmeyen besin kaynaklarını çözünür hale getirmektir.

2.3. Bitki Gelişim Düzenleyicileri

Doğal olarak bitkilerde oluşan, büyüme ile buna bağlı diğer fizyolojik hareketleri kontrol eden ve oluştukları yerden bitkinin başka yerlerine taşınabilen, çok az miktarda bile etkilerini gösterebilen organik maddelere "Bitki Gelişimini Düzenleyiciler (BGD) veya Bitkisel Hormonlar " adı verilir [28]. BGD'lerin sentezi ve bitki içindeki hareketleri bitki besin elementleri tarafından sağlanır [29].

Çok sayıda kimyasal madde hormon olmadığı halde hormon olarak adlandırılmakta bu ise kavram kargaşasına neden olmaktadır. Bu nedenle bir bileşiğin hormon olarak nitelenebilmesi şu şartları sağlaması gerekir [30]:

- Bitki bünyesinde oluşması,
- Oluştugu yerden bitkinin başka bir yerine taşınabilir olması,
- Taşındığı yerde değişik yaşam olaylarını yönetmesi ve düzenlemesi,
- Çok düşük derişimlerde bile etkilerini gösterebilmesi.

Bitki bünyesinde bulunan bu doğal bileşiklerin yanı sıra, bu bileşiklerin kimyasal yapılarına az veya çok benzeyen sentetik bileşikler de sentezlenmiş ve bu maddelerin hormon etkilerinin olup olmadığı araştırılmıştır. Bunlardan birçoğunun bitkide doğal olarak bulunanlardan çok daha aktif oldukları, yani çok daha az kullanıldıklarında bile benzer etkileri ortaya çıkardıkları belirlenmiştir. Gerçekte bitki bünyesinde bulunmayan bu tip bileşiklerin doğal hormonlarla karıştırılmamaları gerekir. Bitkide mevcut olmadığı halde çok düşük miktarlarda hormon etkisini gösteren bu maddelere sentetik hormon adı verilmektedir [30]. BGD'lerin sentetik olanları tarımsal alanlarda doğal hormonlardan daha çok kullanılmaktadır. Çünkü bu sentetik maddeleri tanıyan yıkıcı enzimler bitkide bulunmadığından sentetik hormonlar daha uzun süre bitkide kalabilirler ve daha uzun süre etki gösterirler. Ayrıca bazı sentetik maddeler doğal olanlara göre daha etkili olmaktadır. Diğer bir tercih sebebi ise sentetik hormonların doğal hormonlara göre ucuz olmalarıdır.

BGD'lerin bir kısmı, bitkilerde uyarıcı veya teşvik edici etki gösterirken bir kısmı da büyümeyi kısıtlayıcı veya yavaşlatıcı, hatta durdurucu etki gösterirler [31,32]. Bitki gelişmesini teşvik eden maddelerin kullanım amacı rahatlıkla anlaşılabilir. Ancak engelleyici ve geciktirici hormonların kullanımları da çok önemli sonuçlar doğurmaktadır. Bunlara şu örnekler verilebilir: Soğan, patates vs. gibi ürünlerin depolanmaları sırasındaki filizlenmeyi engellemek [30]; narenciye türlerinin kış ayları boyunca düzenli meyve vermelerini sağlamak üzere çiçeklenmelerini geciktirmek; elmalarda

irilik, renk, tat gibi kalite özelliklerini iyileştirmek ve ağaçların her yıl düzenli bir şekilde ürün vermesini sağlamak için seyreltme yapmak [31,33]; bezelye, fasulye gibi sebzelerde makine ile hasadın kolay yapılabilmesi için yaprak dökülmesini sağlamak [31,34]. Gelişmeyi teşvik edici ve engelleyici maddeleri birbirinden kesin sınırlarla ayırmak pek mümkün değildir. Çünkü BGD'ler, bitki büyümesinin değişik devrelerinde ve değişik bitki organlarına değişik derişimlerde uygulandıklarında farklı etkiler gösterebilir. BGD'lerin genel kullanım alanları şöyle sıralanabilir [35-37]:

- ✓ Çelikle çoğalmayı sağlamak,
- ✓ Tohumlarda çimlenmeyi teşvik etmek,
- ✓ Çiçeklenmeyi teşvik etmek veya geciktirmek,
- ✓ Soğuğa dayanıklılığı artırmak,
- ✓ Meyve tohumunun ve iriliğinin artmasına neden olmak,
- ✓ Meyve olgunluğunu erkene almak,
- ✓ Meyve kalitesini ve rengini iyileştirmek,
- ✓ Hasadı kolaylaştırmak,
- ✓ Meyve muhafaza süresini uzatmak,
- ✓ Meyve ve yaprak dökümlerini kontrol etmektir.

Tarımsal alanda çalışan üreticelerin bilerek veya bilmeyerek yaptıkları yanlış tarımsal uygulamalar çeşitli çevre sorunlarına neden olmaktadır. BGD'lerle ilgili yanlış uygulamalar örnek olarak:

- Fazla ürün almak için gereğinden fazla kullanım,
- Uygulama zamanının doğru tespit edilememesi,
- Doz ayarlama ve uygulamada yeterli hassasiyetin gösterilememesi,
- Çevresel riskler ve sağlık riskleri göz önüne alınmadan uygulanması sıralanabilir [38].

Tarımda kullanılan gübre ve BGD'lerin çevreye yayılarak oluşturacakları riskler dikkate alındığında bu maddelerin kontrollü bir şekilde toprağa

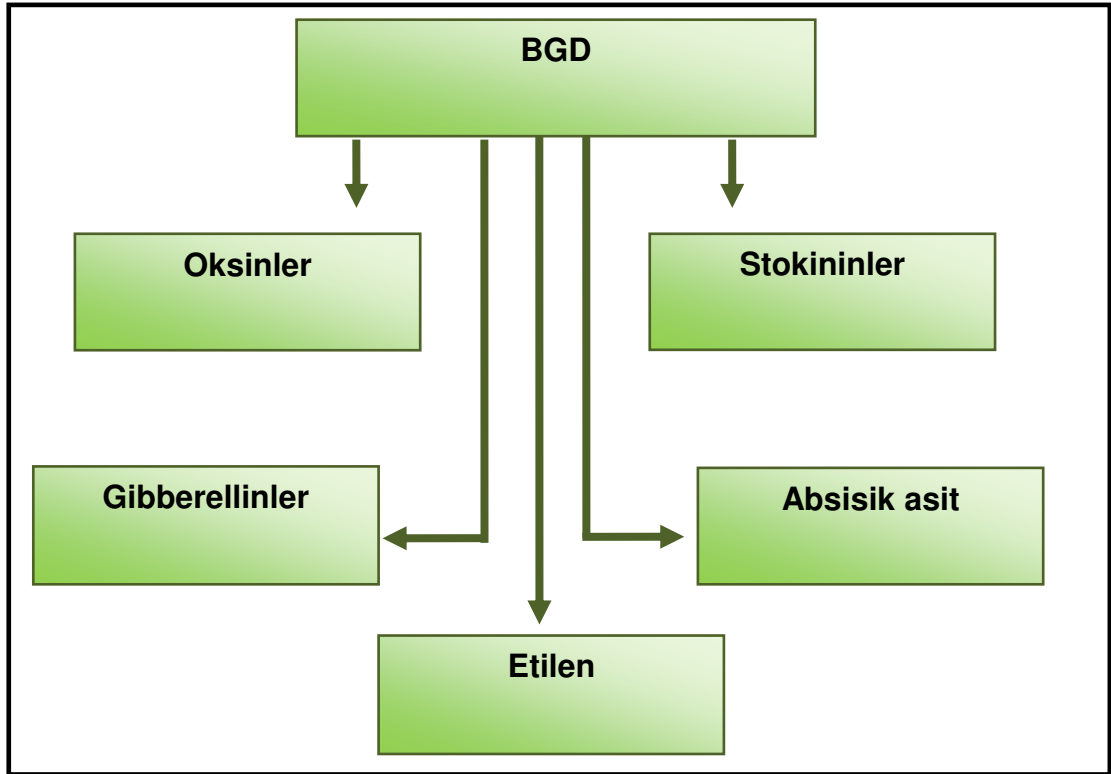
uygulanması gerekmektedir [39]. Sunulan bu çalışmamız esas olarak BGD'lerin tarımsal uygulamalarında kontrol mekanizmalarını kapsamaktadır. Böylece BGD'lerin bilinçsiz kullanımı sonucu çevrede ve canlılarda oluşabilecek olumsuz etkilerin azalabileceği düşünülmektedir. BGD'lerin bitkiye uygulanması Resim 2.4'de de gösterildiği gibi çeşitli şekillerde yapılabilir:

- Yaprğa püskürtölerek,
- Sulama suyuna karıştırılarak (fertigasyon),
- Kesik yüzeylere lonolin macun içinde sürölerek,
- Bitki organlarının bu maddelerin çözeltilerine batırarak,
- Belirli bir dokuya enjeksiyon yapılarak.



Resim 2.4. BGD'lerin bitkiye uygulama yolları a) Püskürtme b) Fertigasyon c) Enjeksiyon

Doğal BGD'lerin bitki gelişimindeki etkilerine göre sınıflandırılmaları Şekil 2.4'de sunulmuş ve bu sınıflar alt bölümlerde ayrıntılı olarak ele alınmıştır [33,40,41]. Ayrıca BGD'lerin bitkilerdeki başlıca etkileri Çizelge 2.2'de verilmiştir [40].



Şekil 2.4. BGD'lerin sınıflandırılması

Şekil 2.4'de sınıflandırılan hormonların yanı sıra, son zamanlarda hormonal etkilerinin olduğu kanıtlanan bazı başka grup maddeler de bitkilerden elde edilmiştir. Bunlardan brassinosteroidler, poliaminler ve salisilik asit (SA) bitkilerde gelişmeyi teşvik ederken jasmonatlar ise bitkilerde gelişmeyi engelleyici etki göstermektedir. Brassinosteroidler bitkilerin çimlenme, büyüme, olgunlaşma ve çiçeklenme gibi gelişim evrelerinde uyarıcı etki gösterirler [42]. Poliaminler bitkilerde sap veya gövde kalınlaşmasını, çiçeklenmeyi, kök büyümesi ve gelişmesini, yumru gelişimini ve meyve olgunlaşmasını sağlar [43,44]. SA tohumlarda çimlenmeyi teşvik eder, kök uzunluğunu ve sayısını artırır, çiçeklenmeyi uyarır ve vejetatif gelişmeyi

(bkz. Ek:1) hızlandırır [45]. Jasmonatlar ise bitkide boyuna gelişmeyi, köklerde büyümeyi, tohum ve polen çimlenmesini, klorofil oluşumunu ve fotosentez aktivitesini engeller [46].

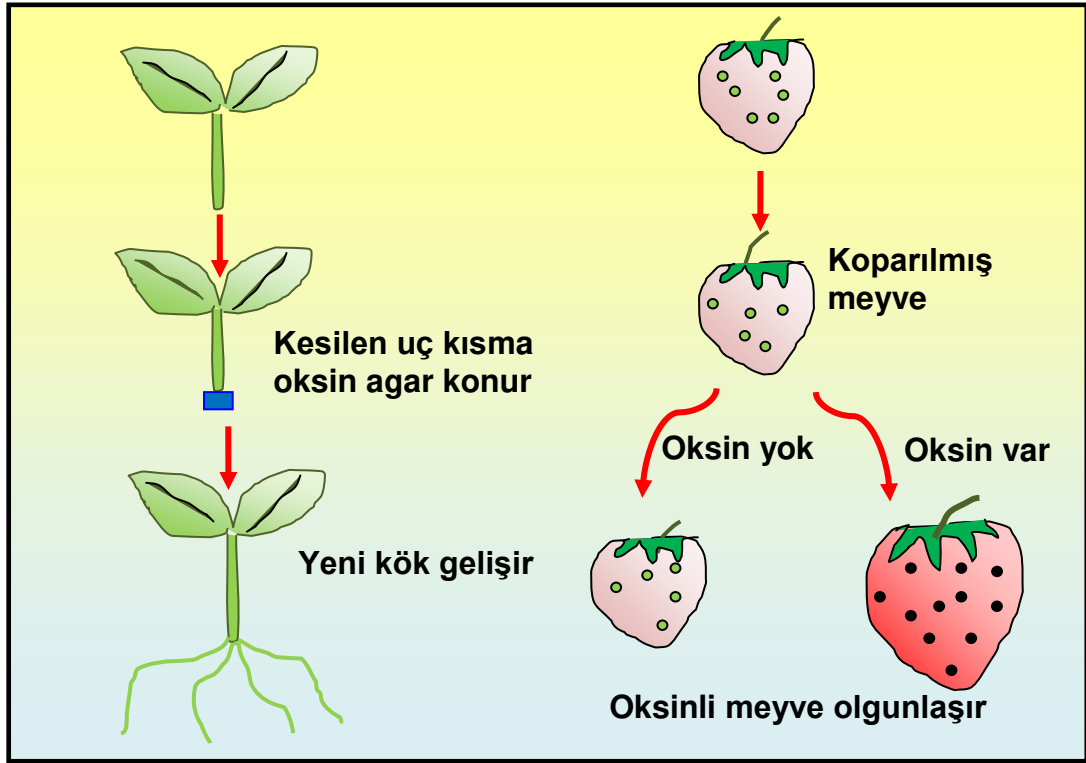
Çizelge 2.2. BGD'lerin başlıca etkileri. [(+) :Teşvik, (-) : Engelleme , (0) : Etkisiz ve (?): Etki ya belirtilmemiş ya da türlere göre farklı etki]

Özellikler	Oksin	Gibberellin	Stokinin	Absisik	Etilen
Çimlenme	+	+	+	-	0
Hücre bölünmesi	+	+	++	-	-
Uzun gün bitkisinde çiçeklenme	+	+	?	-	-
Taşıma	+	+	+	-	?
Assimilat oluşumu	?	?	++	-	?
Gözeneklerin açılması	0	0	+	-	?
Yaşlanma	-	-	-	+	+
Yaprak dökümü	-	-	-	+	0
Tomurcukların kış uykusu	0	-	-	+	0

2.3.1. Oksinler

İlk olarak keşfedilen bitki büyüme maddesi oksinlerdir. Indol-3-asetik asit (IAA), indol-3-ethanol, indol-3-asetaldehit ve indol-3-asetonitril doğal olarak

sentezlenen oksinler olup, indol butirik asit ve naftalen asetik asit ise sentetik oksinlerdendir. Oksinler, genel olarak bitkinin her yerinde bulunmalarına rağmen özellikle gövde ve kök uçlarında sentezlenir ve bitki içine transfer edilirler [47]. Şekil 2.5’de oksinlerin bitki gelişimine etkisi verilmiştir.



Şekil 2.5. Oksinlerin bitki gelişimine etkisi

Oksinlerin genel kullanım amaçları şöyle sıralanabilir [48-50]:

- Bitki hücre çeperinin mekaniksel özelliklerini değiştirerek hücre büyümesini ve bölünmesini artırmak,
- Kök oluşumunu teşvik etmek,
- Yaşa ve türe bağlı olarak genellikle düşük derişimlerde adventif ve primer kök (bkz. Ek:1) oluşumuna neden olmak,
- Dişi çiçek oluşumunu, tohum çimlenmesini, partenokarpik meyve (bkz. Ek:1) oluşumunu ve soymuk borusunda asimilat (bkz. Ek:1) taşınmasını sağlamak,

- Etilen sentezini artırarak çiçeklerde yumurtalıkların gelişimini düzenlemektir.

2.3.2. Sitokininler

Bitki doku kültürü yöntemlerinde hücre bölünmesini uyarma yetenekleriyle dikkat çekmiş, azotlu purin bazı adenin türevleridir [47]. Zeatin, dihidrozeatin, izopentenil adenin ve dimetilaliladenin çeşitli bitkilerde doğal olarak sentezlenen sitokininler olup bunların yanı sıra kinetin, benziladenin ve tetrahidropiranilbenzil adenin sentetik sitokininlerdir [48]. Kimyasal ve biyolojik olarak 200'den fazla doğal ve sentetik sitokinin bulunmaktadır [49]. Resim 2.5'de sitokininlerin bitki gelişimine etkileri gösterilmiştir.



Resim 2.5. Sitokininlerin bitkilerde yaprak gelişimine etkileri. Her iki resmin sol tarafındakiler sitokinin uygulanmış örneklerdir.

Sitokininin genel kullanım amaçları şöyle sıralanabilir [40,47]:

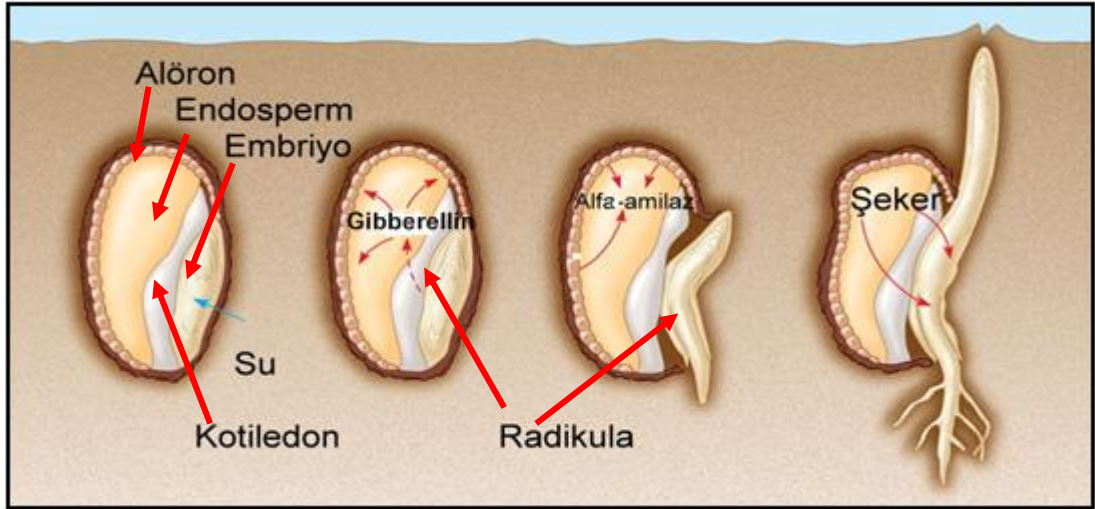
- Hücre bölünmesini uyarmak,
- Doku kültüründe sürgün ve kök farklılaşmasına yol açmak,
- Lateral tomurcukların (bkz. Ek:1) büyümesini sağlamak,
- Bitkilerdeki senesensi (bkz. Ek:1) geciktirmek,
- Tohum çimlenmesini teşvik etmek,

- Lateral tomurcuk gelişimini arttırmaları nedeniyle oksin tarafından teşvik edilen apikal dominansinin (bkz. Ek:1) kırılmasına neden olmak,
- Yaprak yaşlanmasını engellemektir.

2.3.3. Gibberellinler

Gibberellinler Japon bilim adamları tarafından 1930'larda keşfedilmiştir. O yıllarda Japonya'da pirinç verimini düşüren bir mantar hastalığı yaygın bir sorun ortaya çıkarmakta idi. Bu hastalık bitkinin hızlı büyümesini teşvik ediyor ancak bitki gövdesi ince ve cılız bir hale geldiği için dik duramıyor ya ölüyor ya da dane verimi düşüyordu. Daha sonra bu bitkilerde uzun boyluluğa bitkilere bulaşmış olan mantarın kimyasal salgısının neden olduğu anlaşılmıştır [51]. Bu kimyasal sıvı, mantar kültüründen filtre edildikten sonra izole edilmiş ve mantarın ismi "*Giberalla fujukoro*" den dolayı "Gibberellin " adını almıştır. 1939'da orijinal gibberellin A'dan 3 tip gibberellin izole edilmiştir. Bunlar: gibberellin A₁, gibberellin A₂ ve gibberellin A₃'tür. Gibberellinlerin metabolizması incelendiğinde yüksek bitkilerde gibberellinlere benzer etki gösteren 108 adet gibberellin daha bulunmuştur. Bunlar GA₁, GA₂, GA₃, GA₄,...GA₁₀₈ olarak isimlendirilir. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanı gibberellik asit olarak bilinen ve çalışmamızda da kullandığımız GA₃' tür [31,33,52].

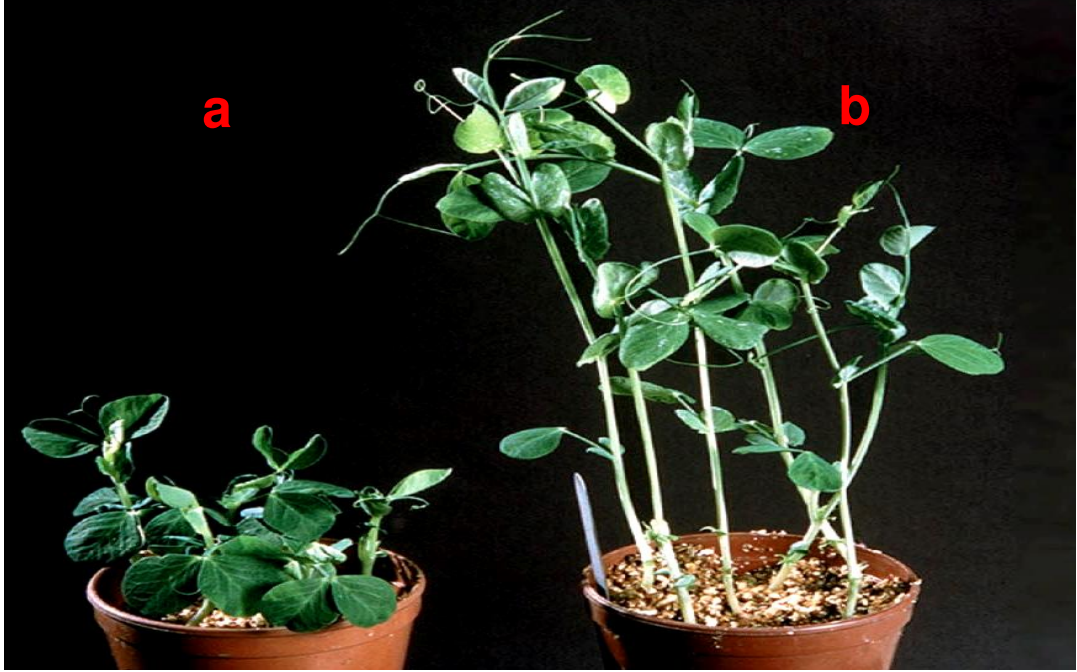
Gibberellinler çimlenme sürecinin önemli bir doğal düzenleyicisidir. Kuru tohum su alınca embriyodaki gibberellin alöron tabakasına ulaşır ve başta α -amilaz olmak üzere birçok hidrolitik enzimlerin sentezini başlatır. Parçalanmış nişastanın ürünü olan glikozun ortaya çıkmasına bağlı olarak krebs çevrimi hızlanır ve solunumun bu fazında gerçekleşen ATP sentezi artar. Enerji çoğalınca sentez olayları daha da hızlanır, fide büyür ve genç bitki oluşur [53-55]. Şekil 2.6'da bu süreç şematize edilerek verilmiştir.



Şekil 2.6. Gibberellinlerin etkisi ile embriyodan fide oluşumu

Gibberellinlerin genel kullanım amaçları şöyle sıralanabilir [56-58]:

- Genetik olarak bodur olan bitkilerde gövde uzamasını teşvik etmek,
- Işığa hassas tohumlarda çimlenmeyi kolaylaştırmak,
- Yapraklarda büyümeyi hızlandırmak,
- Hücre bölünmesini ve hücre uzamasını uyararak bitki gövdesinde büyümeyi sağlamak (Resim 2.6),
- Partenokarpik meyve gelişimine neden olmak,
- Süs bitkilerinde dayanıklılık süresini uzatmak,
- Bazı bitkilerde çiçeklenmeyi uyarmak,
- Meyve dayanıklılığını ve verimini artırmak ,
- Meyve büyüklüğünü ve rengini iyileştirmek,
- Çiçeklenmeden belli süre önce verildiğinde partenokarpik meyve oluşumunu, çiçeklenmeden sonra verildiğinde tane iriliğini sağlamaktır (Resim 2.7).



Resim 2.6. Gibberellinlerin bitki gelişimine etkisi.a)Kontrol grubu
b) Gibberellin uygulaması yapılmış örnek



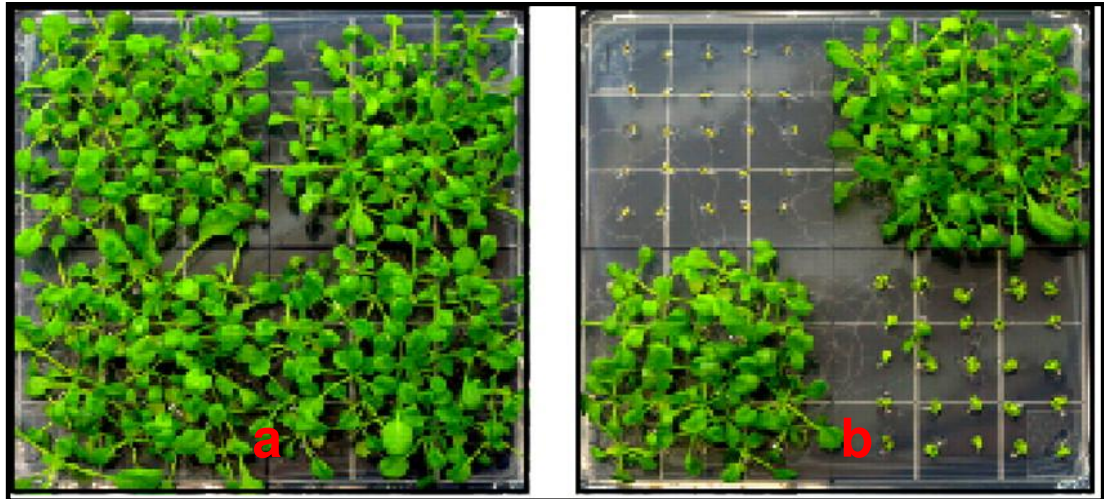
Resim 2.7. Gibberellinlerin üzümde tane iriliğine etkisi. Sol taraftaki örneğe gibberellin uygulaması yapılmıştır.

2.3.4. Absisik Asit (ABA)

Absisik asit birçok bitkide veya tek bir bitkinin çeşitli organlarında büyümeyi engelleyici etkiye sahip bir hormondur. Stres koşulları durumunda bitki kloroplastlarda ABA sentezi artar ve sentezlenen ABA hızlı bir şekilde diğer bölgelere taşınır [47].

ABA'nın genel kullanım amaçları şöyle sıralanabilir [47,50]:

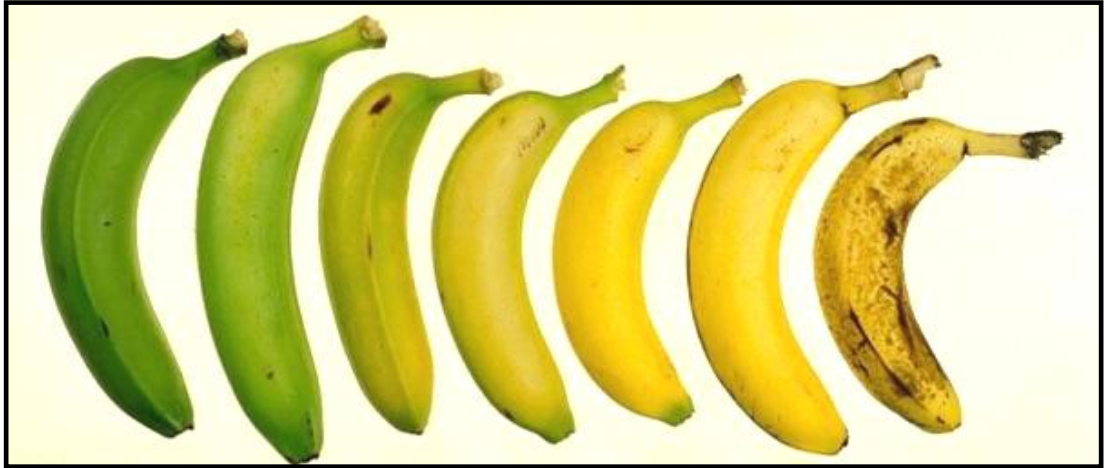
- Tohumlarda normal olgunlaşma ve çimlenmeyi olumsuz etkilemek (Resim 2.8),
- Sitokininin engellediği bitkilerde renk kaybı olayının oluşmasına sebep olmak,
- Çiçeklenmeyi engellemek,
- Embriyo gelişmesini ve büyümesini kısıtlamak,
- Klorofil kaybını ve yıkımını hızlandırarak senesense neden olmaktır.



Resim 2.8. ABA'nın bitki gelişimini engelleyici etkisi: a) Kontrol grubu b) ABA uygulaması yapılmış örnek

2.3.5. Etilen

Basit bir bileşik olan etilen bitkinin kendisi tarafından üretilen gaz formunda yüksek etkili bir hormondur [33]. Etilen tüm dokularda üretilmektedir. Etilen sentezi birçok çevre faktörüne bağlı olarak artabilir [51]. Etilenin çeşitli meyve ve sebzelerde olgunlaşmayı çabuklaştırması ekonomik açıdan çok önemlidir. Etilen meyve saplarında ayırıcı bir doku oluşturarak hasadın oldukça hızlı ve kolay yapılmasını sağlar. Resim 2.9'da etilenin meyve olgunluğunu artırıcı etkisinden yararlanılarak muzun sarartılması işlemi gösterilmiştir [40].



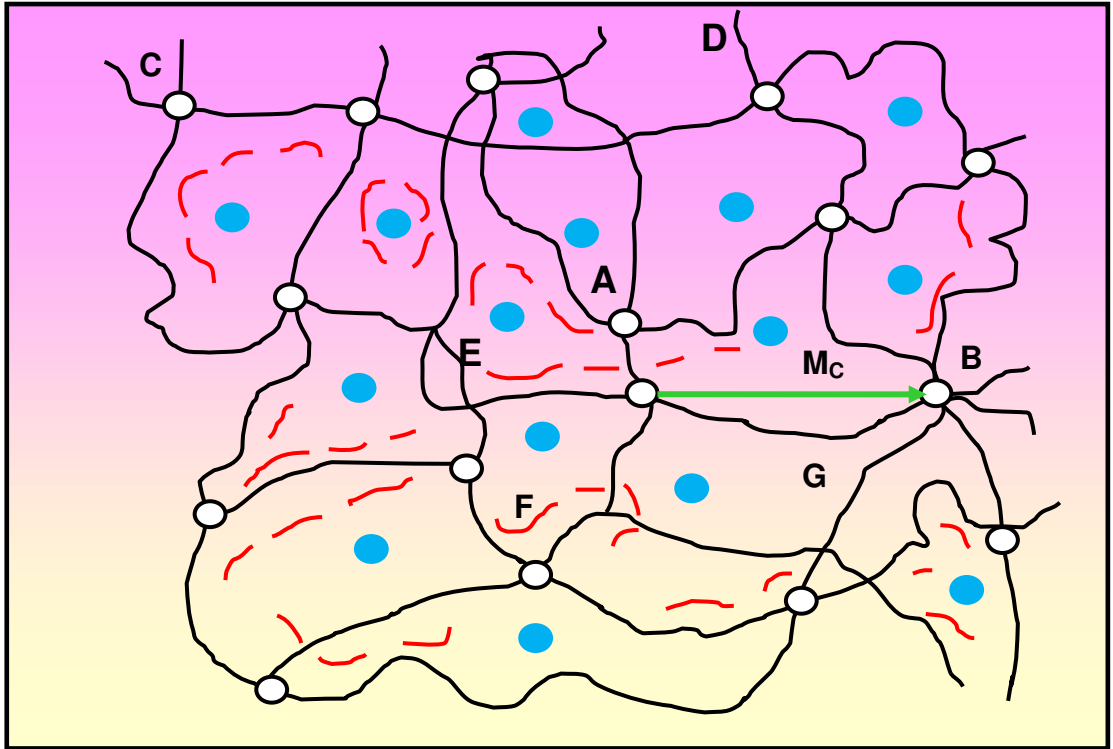
Resim 2.9. Etilenin muzun sarartılmasına etkisi

Etilenin genel kullanım amaçları şöyle vurgulanabilir [33]:

- Meyve olgunluluğunu artırmak,
- Yaprak dökümünü hızlandırmak,
- Çiçeklenmeyi düzenlemek,
- Boyuna uzamayı sınırlandırmak,
- Çelikten köklenmeyi teşvik etmek,
- Dormansiyi (bkz. Ek:1) kırmaktır.

2.4. Hidrojeller

Hidrojeller, su içerisinde çözünmeden şişebilme özelliğine sahip, çapraz bağlı, üç boyutlu ağ yapılı polimerlerdir [59-62]. Bir hidrojelin çapraz bağlı yapısı Şekil 2.7’de verilmiştir [63,64].



Şekil 2.7.Çapraz bağlı hidrojelin yapısı. **A:** Dört fonksiyonlu çapraz bağlar, **B:** Çok fonksiyonlu çapraz bağlar, **C-D:** Zincir uçları, **E:** Dolaşmış ve birbirine karışmış polimer zincirler, **F:** Çapraz bağlanmamış küçük zincirler, **Mc:** İki çapraz bağ merkezi arasındaki zincirin molekül kütlesi, **G:** Çapraz bağlar arasındaki boşluk, : ● Çapraz bağlar arasındaki boşluklara difüzlelenen çözücü.

Hidrojellerin üç boyutlu yapısı kimyasal bağlar ya da iyonik etkileşim, hidrojen bağı, , Van der Waals kuvvetleri, fiziksel etkileşimler ve hidrofobik etkileşimler gibi kohezyon kuvvetleri aracılığıyla gerçekleşir [65-67]. Hidrofobik etkileşimler, fiziksel çapraz bağ benzeri etkileşimler olduğundan jelin şişme davranışını doğrudan etkilemektedir. Fiziksel çapraz bağlı jellerin dış çevre değişimine fazlaca duyarlı oldukları bilinmektedir. Hidrojellerin en az bir

bileşeninin hidrofilik özelliğe sahip olması gereklidir. Bu hidrofilik polimer moleküllerinin çapraz bağlanmaları, kimyasal bağlar ya da iyonik etkileşme, hidrojen bağı veya hidrofobik etkileşme gibi diğer kohezyon kuvvetleri ile sağlanabilir [68,69].

Hidrojeller, teknolojik uygulamalarda yaygın bir kullanım alanına sahiptirler. Yüksek su absorplama kapasitesine sahip oluşları nedeniyle peçete, çocuk bezi, toz bezi, gibi temizlik ürünlerinin yapımında kullanılırlar [70,71]. Jel elektroforezis ve jel kromatografisi gibi moleküler ayırma işlemlerinde “moleküler elek” görevini üstlenmişlerdir. Hidrojeller teknolojik uygulamaların yanında, çevre kirliliğinde kirlilik yaratıcı iyonların ortamdaki uzaklaştırılmasında, ekonomik değeri fazla olan ağır metal iyonlarının çeşitli ortamlardan geri kazanılmasında, dehidrate yağ ve yakıtlarda üste çıkan maddelerin pıhtılaşma ve koyulaştırılmasında ve analitik yöntemlerle tayin edilebilme sınırının altındaki eser miktardaki iyonların ön deriştirme işlemi amacı ile de kullanılmaktadır [72,73].

2.4.1. Hidrojellerin sınıflandırılmaları

Polimerik hidrojeller; hazırlanma yöntemlerine, iyonik yüklerine, fiziksel yapılarına, çapraz bağlanma durumlarına, kaynaklarına, su içeriklerine ve kimyasal kararlılıklarına bağlı olarak sınıflandırılabilirler [69,74,75]. Bu sınıflandırma Çizelge 2.3’de gösterilmiş ve önemli hidrojel türlerinden bazıları aşağıda açıklanmıştır.

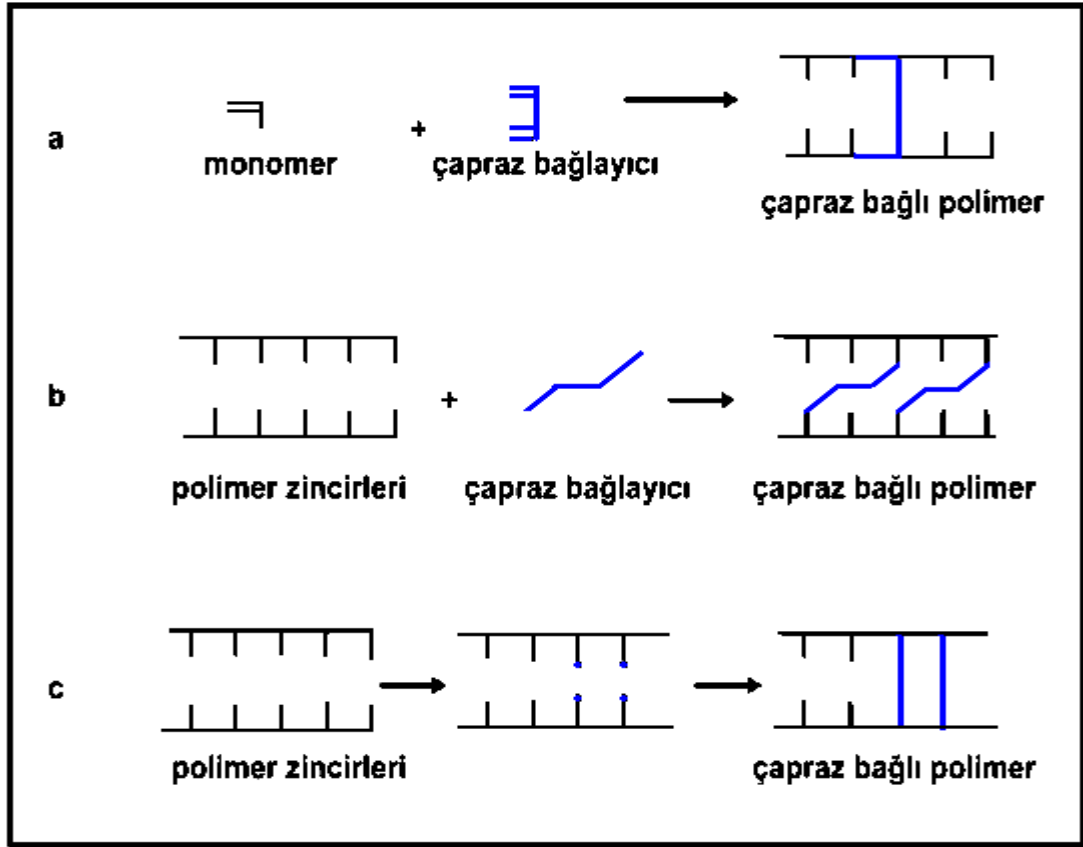
Çizelge 2.3. Hidrojellerin sınıflandırılması

Hazırlama yöntemine göre	➤ Homopolimer hidrojeller ➤ Kopolimer hidrojeller ➤ Çoklu polimer hidrojeller ➤ IPN hidrojeller
İçerdikleri yan gruplara göre	➤ Nötral (iyonik olmayan) hidrojeller ➤ İyonik hidrojeller ✓ Anyonik (negatif yüklü) hidrojeller ✓ Katyonik (pozitif yüklü) hidrojeller ✓ Poliamfolitik hidrojeller
Fiziksel yapılarına göre	➤ Amorf hidrojeller ➤ Yarı - kristalin hidrojeller ➤ Hidrojen bağlı hidrojeller
Çapraz bağlanma durumlarına göre	➤ Fiziksel hidrojeller ➤ Kimyasal hidrojeller
Kaynaklarına göre	➤ Doğal hidrojeller ➤ Sentetik hidrojeller
Su içeriklerine göre	➤ Düşük şişme dereceli (%20-50) hidrojeller ➤ Orta şişme dereceli (%50-90) hidrojeller ➤ Yüksek şişme dereceli (90-99,5%) hidrojeller ➤ Süper-absorbant (>99,5 %) hidrojeller
Kimyasal kararlılıklarına göre	➤ Biyobozunur hidrojeller ➤ Biyobozunmayan hidrojeller

Anyonik hidrojeller, genellikle negatif yüklü asidik veya anyonik monomerlerin homopolimerlerinden ya da bir anyonik monomerle bir nötr monomerin

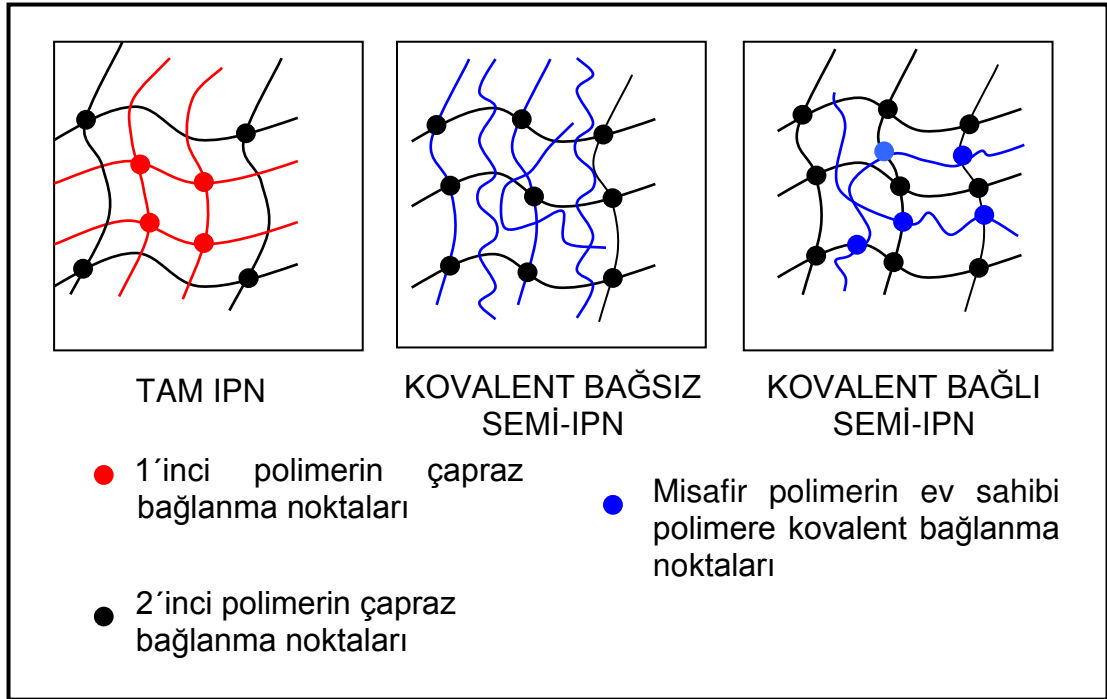
kopolimerinden oluşur. Bunlar dış ortam pH sına bağlı olarak denge şişme davranışlarında ani değişimler gösterirler [76,77]. Katyonik hidrojeller, pozitif yüklü bazik veya katyonik monomerlerin homopolimerlerinden yada bir katyonik monomerle bir nötr monomerin kopolimerinden oluşurlar [75]. Ayrıca pozitif ve negatif yüklerin her ikisinin de bir arada bulunduğu poliamfolitik hidrojeller mevcuttur [78]. Çalışmamızda kullanılan jelâtin poliamfolitik, kitosan ise katyonik yapıda hidrojellerdir.

Şekil 2.8'de kimyasal hidrojellerin oluşum tepkimeleri sunulmuştur. Tepkime, monomerden polimer oluşumu sırasında çapraz bağlayıcının ana zincirde yer alması şeklinde olabileceği gibi (a), oluşmuş polimer zincirlerinin çapraz bağlayıcı ile kovalent bağlarla bağlanması şeklinde de (b) olabilmektedir. Ayrıca çapraz bağlayıcı kullanılmaksızın, iyonlaştırmacı ışınlar ile çapraz bağlanma (c) gerçekleştirilerek de kimyasal hidrojel elde edilebilmektedir. Şekil 2.8.a'da verilen tepkimede, çapraz bağlayıcı olarak N,N'-metilenbisakrilamid, (EGDMA), 1,4 bütandiol dimetakrilat, gibi iki fonksiyonlu veya trimetilol propantriakrilat, trimetilol propantrimetakrilat gibi üç fonksiyonlu çapraz bağlayıcılar kullanılabilir. Şekil 2.8.b'de verilen tepkime tiplerinde GA gibi çapraz bağlayıcılar kullanılmaktadır [79-81].



Şekil 2.8. Kimyasal hidrojellerin oluşum tepkimeleri.

Çapraz bağlı iki polimerik örgünün fiziksel olarak birleşmesi iç içe geçmiş polimerik ağ yapılı hidrojeller (IPN) oluşur. Bu yapılardan en az biri diğerinin varlığında sentezlenir ve/veya çapraz bağlanır [82]. IPN' yi oluşturan iki polimerik örgünün birbiriyle uyumlu olması IPN oluşumunu artırır, faz ayrımını engeller. Ayrıca IPN' yi oluşturan polimerler arasında kimyasal bağ bulunmadığından her iki bileşen de kendi özelliklerini korur ve aranan şartlara sahip bir yapı oluşumunu sağlayabilir [75,83]. Yarı-IPN tipi hidrojellerde polimerlerden biri çapraz bağ içerirken diğeri içermez [83,84]. Bu tür hidrojellerde misafir polimer zincirleri, ev sahibi ağ yapının içinde kovalent bağlı veya kovalent bağısız olarak yer alabilirler [85]. IPN hidrojellerin şematik gösterimi Şekil 2.9'da sunulmuştur. Çalışmamızda GA çapraz bağlayıcısı eşliğinde hazırlanan jelâtin-kitosan karışım hidrojellerinin yarı IPN tipi hidrojel şeklinde oluşmuş olma durumları söz konusudur.



Şekil 2.9. IPN tipi hidrojellerin türleri

2.4.2. Hidrojellerde şişme kavramı

Şişme, polimer yapısındaki belirli bir hacmin ani değişimidir. Şişme, gözenekli absorbanlar tarafından sıvı veya buharların tutulmasında olduğu gibi, yalnızca küçük çözücü moleküllerinin polimerin gözenek ve boşluklarına dolarak polimer fazına girmesi olayı değildir. Çözücü molekülleri yapısal boşluklara girerken polimerin moleküler yapılarının arasını zorla açar. Buna yapılar arası şişme denir. Eğer çözücü molekülleri yapıların içine girerse, makromoleküller zorla açılır. Buna da yapı içi şişme denir. Çözücü içeriği artarken, polimer yapısı yavaş yavaş birbirinden ayrılır ve çözeltide içinde çözücü bulunan oynak bir polimerik ağ yapı meydana gelir [86].

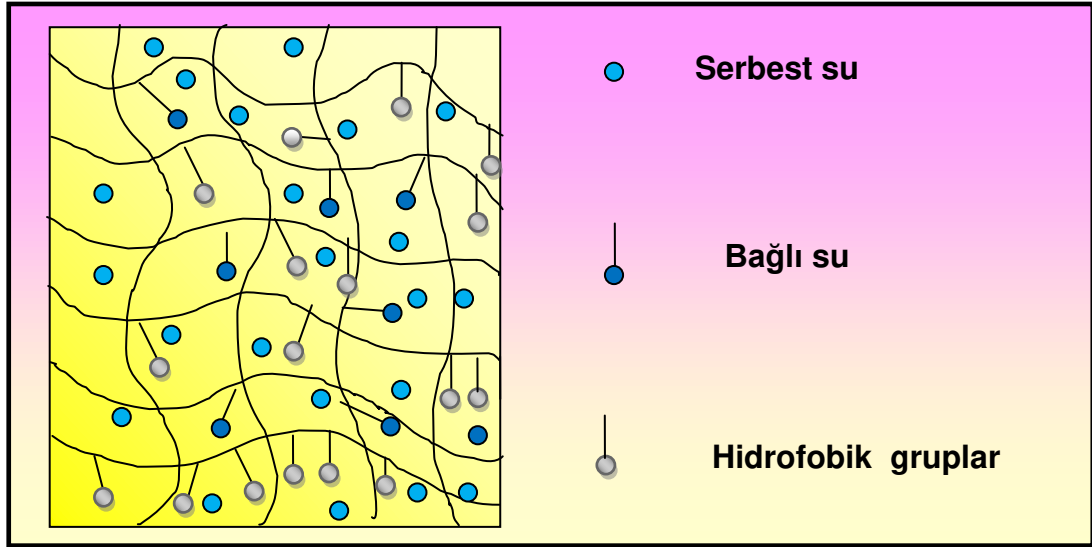
Şişme sınırlı veya sınırsız olabilir. Sınırsız şişme kendiliğinden çözeltiye dönüşen şişmedir. Böyle bir olaya çözünme denir. Küçük moleküllu bir sıvının hareketliliği çok yüksek, makromoleküllerin hareketliliği ise tersine çok düşüktür. Bu yüzden büyük moleküller bir çözücü fazına geçmekte zorlanırlar ve bir polimer çözünmeden önce içine çok miktarda sıvı alarak şişer. Sınırlı

şişme küçük moleküllü sıvılar ile polimerlerin etkileşmesidir. Sıvıların polimer tarafından tutulma aşaması sınırlandığı zaman, polimerin kendiliğinden çözünmesi mümkün olmaz yani polimer zincirleri tam olarak ayrılamazlar. Sonuçta birisi küçük moleküllü sıvının polimerdeki çözeltisi ve diğeri saf haldeki küçük moleküllü sıvı olmak üzere iki faz bir arada bulunur. Bu fazlar açıkça gözle görülebilir bir ara yüzey ile ayrılmıştır ve dengededir.

Eğer polimer kimyasal bağlardan meydana gelen bir ağ yapıya sahipse, polimerin ısısal bozunma sıcaklığının altındaki herhangi bir sıcaklıkta zincirler birbirinden ayrılamaz. Bu nedenle, çapraz bağlı polimerler doğal olarak çözünmez ama jel oluşturarak şişebilirler. Şişme, polimerik ağ yapılarının karakteristik bir özelliğidir. Çapraz bağlanma miktarına bağlı olarak polimerik ağlar çözünmeden çok yüksek miktarda sıvı absorplayabilirler [87].

Çapraz bağlı homo veya kopolimerik yapıların hidrojel olarak tanımlanabilmesi için daha önce de belirtildiği gibi yapısında $-OH$, $-NH_2$, $-COOH$, $-COOR$ gibi hidrofilik fonksiyonel grupların bulunması gerekir. Bu gruplar su ile etkileşerek hidrojen bağlarını oluştururlar. Bağlı duruma geçen su ile çevrilen hidrofilik gruplardan dolayı jelin hacmi ve kütlesi artar, jel şişmeye başlar. Bir jeldeki hidrofilik grupların fazlalığı şişmeyi çok daha fazla artırır. Şişmiş bir hidrojelde üç tür su bulunmaktadır [88-90].

- Bağlı su; polimerin polar grupları ile hidrojen bağları yapan sudur.
- Ara yüzey suyu; polimerin hidrofobik grubu çevresinde toplanan sudur. Bağlı su gibi sıkıca bağlı değildir.
- Serbest ya da kütle suyu; çapraz bağlı polimerlerin gözeneklerini dolduran bu su, normal su gibi davranır. Yani bir bağ söz konusu olmadan su molekülleri fiziksel olarak gözenekler içinde yer alırlar. Hidrojellerdeki suyun konumunun şematik gösterimi Şekil 2.10'da sunulmuştur



Şekil 2.10. Şişmiş bir hidrojeldeki suyun bulunma çeşitleri

2.4.3. Hidrojellerin şişmesini etkileyen faktörler

Hidrojeller bir çözücü ile temas halinde olduğunda osmotik basınç dolayısıyla şişer ve jel hacminde önemli değişiklikler meydana gelir. Bu hacim değişimi tasarlanan hidrojellerin fiziksel ve kimyasal özellikleri dışında bulundukları ortamın sıcaklık, pH, çözücü bileşimi, elektrik alan, kullanılan polimerin izoelektronik noktası gibi pek çok parametreye de bağlıdır [8,67,91].

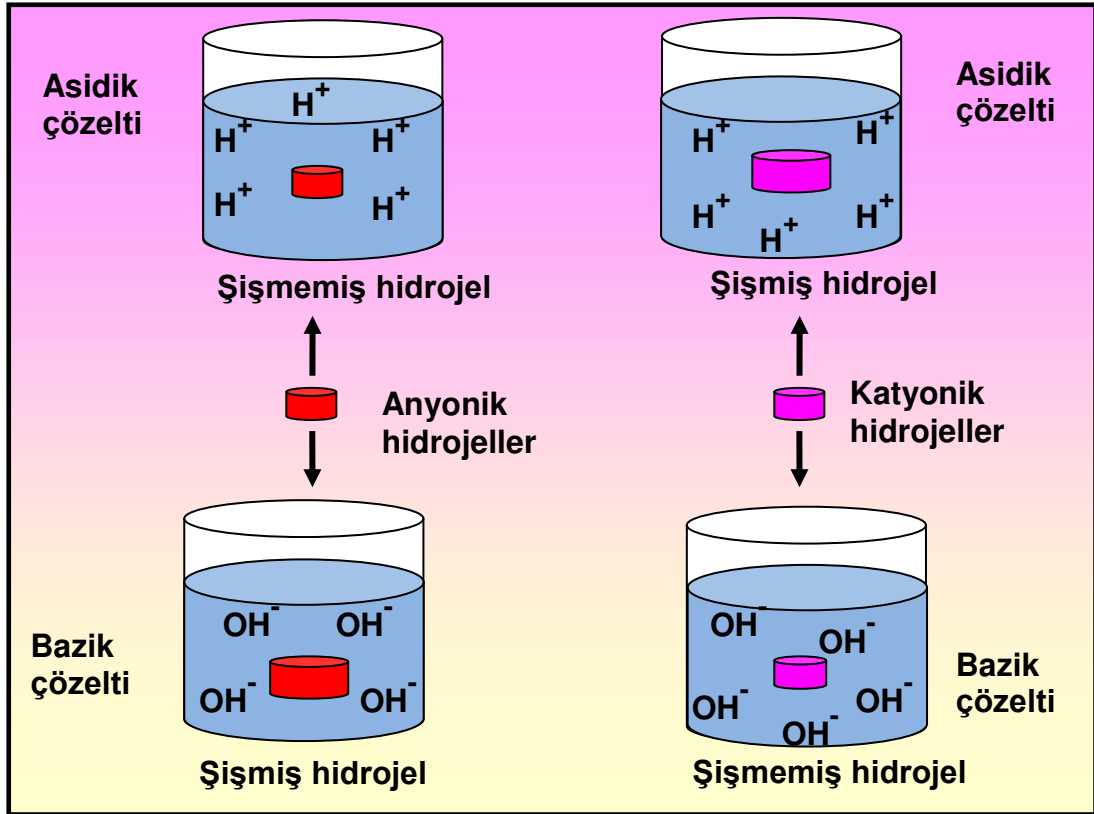
Hidrojellerin şişme özelliğini etkileyen önemli faktörlerden biri çapraz bağlanma oranıdır. Çapraz bağlanma oranı, çapraz bağlayıcının mol sayısının, polimerin tekrarlanan biriminin mol sayısına oranı olarak tanımlanır. Çapraz bağlanma oranının yüksek olması daha çok çapraz bağlayıcının hidrojel yapının içine girmesi demektir. Yüksek çapraz bağlı hidrojellerin yapıları daha sıkidır ve bunlar düşük çapraz bağ oranlarına sahip olanlara nazaran daha az şişerler. Çapraz bağlanma derecesini değiştirmek hidrojele istenilen mekanik özellikleri kazandırmak için kullanılır. Yapıdaki çapraz bağlanma derecesini arttırarak sağlam bir jel elde edilebilir. Fakat yüksek derecede çapraz bağlanma daha kırılğan bir yapı meydana getirir.

Bundan dolayı sağlam ve elastik özellikte bir hidrojel elde etmek için optimum çapraz bağlanma derecesinin belirlenmesi gerekir [8,67].

Polimerin kimyasal yapısı hidrojellerin şişme oranını etkileyen bir başka etkidir. Hidrofilik gruplara sahip olan hidrojeller, hidrofobik grup içerenlerle kıyaslandığında daha yüksek derecede şişerler. Hidrofobik gruplar, suyun bulunduğu ortamlarda kendi içlerine kapanarak su moleküllerinin yapıya nüfuz etmesine engel olurlar.

Çevreye duyarlı hidrojellerin şişme özellikleri belirli bazı uyarılardan etkilenebilir. Hidrojeller çevresel koşullarda meydana gelen küçük dış değişimler karşılığında oldukça büyük ve ani, fiziksel ve kimyasal değişimler gösterebilirler. Bu tür hidrojeller “uyarı-cevap polimerleri”, “akıllı veya çevreye duyarlı polimerler” olarak adlandırılırlar. Bu amaçla hazırlanan hidrojeller dış ortamdan gelen herhangi bir uyarı sonucunda yapısal değişime uğrayarak tersinir fiziksel veya kimyasal özellikler gösterirler [92,93]. Hidrojel sistemlerinin değişik cevaplar vermesine neden olan uyarılar; fiziksel (sıcaklık, elektrik alan, ışık, basınç, ses, manyetik alan), kimyasal (pH, iyonlar) veya biyolojik/biyokimyasal (biyomolekül) olmak üzere sınıflandırılabilirler.

Ortamın iyonik şiddet ve pH’sındaki değişiklikler bir grup hidrojin şişme özelliklerini etkileyebilir [74]. Ana zincirde iyonlaşabilen gruplar içeren polimerler sulu sistemlerde polielektrolit oluştururlar. pH-duyarlı hidrojeller, polielektrolit yapısında olup, ortam pH’sına bağlı olarak tersinir iyonlaşma özelliği gösterirler. pH-duyarlı hidrojeller, pH değişimine karşı iyonlaşmayı ve bu sebeple jelin özelliklerini değiştiren karboksilik asit ve primer aminler gibi asılı asidik veya bazik gruplar veya sülfonik asit ve kuarterner amonyum tuzları gibi güçlü asit ve bazları içerirler [94]. Uygun pH ve iyonik şiddetli sulu ortamda, asılı gruplar iyonlaşır ve polimer ağında sabit yükler ortaya çıkmaya başlar. Böylece elektrostatik itici güç oluşturarak, hidrojin şişmesine veya büzüşmesine neden olur [95,96].

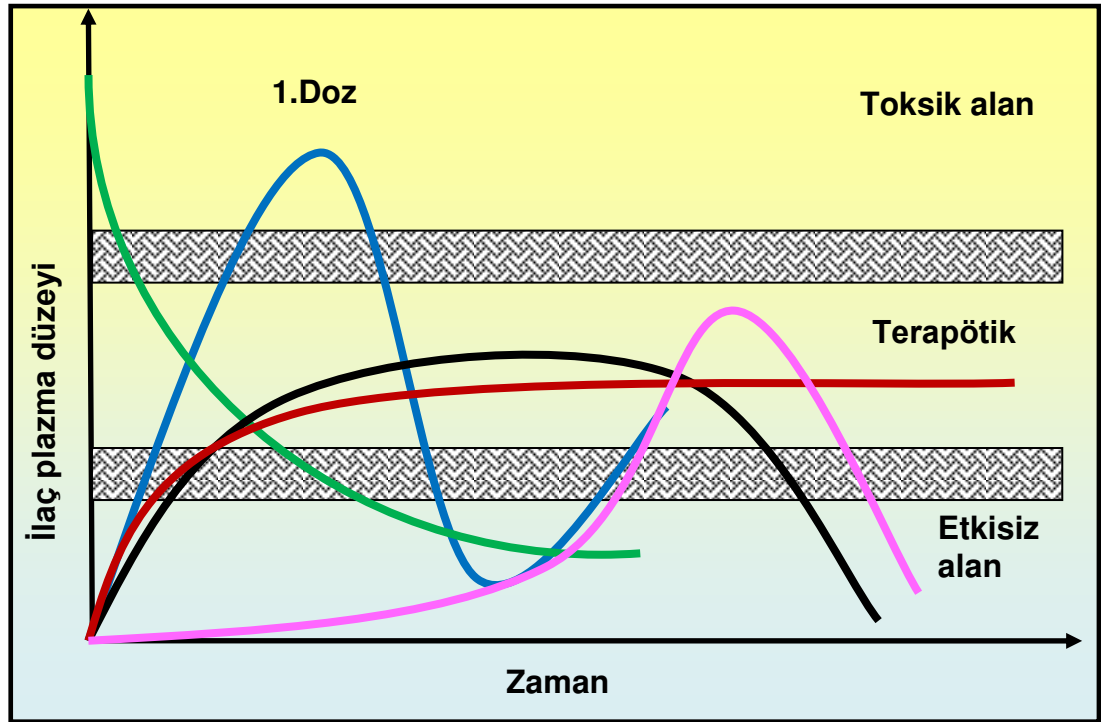


Şekil 2.11. pH duyarlı anyonik ve katyonik hidrojellerin şişmesi

Anyonik hidrojellerin asılı grupları, polimerik ağın pK_a 'sının altında iyonlaşmaz üstünde iyonlaşır. İyonların varlığıyla yüksek ozmotik şişme gücü yüzünden polimer pK_a 'sının üstündeki pH'da hidrojinin şişmesine yol açar. Katyonik hidrojeller için ise tam tersi olur, polimerik ağın pK_a 'sından daha düşük pH'da şişme söz konusudur. Şekil 2.11'de pH-duyarlı anyonik ve katyonik hidrojellerin şişmesi gösterilmiştir. Poliamfolitik hidrojeller, yapılarında pozitif ve negatif yüklerin her ikisini de bulunduran çapraz bağlı polimerik ağ yapılarıdır. Polimer zinciri boyunca iyonik türlerin bulunması poliamfolitik hidrojellerin katı, sıvı ve çözelti halinin özellikleri üzerinde belirgin farklılıkların oluşmasına sebep olur [97-99]. Zıt yüklü uçlar arasındaki çekim moleküller arası ve molekül içi iyonik etkileşimlere neden olur. Bu etkileşimler Van der Waals gücünden kuvvetli, kovalent bağdan zayıftır. Poliamfolitik hidrojellerin monomer bileşimi ile oynanıp hidrojel üzerindeki net yük değiştirilerek arzu edilen fonksiyonel özellikler elde edilebilir.

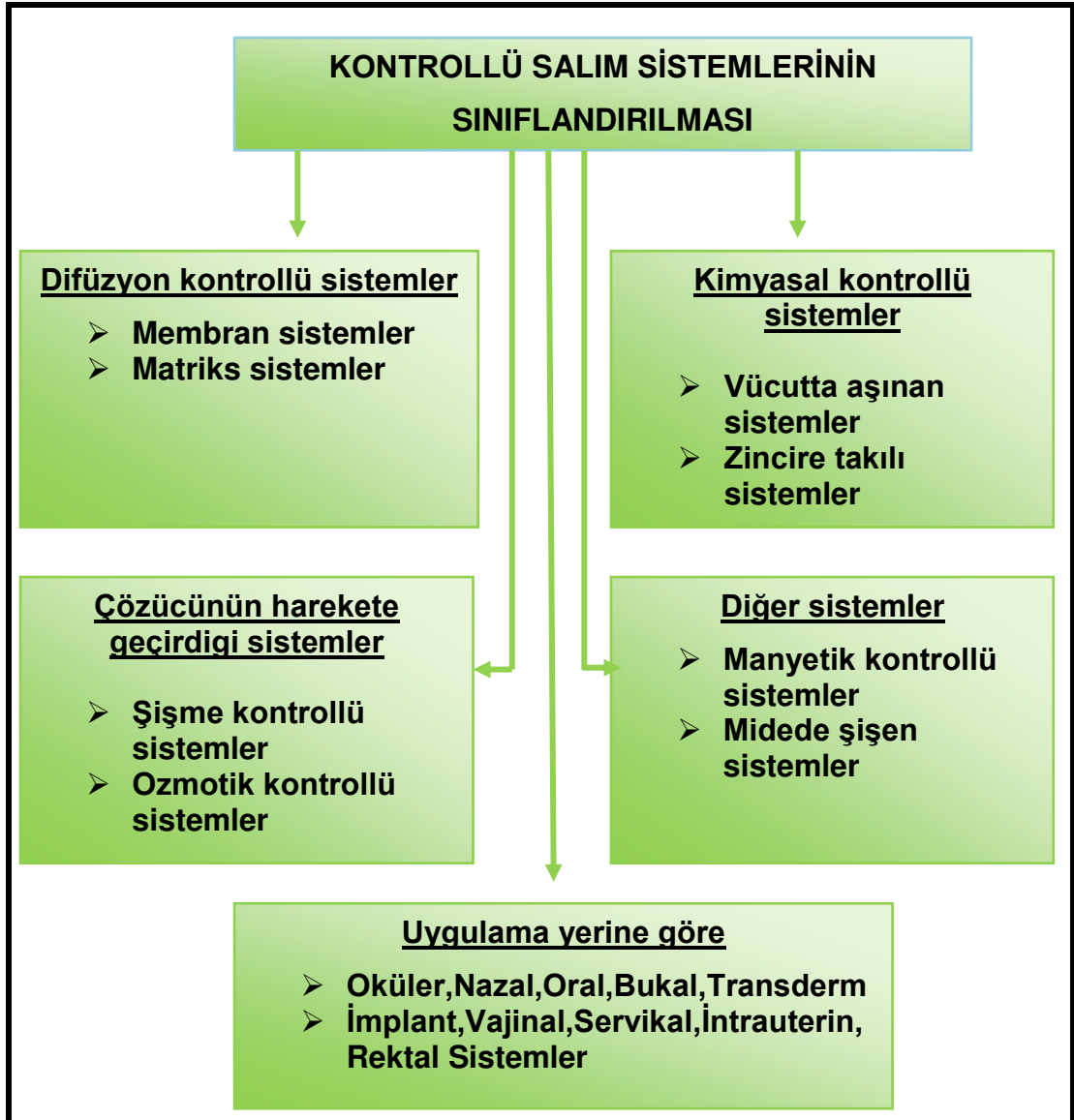
2.5. Kontrollü Salım Sistemleri

Kontrollü salım sistemleri geliştirilmeden önce, uzun etki sağlayan, ilaç salımları birbirinden farklı olan değişik isimlerle ifade edilen birçok sistem vardı. Bilinen yöntemlerin genel bir şematik gösterimi Şekil 2.12'de sunulmuştur.



Şekil 2.12. Çeşitli ilaç salım biçimlerinin etken madde kan düzeyi - zaman eğrileri türleri: Enjeksiyon (—), Standart Dozaj (—), Kontrollü salım (—), Sürekli salım (—), Geciktirilmiş salım (—)

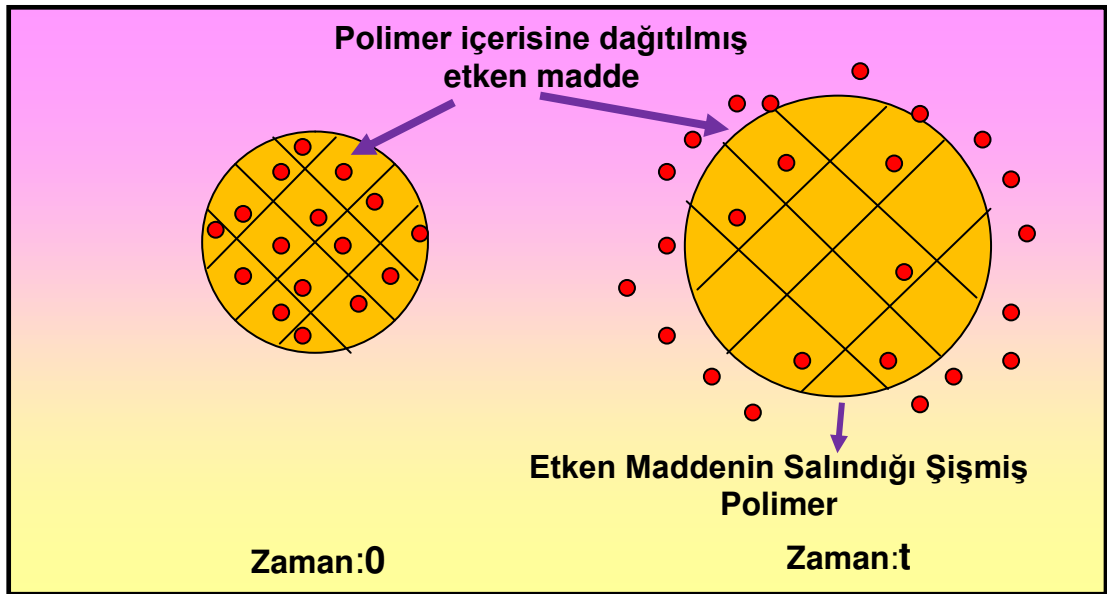
İlaç alanındaki çalışmalara konu olan kontrollü salım yapan sistemler zamanla çok çeşitli uygulama alanları bulmuştur. İlaç dozunu azaltma, ilaç salım aralığını uzatma, yan ve zararlı etkilerden arındırma hatta ilacı hedef bölgeye gönderme çalışmaları bu amaca yöneliktir ve bu beklentilere en iyi yanıt veren kontrollü salım sistemleridir. Bu sistemlerin tümünde etken maddenin salımı için uygulanan çeşitli mekanizmalar vardır [100]. Şekil 2.13'de kontrollü salım yapan sistemlerin sınıflandırılması verilmiştir.



Şekil 2.13 Kontrollü salım sistemlerinin sınıflandırılması

Matriks sistemlerde etken madde polimer içinde çözünmüş ya da dağıtılmıştır. Matriks sistemlerin hazırlanması kolay ve ucuzdur. Bu sistemlerde difüzyon hızı sabit olduğundan, derinlerdeki moleküllerin matriksten çıkması çok daha uzun zaman alır, dolayısıyla salım hızı düşer. [101,102]. Şişme kontrollü sistemlerde etken madde bir hidrojel içinde çözülür veya dağıtılır [103]. Son yıllarda toksik olmayışları nedeniyle doğal polimerler bu tür sistemlerin hazırlanmasında tercih edilmeye başlanmıştır. Hidrojellerin dinamik şişme davranışı polimerik ağı yapısı ve polimer-çözücü

etkileşimleri ile kontrol edilebilir. Etkin madde camsı polimerik ağın içine alındığı zaman Şekil 2.14’de görüldüğü gibi su geçişi etkin madde salımı ile ilişkili olarak kontrol edilir. Etkin madde başlangıç da şişen jel içinde dağılmış ya da çözünmüş durumdadır. Çözücünün buharlaştırılması ile içinde dağılmış bir şekilde madde bulunduran camsı polimerik matriks elde edilir. Bu sistem tipik şişebilen kontrollü salım sistemidir [104,105].



Şekil 2.14. Şişme kontrollü salım sistemlerinin şematik görünümü

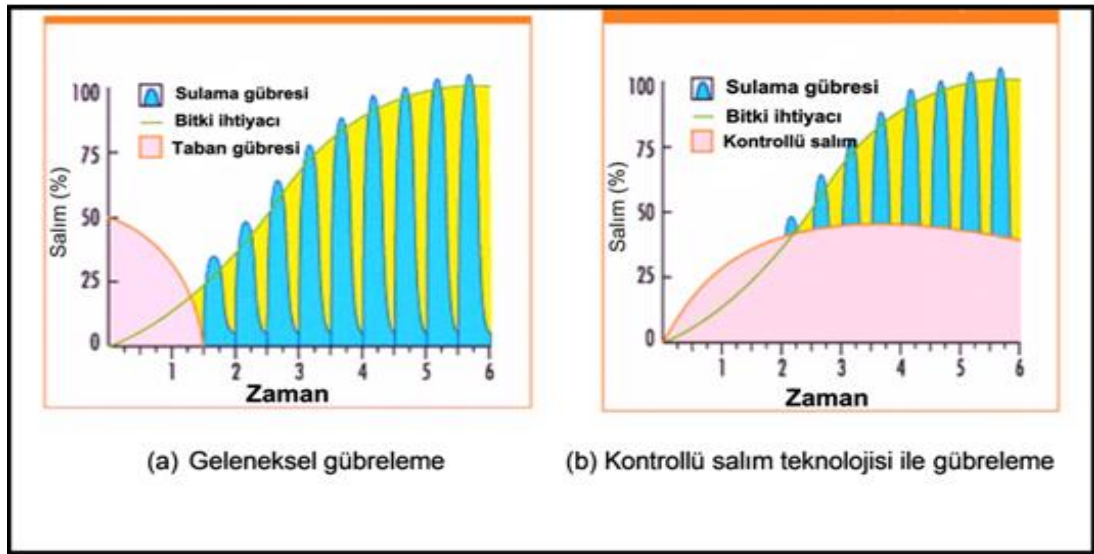
2.6. Tarımsal Uygulamalarda Kontrollü Salımın Yeri

BGD’ler, gübre, zirai ilaçlar ve su tarımsal üretimi belirleyen en önemli faktörlerdendir ve çok bilinçli kullanılmalıdır [106]. Kontrollü gübre salımının amacı, besin içeriğini yavaş bir şekilde serbest bırakarak bitkinin besin ihtiyacını düzenli ve çevreye zararlı olmayacak şekilde karşılamaktır [107-109]. Kontrollü salım sistemlerinin zirai amaçlı kullanımlarının temel avantajları:

- Bu sistemlerinin uygulanmasıyla, daha az aktif madde kullanılması sağlanmış olunur. Bu yöntemle geleneksel metotla uygulanandan

daha uzun bir periyotta etkisini göstermesi sağlanır. Şekil 2.15' de verilen grafik kontrollü salım sistemleri ile gübrelemenin etkisini göstermektedir.

- Bu sistemlerde aktif maddeler genellikle polimerik bir kafes ile kapatılmakta, böylelikle mikroorganizmaların aktif maddeyi parçalamaları engellenmekte ve yarılanma ömrü uzamaktadır.
- Bu sayede gübreleme sıklığı azalmaktadır.
- Çevre kirliliği önlemektedir.
- Sürdürülebilir tarımın uygulaması yapılabilmektedir [107].
- Tarım ilaçlarını aynı aktiflik periyodunda daha az kullanımını mümkün hale gelmektedir.
- Yarı ömrü kısa olan tarım ilaçlarının daha verimli kullanılması sağlanmaktadır.

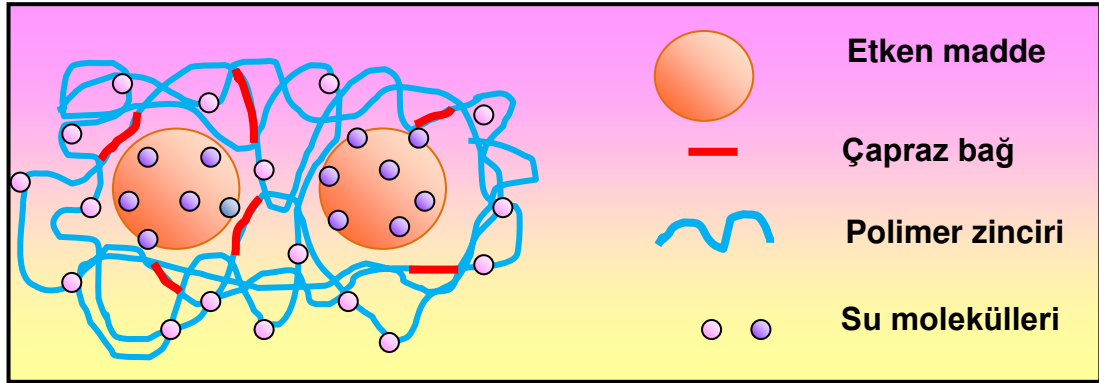


Şekil 2.15. Kontrollü salım teknolojisi ile gübreleme etkisi

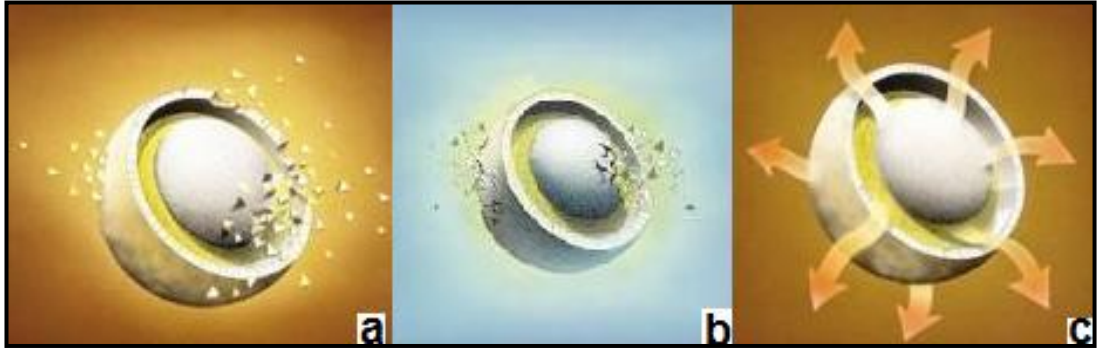
Geleneksel metotlar uygulandığı zaman tarım ilaçları genellikle süzülme, buharlaşma ve parçalanma (fotolitik, hidrolitik ve mikrobial olarak) etkilerine maruz kalmaktadır [110]. Tarım ilaçları polimerik yapıların içerisine kimyasal olarak bağlanır veya tutuklanırsa, toprağa veya herhangi bir ortama uygulanması sonucu, aktif maddenin salımı kullanılan polimerin yapısına

bağlı olarak kontrollü serbestleşir. Bu yöntemle aktif maddenin parçalanma, buharlaşma, buharlaşma ya da süzülme yoluyla kaybı an aza indirilmiş olur.

Gübrelerin yavaş ya da kontrollü salımı için çeşitli formülasyonlar mevcuttur. İlk olarak basit imalatı ile matriks tipi yapılar öne çıkmaktadır. Gübre matriks içinde aktif olarak dağıtılır ve zaman içinde salım ortamında matriksten dışarı difüzenir [111]. Gübre salımını düzenleyen başka bir yol, gübreyi polimerik yapılarla kaplamaktır. Bu kaplama malzemesi gübre ve diğer maddeler ile tepkimeye girmeme özelliğinde olmalıdır. Gübreler suda şişebilen veya çözünabilen kapsüller içine hapsedilmesi de kontrollü salımda kullanılabilecek bir yöntemdir. Gübrenin salımı materyalden difüzyon ile kontrol edilir [112]. Kontrollü gübre salımında diğer bir yol ise üre-formaldehit, polifosfatlar gibi ürünlerin kullanılması ve salımın kimyasal olarak kontrol edilmesidir [113,114]. Şekil 2.16 ve Resim 2.10' da tarımsal olarak aktif maddelerin polimerik yapıdan hangi şekillerde salındığı şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.16. Kontrollü salım formülasyonunun toprakta madde salımı



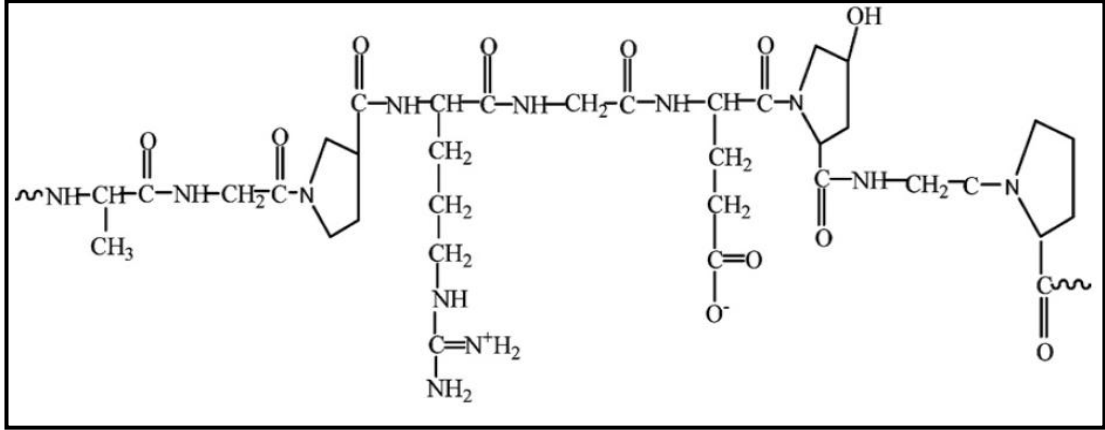
Resim 2.10. Aktif maddenin a) Polimer matriksin zamanla aşınmasıyla b) Mikrobiyal etkinlikler ile c) Difüzyon ile salımı

2.7. Çalışmalarda Kullanılan Temel Kimyasal Maddeler ve Tohumlar Hakkında Temel Bilgiler

2.7.1. Jelâtin

Jelâtin ilaç ve tıbbi uygulamalarda kullanılan polipeptit moleküllerinden oluşan, toksik olmayan, biyouyumlu bir doğal polimerdir [8]. Bu polimer hayvan derisinin, kemiğinin ve bağlayıcı dokuların temelini oluşturan, lifli bir protein olan kollajenin, termal bozunmasıyla elde edilir [6]. Jelâtin üretimi kollajenlerin yüksek sıcaklıkta asidik veya bazik ortamda hidroliziyle gerçekleşir. Kollajenlerin termal denatürasyonu sırasında fiziksel ve kimyasal parçalanmalar gerçekleşir, hidrojen bağları koparak polipeptit zincirlerinin birbirinden ayrılır ve jelâtin molekülleri açığa çıkar [115]. Jelâtin molekülleri hem negatif hem de pozitif yükler içerdiğinden izoelektronik noktaya sahiptir. Kollajenlerin bazik ortamda hidroliziyle Tip A, asidik ortamda hidroliziyle Tip B olarak adlandırılan iki tür jelâtin polimeri elde edilir. Bu sebeple A tipi jelâtin moleküllerinin izoelektronik noktası 9, B tipi jelâtinin ise 5 civarındadır [116,117]. Jelâtin sıcak suda kolaylıkla çözünür. Soğuk suda ise şişer ve yumuşar. Sıcakta moleküllerinin fiziksel hareketlilikleri, suda çözünmesini kolaylaştırmaktadır. Ağırlığının 5 ile 10 misli suyu absorbe etme yeteneğine sahiptir. 35-40°C sıcaklıkların altında jelleşme özelliğindedir [118,119]. Jelâtin zincirleri üçlü spiral halde bulunan polimerik guruplardır. Soğutma oranına bağlı olarak bu zincirlerin jel sıcaklık noktası altında hareketlilikleri kısmen

kısıtlanır. Jelâtin eter, kloroform gibi organik çözücülerde çözünmez. Jelâtinin kimyasal yapısı Şekil 2.17’de gösterilmiştir.



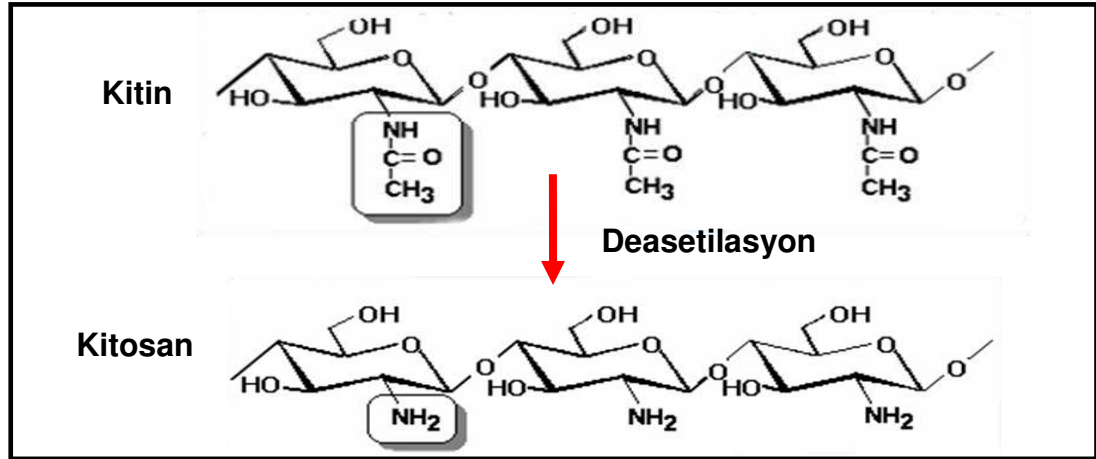
Şekil 2.17. Jelâtinin kimyasal yapısı

Jelâtin moleküllerinin sulu çözeltilerinde farklı yüklerin arasında mevcut elektrostatik çekim kuvvetleri etkindir. Jelâtin hidrojeller fiziksel olarak hidrojen bağları, kimyasal olarak da protein zincirlerinin birbiriyle kovalent bağlanması sonucu oluşur. Jelâtin zincirleri bu şekilde birbirine bağlandığında sulu çözeltilerin de şişme özelliği gösterir. Fonksiyonel gruplarının kimyasal olarak bağlanması için GA, karbodimid, polivinilalkol gibi çapraz bağlayıcı kimyasallar kullanılabilir. Jelâtinin UV ve gama ışınlanması yoluyla fiziksel çapraz bağlanması da mümkündür. Kullanılan bu çapraz bağlayıcılar ile jelatinin termal ve mekanik dayanıklılığını artırılır [8]. Jelâtin; eczacılıkta (tablet, pastil, sert-yumuşak kapsül), gıda endüstrisinde, kozmetikte, ilaç taşıyıcı sistemlerde, implantlarda, yara tedavisi gibi pek çok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır [115].

2.7.2.Kitosan

Kitosan, poliaminosakkarit olup amorf yapıda katı bir polimerdir [120]. Kitosan, kitinin alkalın deasetilasyon ile elde edilir. Kitin; uzun ve dallanmış yapıya sahip bir polisakkarittir olup selülozun ikinci karbonunda bulunan

-OH grubunun -NHCOCH₃ grubu ile yer değiştirmiş türevi olarak düşünülebilir. Kitinden, kitosan eldesi Şekil 2.18’de verilmiştir.

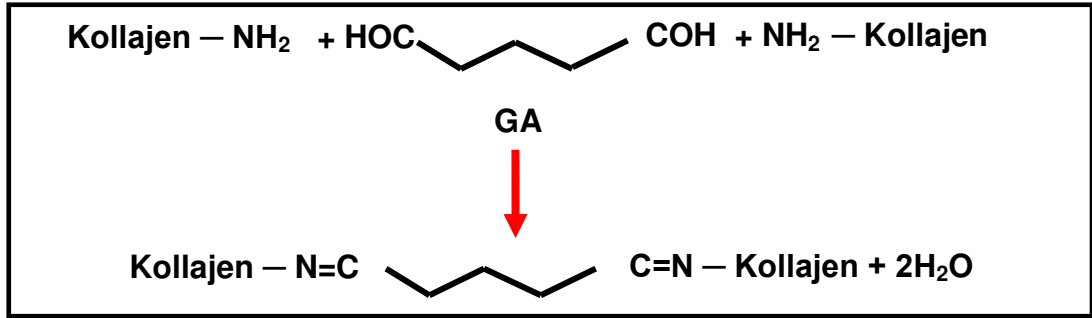


Şekil 2.18. Kitinden kitosan eldesi

Kitin, genel olarak bazı deniz kabuklularının, yumuşakçaların ve böceklerin kabuklarında yer almaktadır [121,122]. Kitosan suda hemen hemen hiç çözünmez; formik asit ve asetik asit gibi organik asitlerin sulu çözeltilerinde çözünür. [123,124]. Kitosanın özellikleri N-asetil grubunun süstitüsyon derecesine, polimerizasyon derecesine ve üretim prosesi ile kullanılan kitinin özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Kitosan kontrollü salım sistemlerinde çok kullanılır ve bu amaçla mikroküre, implant ve insertleri hazırlanmıştır [125,126].

2.7.3. Glutaraldehit (GA)

GA tıp, eczacılık gibi pek çok alanda kullanılan önemli bir kimyasaldır. Çapraz bağlama gücü çok yüksek olduğundan kimyasal çapraz bağlayıcı olarak tercih edilen maddeler arasında GA yaygın kullanım alanına sahiptir. GA'nın yapısında bulunan aldehit grupları serbest amino grupları ile reaksiyon vererek polipeptit zincirlerini oluşturur. Şekil 2.19’da GA'nın kimyasal yapısı polipeptit zincir oluşum tepkimesi gösterilmiştir.

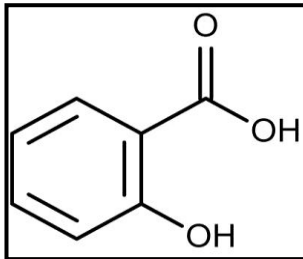


Şekil 2.19. GA'nın kimyasal yapısı ve kimyasal reaksiyonu

GA jelâtin, kitosan, kollajen gibi pek çok doğal polimeri çapraz bağlama ve hidrojel hazırlama amaçlı kullanılabilir. Hidrojel oluşumunda kullanılan GA miktarına bağlı olarak bir dakikadan daha az süren jelleşmeler gözlenir. GA kolay bulunması ve ucuz olması nedeniyle de çok tercih edilen bir çapraz bağlama ajanıdır. GA mikroorganizmalar için kısmen toksik etki göstermesine karşın biyoaktif sisteme kazandırdığı avantajlardan dolayı %1'in altındaki derişimlerde kullanılarak toksik etki en aza indirilir. Bu sayede immobilizasyon alanında da rahatlıkla kullanılır [127].

2.7.4.Salisilik asit (SA)

SA, yüksek bitkiler ve bazı mikroorganizmalar tarafından sentezlenen bir BGD' dir. İlk kez söğüt ağacından elde edilen SA'nın tütünde çiçeklenmeyi uyardığı ve sürgün oluşumunu teşvik ettiği saptanmıştır [128]. SA'nın kimyasal yapısı Şekil 2.20'de gösterilmiştir.



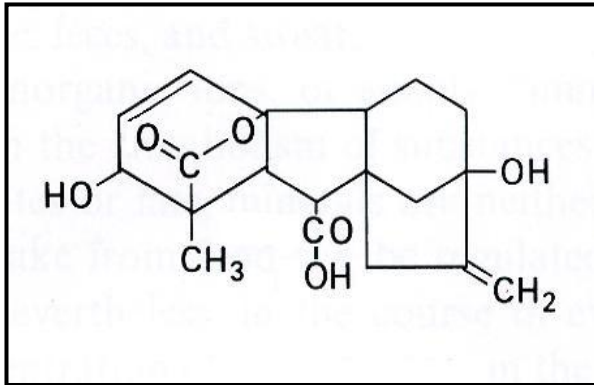
Şekil 2.20.SA'nın kimyasal yapısı

SA'nın bitkide bakteri, mantar ve viral enfeksiyonlara karşı sistemik kazanılmış direnci uyandırma etkisi vardır [129]. Ayrıca bazı bitkilerde nitrat aktivitesi ve kuru madde miktarının artmasına yol açabilmektedir [130,131]. SA'nın en önemli kullanım alanları;

- Tuzluluk, yüksek ve düşük sıcaklık, su, ağır metal, don ve kuraklık gibi stres şartlarında bitkilerin toleransını sağlamak,
- Fasulyede tane verimini artırmak,
- Baklagil bitkilerinde nodül oluşumunu artırarak çiçeklenmeyi teşvik etmektir.

2.7.5. Gibberellik asit (GA_3)

GA_3 , 108 çeşit gibberellinler ailesinin önemli bir elemanıdır. İlk kez partenokarpik elmadan elde edilmiştir [33]. GA_3 'ün kimyasal yapısı Şekil 2.21'de gösterilmiştir.



Şekil 2.21. GA_3 'ün kimyasal yapısı

GA_3 'ün en önemli kullanım alanları;

- Limonda meyve olgunluğunu geciktirmek,
- Patatesten dormansi kırarak çimlenmeyi uyarmak,
- Çeşitli süs bitkilerinde çiçek verimini ve kalitesini artırmak,
- Kerevizde gelişmeyi teşvik etmek,
- Kirazda daha iyi renk ve iri tane elde etmek,

- Hasat süresini uzatmak,
- Enginarda hasat süresini uzatmak için olgunlaşmayı geciktirmek,
- Fasulye, bezelye, pamuk, çeltik, soya ve buğdayda çabuk çimlenmeyi sağlamaktır.

2.7.6. Tohumlar

Yabani patlıcan tohumu (*Solanum torvum*): Yabani patlıcan tohumları parlak yuvarlağa yakın şekilli, basık, 1-1,5 mm eninde 3-4 mm boyundadır. Çimlenme güçlerini 3-4 yıl muhafaza ederler. Optimum çimlenme sıcaklığı 25-30 °C olup, uygun koşullarda 10-12 gün içinde çimlenirler [132].

Yabani patlıcan, patlıcangiller (Solenaceae) familyasına ait Afrika orijinli kuvvetli kök yapısına sahip, tuzlu ve kurak topraklara uyum sağlamış bir türdür. Son yıllarda aşılama ile sebze fidesi üretimi hızla gelişmektedir. Aşılı sebze fidesi, hastalık bulaşmış olan topraklarda daha yüksek verim alma ve strese dayanım açısından avantaj sağlamaktadır. Yabani patlıcan özellikle domates ve patlıcan fideciliğinde anaç olarak kullanılmaktadır. Yabani patlıcan bitkisi Resim 2.11’de sunulmuştur.



Resim 2.11. Yabani patlıcan bitkisi

Domates tohumu (*Lycopersicum escelentum*): Domates tohumları 1 mm kalınlığında, 2-4 mm uzunluğunda ve genişliğinde olup basık şekillidir. Kurumuş tohum taba renginde olup üzeri yoğun bir tüy tabakası ile kaplıdır.

Domates tropikal bölgelerde çok yıllık, diğer bölgelerde ise tek yıllık bir kültür bitkisidir. Ilık ve sıcak iklimlerde yetişir. Soğuklardan çok zarar görür. Domateslerde normal bir gelişmenin meydana gelebilmesi için, sıcaklığın en az 16-19°C arasında olması gerekir. Sıcaklık 13°C'nin altına düştüğünde olgunlaşması gecikir ve mahsul miktarı azalır. Toprak istekleri bakımından kumludan killiye kadar her tür toprakta yetişebilir. Derin, geçirgen su tutma kapasitesi iyi, humus ve besin maddelerince zengin toprakları sever. Kumlu topraklarda erken ürün verir. En uygun toprak pH'sı yaklaşık 6,5 civarındadır [133].

Türkiye sofralık ve sanayi tipi domates üreten ve dış satım yapan ülkeler arasında önemli bir yere sahiptir. Çin yaklaşık 31,6 milyon tonluk üretim yapmakta ve toplam dünya üretiminden %32'lik payı ile 1. sırada yer alırken, ABD 12,8 milyon ton ile 2. sırada ve 9,7 milyon tonluk üretimiyle de Türkiye 3. sırada yer almaktadır.

Biber tohumu (*Capsicum annuum*): Biber tohumları geniş, oval, sarımtırak parlak renkte ve tohum kenarları kalkık ve orta kısmı basıktır. Bir gram tohumlukta 150-180 adet tohum bulunur.

Biber ılık iklimlerde yıllık, tropik iklimlerde ise birkaç yıllık kültür bitkisidir. İklim isteği yönünden ılık ve sıcak iklim sebzesidir. Tohumlar karanlıkta daha iyi çimlenir. Optimum çimlenme sıcaklığı 25-30°C'dir. Toprak istekleri bakımından fazla seçici değildir. Ancak iyi bir gelişme ve verim için oldukça derin, geçirgen su tutma kabiliyeti yerinde, besin ve organik maddelerce zengin topraklar tercih edilir. Bitkinin kökleri narin yapıda olduğu için ağır killi, havasız ve su tutan topraklarda iyi gelişmez. Toprak pH'sının 6,0-6,5 arasında olması istenir [133].

Biber, ülkemizde olduğu gibi bütün dünyada yaygın olarak ve çok fazla tüketilen bir sebze türüdür. Türkiye biber üretiminde 1,84 milyon ton ile dünyada 2. sırada gelmektedir. Biber üretiminin % 82'si açık alanlarda, % 18'lik kısmı da seralarda üretilmektedir.

Ateş çiçeği tohumu (*Salvia splendens*): Ateş çiçeği tohumları siyah renkte olup 1 mm kalınlığında ve 2-3 mm uzunluğundadır . Besince zengin ve nemli toprakları ve bol güneşli ortamları seven ateş çiçekleri, hafif gölge yerlerde de iyi gelişme gösterirler. Optimum çimlenme sıcaklıkları 16-18 °C'dir [134].

Ateş çiçeği, çok dallı, dikine gelişen, bodur ve boylu tipleri olan sürgün uçlarında parlak ve kırmızı renkli bol çiçek açan mevsimlik bir çiçektir. Ateş çiçeği park ve bahçelerde süsleme amaçlı kullanılmaktadır. Resim 2.12'de ateş çiçeği bitkisi sunulmuştur.



Resim 2.12. Ateş çiçeği bitkisi

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu bölümde yürütülen deneysel çalışmalar ayrıntıları ile alt başlıklar halinde anlatılmıştır.

3.1. Kullanılan Kimyasal Maddeler ve Cihazlar

- Kitosan (Aldrich)
- Jelâtin (Fluka)
- GA (%25, Sigma-Aldrich)
- HCl (Birpa)
- Asetik asit (Merck)
- NaOH (Merck)
- GA₃ (Merck)
- SA (Merck)
- Sodyum tripolifosfat (TPP) (Sigma-Aldrich)
- H₃PO₄ (Merck)
- Etil alkol (Sigma)
- Borik asit (Merck)
- Etüv (Ultralab U-120)
- İnkübatör (Binder)
- Terazî (Scaltec)
- Su banyosu (Memmert)
- Manyetik karıştırıcı (Şimşek Laborteknik)
- pH metre (Cyberscan 500)
- UV -VISIBLE spektrofotometresi (Labomed Double Beam UV-visible spektrofotometre)
- Çalkalamalı inkübatör (İnfers)
- Vorteks (Fisher Scienfitic)
- Torf (Potgrond H)
- Etüv iklim dolabı (Nüve)
- *Lycopersicum escelentum* tohumu (Beta)

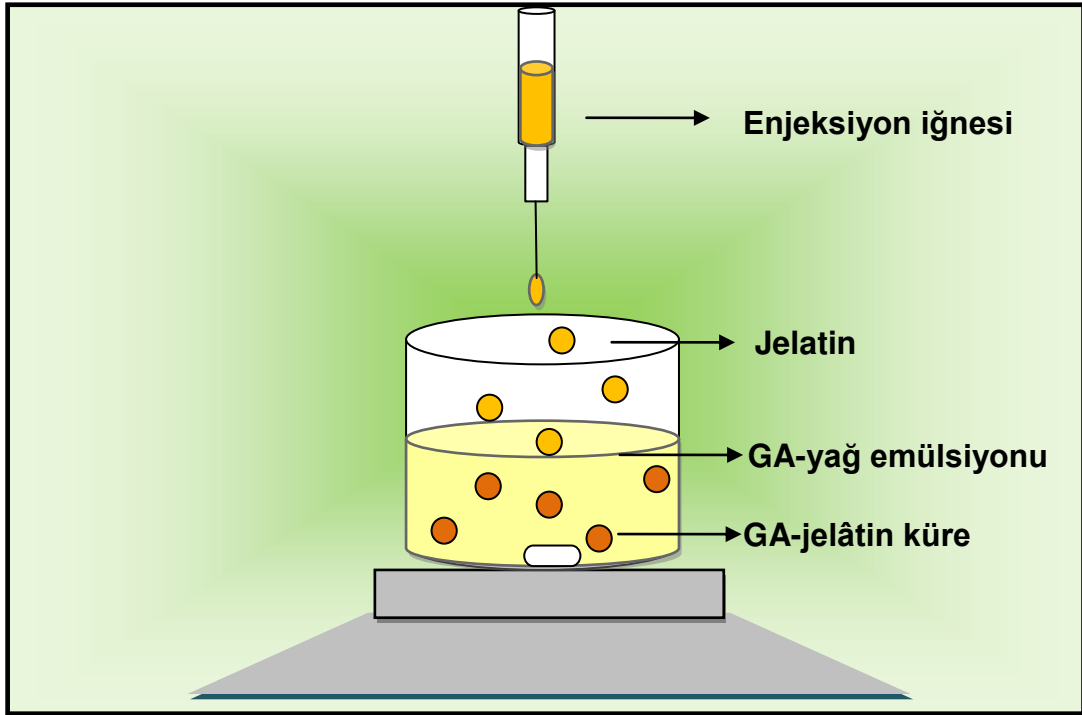
- *Salvia splendens* tohumu (Anadolu Tohum)
- *Solanum torvum* tohumu (Tera Grup)
- *Capsicum annuum* tohumu (Beta)

3.2. Hidrojellerin Hazırlanması

Tarımsal uygulamalarda kullanılabilirliğini gözlemek üzere bir seri hidrojel hazırlandı. Hidrojeller doğal polimerler olan kitosan ve jelâtininden GA ve TPP çapraz bağlayıcısı kullanılarak sentezlendi. Ayrıca her iki polimerin karışımlarını içeren formüller de üretildi. Bu hidrojellerin küre ve disk formlarında yapılmasına karar verildi. Aşağıda tüm bu süreçler alt başlıklar halinde anlatılmıştır.

3.2.1. Jelâtin kürelerin hazırlanması

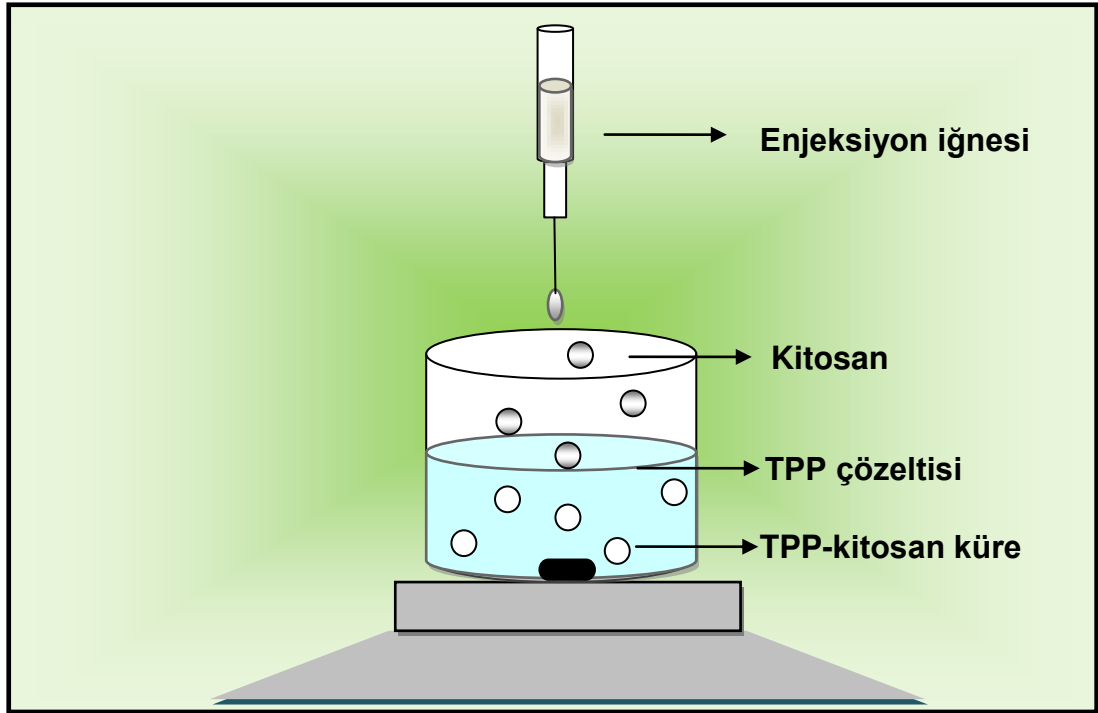
%7, %10 ve %14'lük jelâtin çözeltilerinin, zeytin yağı- GA, (20 mL yağ - 5 mL GA) emülsiyonuna enjeksiyon iğnesi kullanılarak damlatılması ile jelâtin küreler elde edildi (emülsiyon iyonotropik jelasyon yöntemi) [135]. GA-yağ emülsiyon sisteminde jelatin kürelerin elde edilişi şematik olarak Şekil 3.1'de verildi.



Şekil 3.1. GA-yağ emülsiyon sisteminde jelatin kürelerin elde edilşinin şematik gösterimi

3.2.2. Kitosan kürelerin hazırlanması

%5'lik asetik asit çözeltisinde 24 saat magnetik karıştırıcıda karıştırarak %1'lik kitosan çözeltisi hazırlandı. Bu çözeltinin enjeksiyon iğnesi kullanılarak %1 ve %3'lük TPP çözeltilerine damlatılması ile kitosan küreler elde edildi (iyonotropik jelasyon yöntemi) [136]. TPP çözeltisinde kitosan kürelerin elde edilşinin şematik gösterimi Şekil 3.2'de verildi.



Şekil 3.2. TPP çözeltisinde kitosan kürelerin elde edililişinin şematik gösterimi

3.2.3. Jelâtin hidrojellerin hazırlanması

Çizelge 3.1’de sunulan oranlarda GA içeren jelâtin hidrojeller kimyasal çapraz bağlama yöntemi ile elde edildi. İlk basamakta %10 ve %15 jelâtin çözeltileri hazırlandı. Dört ayrı cam tüpe bu çözeltiler konulduktan sonra tüplere Çizelge 3.1’de verilen oranlara denk gelecek şekilde %25’lik GA çözeltileri ilave edildi. Bu karışımlar iyice karıştırıldıktan sonra 24 saat oda şartlarında bekletildi. Tepkime sonunda silindir bloklar şeklinde elde edilen hidrojeller cam tüpler kırılarak dışarı çıkarıldı; 0,5 cm kalınlığında diskler halinde kesildi ve oda şartlarında bir gece bekletildi. Ardından bol saf su içinde defalarca yıkanarak polimerleşmeye girmeyen bileşenlerin uzaklaşması sağlandı ve bu numuneler sabit tartıma gelinceye kadar önce havada, daha sonra 30°C’de etüvde kurutuldu [137].

Çizelge 3.1. Jelâtin hidrojellerin hazırlanmasında kullanılan maddelerin miktarları

Hidrojeller	Jelâtin (g)	GA (g)
G-1	1,0	0,4
G-2	1,0	2,0
G-3	1,5	0,4
G-4	1,5	2,0

3.2.4. Jelâtin-kitosan hidrojellerin hazırlanması

Çizelge 3.2’de sunulan oranlarda bileşenlerden bir seri jelâtin ve kitosan hidrojel yapılar elde edildi. Jelâtin ve kitosan miktarları değiştirilirken GA miktarı sabit tutuldu. Gerekli miktarda jelâtin ve kitosan içerecek şekilde %1’lik kitosan ve % 10’luk jelâtin çözeltileri cam tüpler içerisine konuldu. Üzerlerine belirtilen miktarlarda %25’lik GA çözeltisi ilave edildi ve tüpler vorteksle çalkalanıp 24 saat oda şartlarında bekletilerek hidrojel oluşumu gerçekleştirildi. Tepkime sonunda silindir bloklar şeklinde elde edilen hidrojeller cam tüpler kırılarak dışarı çıkarıldı; 0,5 cm kalınlığında diskler halinde kesildi ve oda şartlarında bir gece bekletildi. Ardından bol saf su içinde defalarca yıkanarak polimerleşmeye girmeyen bileşenlerin uzaklaşması sağlandı ve bu numuneler sabit tartıma gelinceye kadar önce havada, daha sonra 30°C’de etüvde kurutuldu.

Çizelge 3.2. Jelatin – kitosan hidrojelilerin bileşen miktarları

Hidrojeller	Jelâtin (g)	Kitosan (g)	GA (g)
JK-1	1,0	0,01	0,4
JK-2	1,0	0,02	0,4
JK-3	1,0	0,03	0,4
JK-4	1,0	0,04	0,4
JK-5	1,0	0,05	0,4
JK-6	1,0	0,06	0,4
JK-7	0,9	0,01	0,4
JK-8	0,8	0,02	0,4
JK-9	0,7	0,03	0,4
JK-10	0,6	0,04	0,4
JK-11	0,5	0,05	0,4
JK-12	0,4	0,06	0,4
JK-13	0,3	0,07	0,4
JK-14	0,2	0,08	0,4
JK-15	0,1	0,09	0,4

3.3. JK Serisi Hidrojellerin Jelleşme Yüzdelерinin Gravimetrik Olarak Tayini

Hazırlanan hidrojellerin şişme değeri incelendikten sonra, çalışmanın jelâtin-kitosan karışım hidrojelleri ile yürütülmesine karar verildi. Bu bölümden itibaren tüm deneyler JK serisi hidrojeller için gerçekleştirilmiştir. Bölüm 3.2.4’de belirtilen şekilde elde edilen jelâtin-kitosan hidrojeller yıkanmadan önce sabit tartıma gelene kadar etüvde kurutuldu (m_i). Sonra 250,0 mL saf su içine konularak ve su banyosu sürekli tazelenerek 48 saat boyunca oda sıcaklığında bekletildi. Bu süre sonunda sudan çıkarılan hidrojeller tekrar sabit tartıma gelene kadar kurutuldu (m_s). Deneyler üçer örnekle yürütüldü. Her bir hidrojelin jelleşme yüzdesi Eşitlik 3.1 kullanılarak hesaplandı [138,139].

$$\text{Jelleşme (\%)} = \frac{m_s}{m_i} \times 100 \quad (3.1)$$

3.4. Hidrojellerinin Şişme Davranışlarının Tayini

Bu bölümde üretilen hidrojellerin zaman, sıcaklık ve pH değişimlerine karşı şişme davranışları aşağıda sunulan alt başlıklarda ayrıntıları ile açıklandı.

Tüm şişme deneyleri üçer örnek üzerinden yürütüldü.

3.4.1. Hidrojellerin şişme değerilerinin zamanla değişiminin incelenmesi

Hidrojellerin şişme değerilerinin zamanla değişimi 30°C’de ve pH= 7,0’da incelendi. Yıkama işlemlerinden geçirildikten sonra etüvde kurutulup sabit tartıma getirilen disk şeklindeki kuru hidrojellerin ilk tartımları (m_0) alındı ve 50,0 mL BR tamponu (bkz. Ek:2) (pH=7,0) içeren ağzı kapalı şişelere

konuldu. Belirli zaman aralıklarında ortamdan alınan hidrojel, yüzeyleri hafif bir şekilde kâğıtla kurulanarak tartıldı (m) ve tekrar şişme ortamına konuldu. Bu işleme hidrojel denge şişme değerine ulaşmaya kadar devam edildi. Her bir hidrojin yüzde şişme değeri Eşitlik 3.2 kullanılarak hesaplandı [126].

$$\text{Şişme (\%)} = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100 \quad (3.2)$$

3.4.2. JK serisi hidrojellerin şişme değerlerinin sıcaklıkla değişiminin incelenmesi

Hidrojellerin şişme değerlerinin sıcaklıkla değişimleri, pH=7,0'da denge şişme değerinin elde edildiği 24 saatlik süreler için incelendi. Etüvde sabit tartıma getirilen disk şeklindeki kuru hidrojel (m_0), 50,0 mL pH=7,0 BR tamponu içeren ağzı kapalı şişelere konuldu. Sıcaklığı 4; 10; 20; 30; 40 ve 50 °C sıcaklıklara ayarlanmış inkübatörde bekletilen şişme ortamına bırakılmış hidrojel her deney sonunda dışarı alındı, yüzeyleri hafif bir şekilde kâğıtla kurulandıktan sonra tartıldı (m). Şişme değerleri Eşitlik 3.2 kullanılarak hesaplandı [140].

3.4.3. JK serisi hidrojellerin şişme değerlerinin pH ile değişiminin incelenmesi

Hidrojellerin şişme değerlerinin pH ile değişimi 30°C'de 24 saat süreyle incelendi. Etüvde kurutulup sabit tartıma getirilmiş olan disk şeklindeki hidrojel, 50,0'şer mL pH=2,0; pH=4,0; pH=5,0; pH=6,0; pH=7; pH=8,0; pH=10,0 ve pH=12,0 BR tamponu içerisine konuldu. 30 °C sıcaklıkta 24 saat bekletildikten sonra hidrojel ortamdan çıkarıldı, kurulandı ve tartıldı. Hidrojellerin şişme değerleri Eşitlik 3.2 kullanılarak hesaplandı [140].

3.5. JK Serisi Hidrojellerinin Bozunma Davranışlarının Tayini

Hidrojellerin bozunma deneyleri 30°C’de, 50,0 mL’lik BR tamponu (pH=7,0) içerisinde yürütüldü. Hidrojeller belli zaman aralıklarında tartıldıktan sonra 50,0 mL’lik taze BR tamponu (pH=7,0) ortamına yerleştirilerek, 30°C’deki etüve konuldu. Bu işlem hidrojeller tamamen bozunana kadar devam edildi. Böylece hidrojellerin kütle kayıpları takip edilerek, bozunma günleri saptanmış oldu. Bozunma davranışları Eşitlik 3.3 kullanılarak belirlendi [141].

Bu deney her bir hidrojel için üçer örnek üzerinden yürütülerek gerçekleştirildi.

$$\text{Bozunma (\%)} = \frac{M_d - M_t}{M_d} \times 100 \quad (3.3)$$

M_d : Hidrojellerin 24 saat sonunda en çok şişmiş halinin kütlesi

M_t : Bozunmakta olan hidrojellerin t anındaki kütlesi

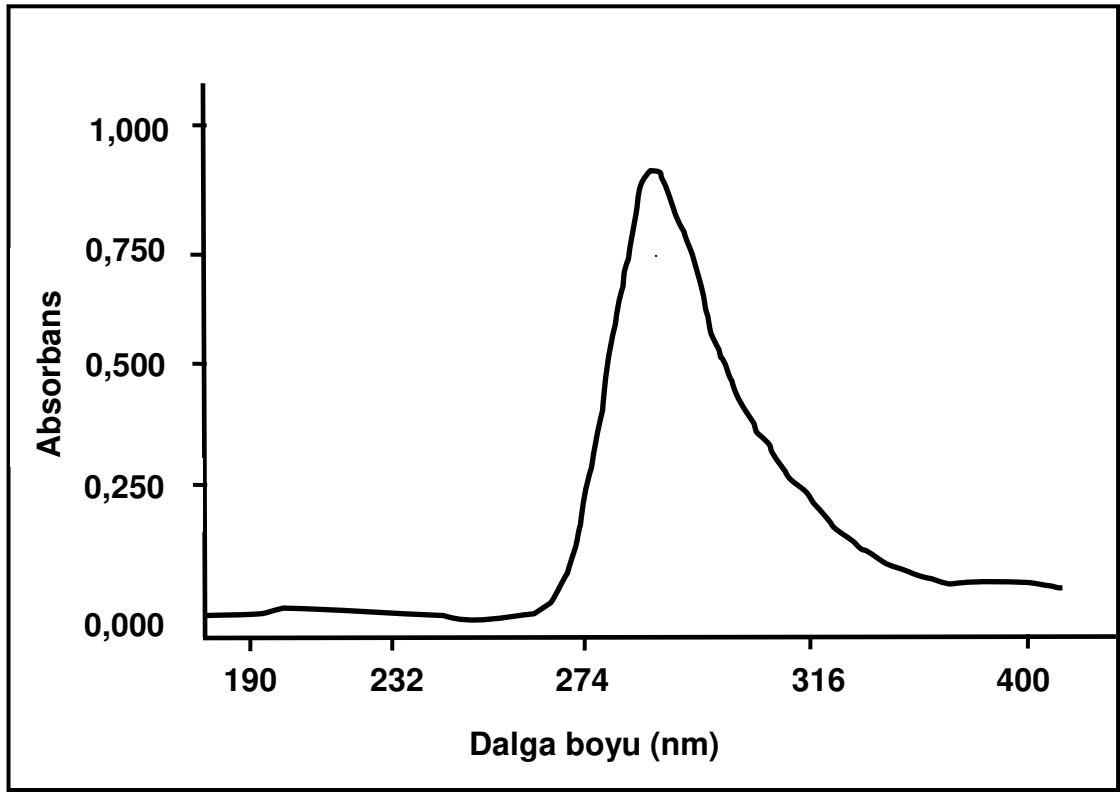
3.6. GA₃ ve SA Salım Davranışları

Sunulan çalışmada disk biçimli üç farklı içerikteki JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerinden GA₃ ve SA salımı incelendi. Söz konusu hidrojellerin seçilme sebebi, farklı şişme değerlerine sahip olmalarıdır. Deneylerin ayrıntıları aşağıda alt başlıklar halinde sunuldu. Tüm deneyler 3 paralel seri şeklinde yürütüldü.

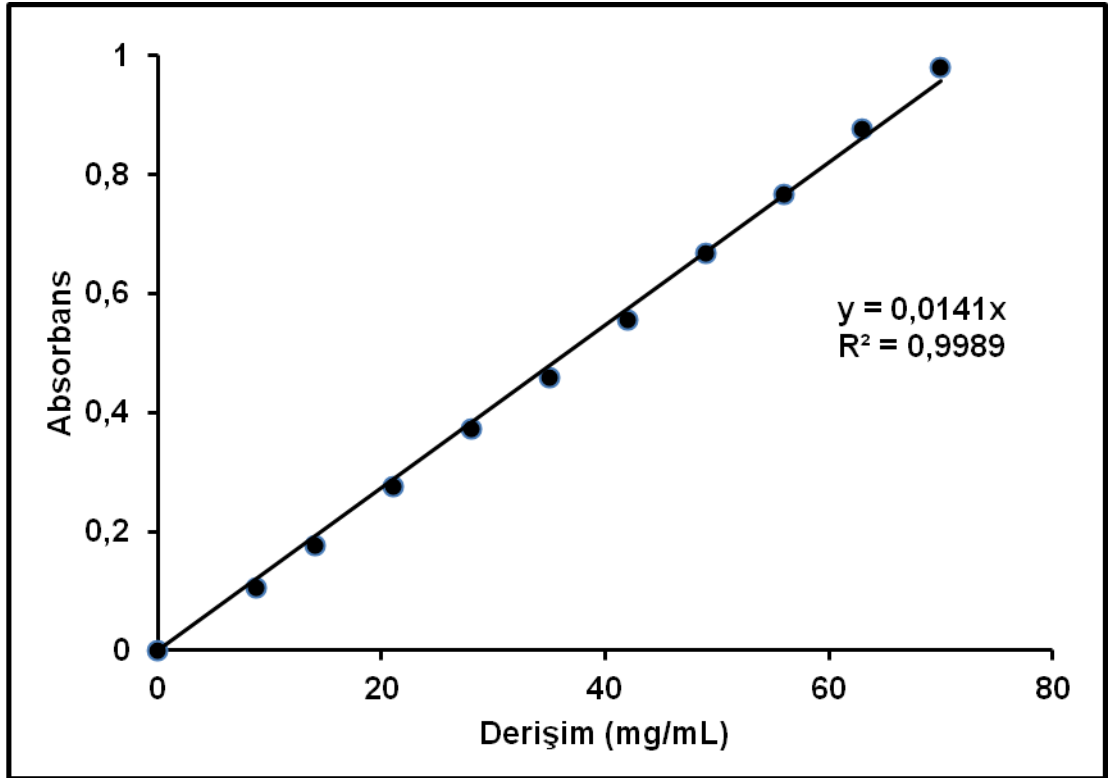
3.6.1. GA₃ ’ün UV-spektrofotometrik analizi

GA₃ salımının takip edilebilmesi için öncelikli olarak 70 mg/mL GA₃ çözeltisinin UV spektrofotometresinde 190–400 nm dalga boyları arasında

tam spektrumu alındı ve maksimum absorbans verdiği en uygun dalga boyu $\lambda_{\max} = 305,0$ nm olarak belirlendi. Çözücü ve kör olarak % 50'lik (v/v) etil alkol-su karışımı kullanıldı. Daha sonra farklı derişimlerdeki GA₃ çözeltilerinin $\lambda_{\max} = 305,0$ nm'de absorbansları ölçülerek GA₃ için kalibrasyon doğrusu hazırlandı. Çizilen bu doğru deney süresince salınan GA₃ derişimini belirlemekte kullanıldı. GA₃ dalga boyu-absorbans spektrumu ve kalibrasyon doğrusu Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'de gösterildi.



Şekil 3.3. 70 mg/mL GA₃ çözeltilisinin 190–400 nm arasındaki tam spektrumu



Şekil 3.4. GA₃ kalibrasyon doğrusu ($\lambda_{\max} = 305 \text{ nm}$)

3.6.2. JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerine GA₃ yüklenmesi

Bölüm 3.2.4’de anlatıldığı şekilde hazırlanan JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojel çözeltisine disk başına 400 mg olacak miktarda 1 mL alkolde çözünmüş GA₃ katıldı ve 24 saat süren jelleşme sonunda GA₃ yüklü hidrojeller üretilmiş oldu. Cam tüpler içerisinde çıkarılan silindir blok şeklindeki hidrojeller 0,5’er cm kalınlığında diskler halinde kesilerek sabit tartıma gelinceye kadar önce oda koşullarında daha sonra 30°C’de etüvde 48 saat kurutuldu. Böylece hazırlanan GA₃ yüklü hidrojeller salım deneyi için hazır hale getirildi.

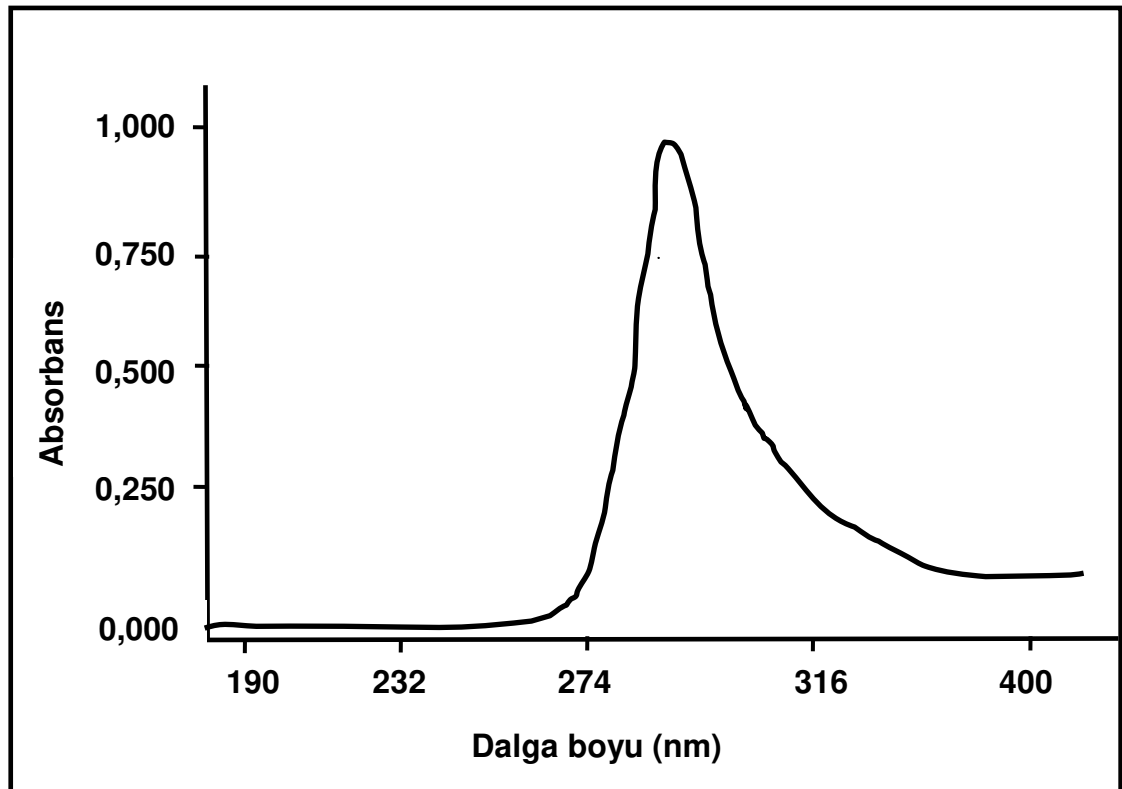
3.6.3. GA₃ salımının UV-spektrofotometresi ile tayini

Kapaklı cam şişelerde bulunan 15’er mL % 50’lik (v/v) etil alkol-su çözeltilerine GA₃ yüklü jel diskler konuldu. Bu ortamdan belirli saatlerde alınan örneklerin $\lambda_{\max} = 305,0 \text{ nm}$ ’deki absorbans değerleri ölçüldü. Çalışma

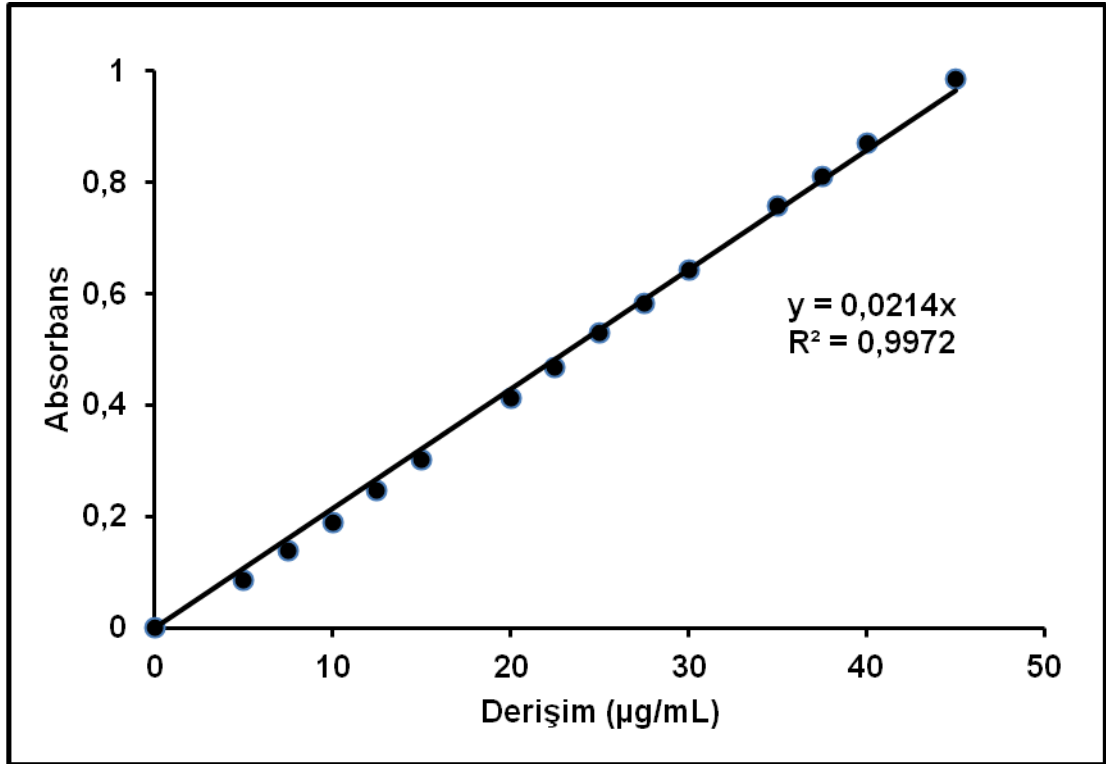
30°C'de 60 saat süreyle yürütüldü ve hidrojellerden GA₃ salımı absorbans-derişim grafiğı yardımıyla belirlendi.

3.6.4. SA'nın UV-spektrofotometrik analizi

SA salımının takip edilebilmesi için öncelikli olarak 45 µg/mL SA çözeltisinin UV spektrofotometresinde 190–400 nm dalga boyları arasında tam spektrumu alındı ve maksimum absorbans verdiği en uygun dalga boyu $\lambda_{\text{max}} = 300,0$ nm olarak belirlendi. Çözücü ve kör olarak % 50'lik (v/v) etil alkol-su karışımı kullanıldı. Daha sonra farklı derişimlerdeki SA çözeltilerinin $\lambda_{\text{max}} = 300,0$ nm'de absorbansları ölçülerek SA için kalibrasyon doğrusu hazırlandı. Çizilen bu doğru deney süresince salınan SA derişimini belirlemekte kullanıldı. SA dalga boyu-absorbans tam spektrumu ve kalibrasyon doğrusu Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da verildi.



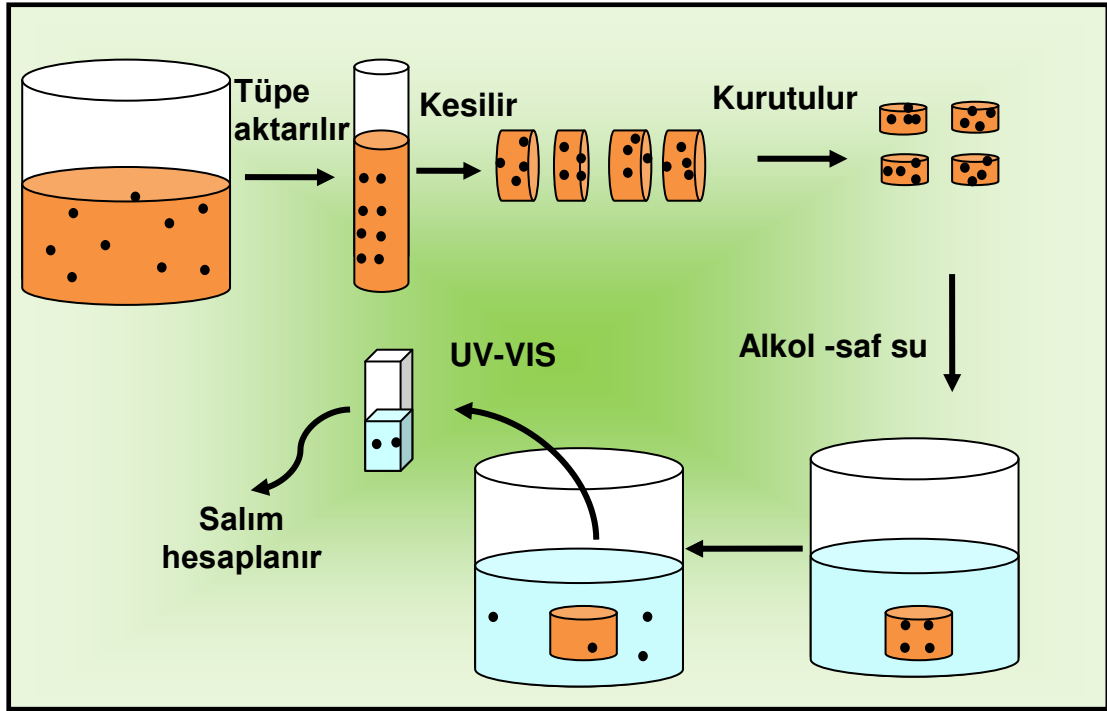
Şekil 3.5. 45 µg/mL SA çözeltisinin 190–400 nm arasındaki tam spektrumu



Şekil 3.6. SA kalibrasyon doğrusu ($\lambda_{\max} = 300 \text{ nm}$)

3.6.5. JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerine SA yüklenmesi

Bölüm 3.2.4’de anlatıldığı şekilde hazırlanan JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojel çözeltisine disk başına 4,5 mg olacak miktarda 1 mL alkolde çözünmüş SA katıldı ve 24 saat süren jelleşme sonunda SA yüklü hidrojeller üretilmiş oldu. Cam tüpler içerisinden çıkarılan silindirik blok şeklindeki hidrojeller 0,5’er cm kalınlığında diskler halinde kesilerek sabit tartıma gelinceye kadar önce oda koşullarında daha sonra 30°C’de etüvde 48 saat kurutuldu. Böylece hazırlanan SA yüklü hidrojeller salım deneyi için hazır hale getirildi. Hidrojellere etken madde yüklenmesi ve salım çalışması şematik olarak Şekil 3.7’de verildi.



Şekil 3.7. Etken madde yüklü hidrojel hazırlanmasının ve salım çalışmasının şematik gösterimi

3.6.6. SA salımının UV-spektrofotometresi ile tayini

Kapaklı cam şişelerde bulunan 100'er mL % 50'lik (v/v) etil alkol-su çözeltilerine SA yüklü jel diskler konuldu. Bu ortamdan belirli saatlerde alınan örneklerin $\lambda_{\max} = 300,0$ nm'deki absorbans değerleri ölçüldü. Çalışma 30°C'de 18 gün yürütüldü ve hidrojellerden SA salımı absorbans-derişim grafiği yardımıyla belirlendi.

3.7. GA₃'ün ve SA'nın Kesikli Salımının UV-Spektrofotometresi ile Tayini

Bu aşamada, hidrojellerin toprak ortamındaki salım miktarlarını ölçmek amacıyla bir model olabileceği düşünülen kesikli salım çalışması gerçekleştirildi. Bu seride nispeten daha yavaş salım gerçekleştiren JK-11 ve JK-15 hidrojelleri ile çalışıldı. Tüm deneyler 3 paralel seri şeklinde yürütüldü.

3.7.1. GA₃' ün kesikli salımının UV-spektrofotometresi ile tayini

Bölüm 3.6.2'de anlatıldığı şekilde hazırlanan GA₃ yüklü JK-11 ve JK-15 hidrojel­leri kapaklı cam şişelerde bulunan 100'er mL % 50'lik etil alkol-su (v/v) çözeltilerine konuldu. 15 dakika süre sonunda hidrojel disk bu ortamdan çıkarıldı ve kapaklı cam şişelere konuldu. Aynı zamanda salım ortamından örnek çekilerek $\lambda_{\max} = 305,0$ nm'deki absorbans değeri ölçüldü. GA₃ salımı absorbans-derişim grafiğı yardımıyla belirlendi. 24 saat süre sonunda kapaklı cam şişede bekletilen hidrojel disk tekrar salım ortamına bırakıldı. 15 dakika bekleme süresi geçince aynı işlemler 10 gün süre ile tekrarlandı. İşlemler oda şartlarında yürütüldü. Böylece kesikli sulama ortamlarında modellenen bir sistemden etken madde salım kinetiğı ile ilgili bir fikir edinilmeye çalışıldı.

3.7.2. SA'nın kesikli salımının UV-spektrofotometresi ile tayini

Bölüm 3.6.5'de anlatıldığı şekilde hazırlanan SA yüklü JK-11 ve JK-15 hidrojel­leri kapaklı cam şişelerde bulunan 100'er mL % 50'lik etil alkol-su (v/v) çözeltilerine konuldu. 15 dakika süre sonunda hidrojel disk bu ortamdan çıkarıldı ve kapaklı cam şişelere konuldu. Aynı zamanda salım ortamından örnek çekilerek $\lambda_{\max} = 300,0$ nm' deki absorbans değeri ölçüldü. SA salımı absorbans-derişim grafiğı yardımıyla belirlendi. 24 saat süre sonunda kapaklı cam şişede bekletilen hidrojel disk tekrar salım ortamına bırakıldı. 15 dakika bekleme süresi geçince aynı işlemler 60 gün süre ile tekrarlandı. İşlemler oda şartlarında yürütüldü. Böylece kesikli sulama ortamlarında modellenen bir sistemden etken madde salım kinetiğı ile ilgili bir fikir edinilmeye çalışıldı.

3.8. Tarımsal Uygulamalarda Kullanılabilecek JK Hidrojellerin Hazırlanması

Çalışmanın bu aşamasında JK serisi hidrojel­ler içerisine hapsedilen SA ve GA₃'ün tarımsal alanlarda kullanımının araştırılması amaçlandı. Örnek tohum olarak Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümünden

sağlanan domates (*Lycopersicon esculentum*), biber (*Capsicum annuum*), yabani patlıcan (*Solanum torvum*) ve ateş çiçeği (*Salvia splendens*) tohumları kullanıldı. Yabani patlıcan ve ateş çiçeği tohumlarında GA₃'ün; domates ve biber tohumlarında ise SA'nın fide çıkışını artırıcı etkisinden dolayı hidrojel sistemleri ile kullanılmasına karar verildi [142]. Şişme ve salım deneyleri sonuçlarından farklı değerlere sahip üç tür hidrojel seçildi. Farklı miktarlarda SA ve GA₃ içeren bir seri JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojel hazırlandı. Ayrıca, SA yüklü JK-11 ve JK-15 hidrojelleriyle domates tohumu; GA₃ yüklü JK-11 ve JK-15 hidrojelleriyle ise ateş çiçeği ve yabani patlıcan tohumu kaplandı. Aşağıda tüm bu süreçler alt başlıklar halinde anlatılmıştır.

3.8.1. GA₃ yüklü hidrojellerin hazırlanması

Bölüm 3.2.4'de anlatıldığı şekilde hazırlanan JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerine tablet başına 0,5, 1,0, 2,5, 5,0 ve 10,0 mg olacak şekilde 1mL etil alkolde çözünmüş GA₃ katılarak kare şeklindeki plastik kaplara döküldü. 24 saat süren jelleşme sonunda GA₃ yüklü hidrojeller üretilmiş oldu. Plastik kaplardan çıkarılan hidrojeller 1'er cm² yüzey alanına sahip olacak şekilde kareler halinde kesilerek sabit tartıma gelinceye kadar önce oda koşullarında daha sonra 30 °C'de etüvde 48 saat kurutuldu. Böylece hazırlanan GA₃ yüklü hidrojeller toprak ortamındaki deneyler için hazır hale getirildi.

3.8.2. GA₃ yüklü tohum içeren hidrojellerin hazırlanması

Bölüm 3.2.4'de anlatıldığı şekilde hazırlanan JK-11 ve JK-15 hidrojellerine tablet başına 10 mg ve 20 mg olacak şekilde 1mL etil alkolde çözünmüş GA₃ katılarak kare şeklindeki plastik kaplara döküldü. Bu jeller şişme değerlerinin düşük olması nedeniyle seçildi. Yüzeyden bastırarak 1'er cm aralıklarla ateş çiçeği ve yaban patlıcanı tohumları yerleştirildi. 24 saat süren jelleşme sonunda GA₃ ve tohum içeren hidrojeller üretilmiş oldu. Plastik kaplardan çıkarılan hidrojel tabakalar 1'er cm² yüzey alanına sahip olacak şekilde kareler halinde kesilerek sabit tartıma gelinceye kadar önce oda koşullarında

daha sonra 30°C’de etüvde 48 saat kurutuldu. Böylece hazırlanan GA₃ yüklü tohum içeren hidrojel toprak ortamındaki deneyler için hazır hale getirildi (Resim 3.1).



Resim 3.1. GA₃ yüklü iki farklı tohumlu hidrojellerin a) Kap içerisindeki b) Kesilmiş ve c) Kuru halleri

3.8.3. SA yüklü hidrojellerin hazırlanması

Bölüm 3.2.4’de anlatıldığı şekilde hazırlanan JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerine tablet başına 1,0, 2,5, 5,0 ve 10,0 mg olacak şekilde 1 mL etil alkolde çözünmüş SA katılarak kare şeklindeki plastik kaplara döküldü. Çözeltinin yüksekliği disklerde olduğu gibi 0,5 cm olacak şekilde ayarlama yapıldı. 24 saat süren jelleşme sonunda SA yüklü hidrojel üretilmiş oldu. Plastik kaplardan çıkarılan hidrojel 1’er cm² yüzey alanına sahip olacak biçimde kareler halinde kesilerek sabit tartıma gelinceye kadar önce oda koşullarında daha sonra 30°C’de etüvde 48 saat kurutuldu. Böylece hazırlanan SA yüklü hidrojel toprak ortamındaki deneyler için hazır hale getirildi.

3.8.4. SA yüklü tohum içeren hidrojellerin hazırlanması

Bu aşamada diğerlerine göre daha az şişen JK-11 ve JK-15 hidrojelleri kullanıldı. Bölüm 3.2.4’de anlatıldığı şekilde hazırlanan hidrojellere tablet başına 10 mg olacak şekilde 1mL etil alkolde çözünmüş SA katılarak kare

şeklindeki plastik kaplara döküldü. Yüzeyden bastırarak 1'er cm aralıklarla domates tohumları yerleştirildi. 24 saat süren jelleşme sonunda SA ve tohum içeren hidrojel üretilmiş oldu. Plastik kaplardan çıkarılan hidrojel tabakalar 1'er cm² yüzey alanına sahip olacak şekilde kareler halinde kesilerek sabit tartıma gelinceye kadar önce oda koşullarında daha sonra 30°C'de etüvde 48 saat kurutuldu. Böylece hazırlanan SA yüklü tohum içeren tablet şeklindeki hidrojel toprak ortamındaki deneyler için hazır hale getirildi.

3.8.5. GA₃ yüklü JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerinin fide çıkışına etkisinin araştırılması

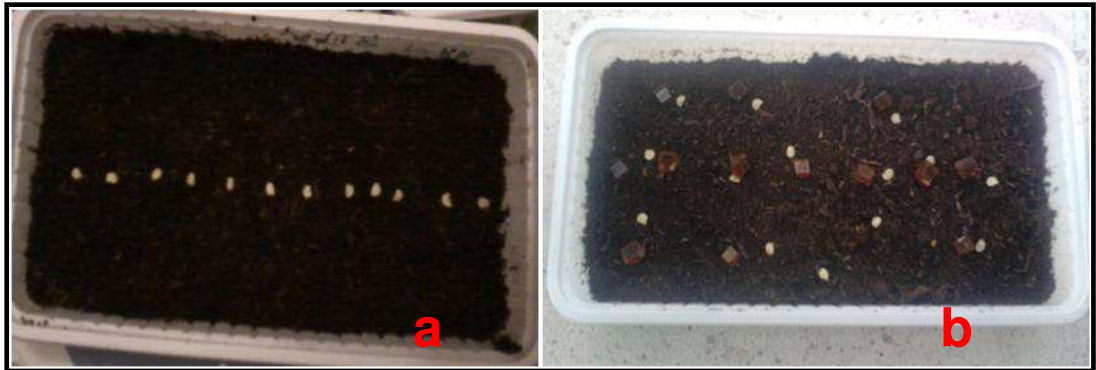
Tohumların ekileceği 100 mL'lik kaplara eşit miktarlarda torf konuldu. 10'ar adet ateş çiçeği ve yabani patlıcan tohumları ayrı ayrı kaplara ekildi. Her bir tohum türü için tohumun yanına Bölüm 3.8.1'de anlatıldığı şekilde hazırlanan GA₃ yüklü JK-7, JK-11 ve JK15 hidrojelleri konuldu. Tüm örnekler için eş zamanlı olarak kontrol ekimleri yapıldı. Ekim işlemlerinin ardından tüm örnekler 25°C sabit sıcaklıktaki etüv iklim dolabına yerleştirildi. 21 gün boyunca örnekler 24 saatte bir eşit miktarlarda sulandı ve fide çıkış yüzdeleri hesaplandı.

3.8.6. GA₃ yüklü tohum içeren JK-11 ve JK-15 hidrojellerinin fide çıkışına etkisinin araştırılması

Bölüm 3.8.2'de anlatıldığı şekilde hazırlanan GA₃ yüklü ateş çiçeği ve yabani patlıcan tohumu içeren 10'ar adet JK-11 ve JK-15 hidrojelleri eşit miktarlarda torf bulunan 100 mL'lik kaplara ekildi. Tüm örnekler için eş zamanlı olarak kontrol ekimleri yapıldı. Ekim işlemlerinin ardından tüm örnekler 25°C sabit sıcaklıktaki etüv iklim dolabına yerleştirildi. 21 gün boyunca örnekler 24 saatte bir eşit miktarlarda sulandı ve fide çıkış yüzdeleri hesaplandı.

3.8.7. SA yüklü JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerinin fide çıkışına etkisinin araştırılması

Tohumların ekileceği 100 mL'lik kaplara eşit hacimlerde torf konuldu. 10'ar adet domates ve biber ayrı ayrı kaplara ekildi. Her bir tohum türü için tohumun yanına Bölüm 3.8.3'de anlatıldığı şekilde hazırlanan SA yüklü JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojelleri konuldu. Tüm örnekler için eş zamanlı olarak jelsiz kontrol ekimleri yapıldı. Resim 3.2'de SA yüklü hidrojeller ve tohumların toprağa yerleştirilmesi gösterilmiştir. Bu yerleştirmeden sonra bir tabaka toprak ilavesi daha yapılarak ekim aşaması tamamlandı. Ekim işlemlerinin ardından tüm örnekler 25°C sabit sıcaklıktaki etüv iklim dolabına yerleştirildi. 21 gün boyunca örnekler 24 saatte bir eşit miktarlarda sulandı ve fide çıkış yüzdeleri hesaplandı.



Resim 3.2. SA yüklü hidrojeller ve tohumların yerleştirilmesi a) Kontrol grubu
b) Hidrojel uygulanmış örnek

3.8.8. SA yüklü tohum içeren JK-11 ve JK-15 hidrojellerinin fide çıkışına etkisinin araştırılması

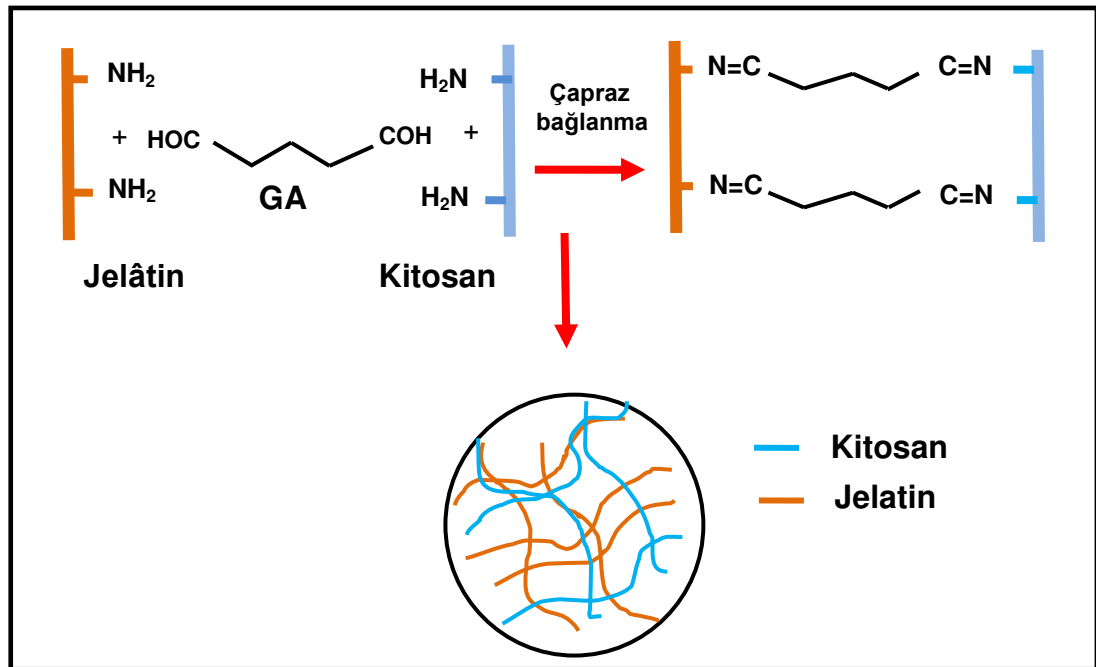
Bölüm 3.8.4'de anlatıldığı şekilde hazırlanan SA yüklü domates tohumu içeren 10'ar adet JK-11 ve JK-15 hidrojelleri eşit miktarlarda torf bulunan 100 mL'lik kaplara ekildi. Tüm örnekler için eş zamanlı olarak kontrol ekimleri yapıldı. Ekim işlemlerinin ardından tüm örnekler 25°C sabit sıcaklıktaki etüv iklim dolabına yerleştirildi. 21 gün boyunca örnekler 24 saatte bir eşit miktarlarda sulandı ve fide çıkış yüzdeleri hesaplandı.

4. DENEYSEL BULGULAR VE YORUM

Bölüm 3’de anlatıldığı şekilde yürütülen deneysel çalışmalardan elde edilen tüm veriler yorumları ile birlikte aşağıdaki alt başlıklarda ayrıntılı olarak sunulmuştur.

4.1. JK Serisi Hidrojellerin Üretimi ve Jelleşme Yüzdeleri Sonuçları

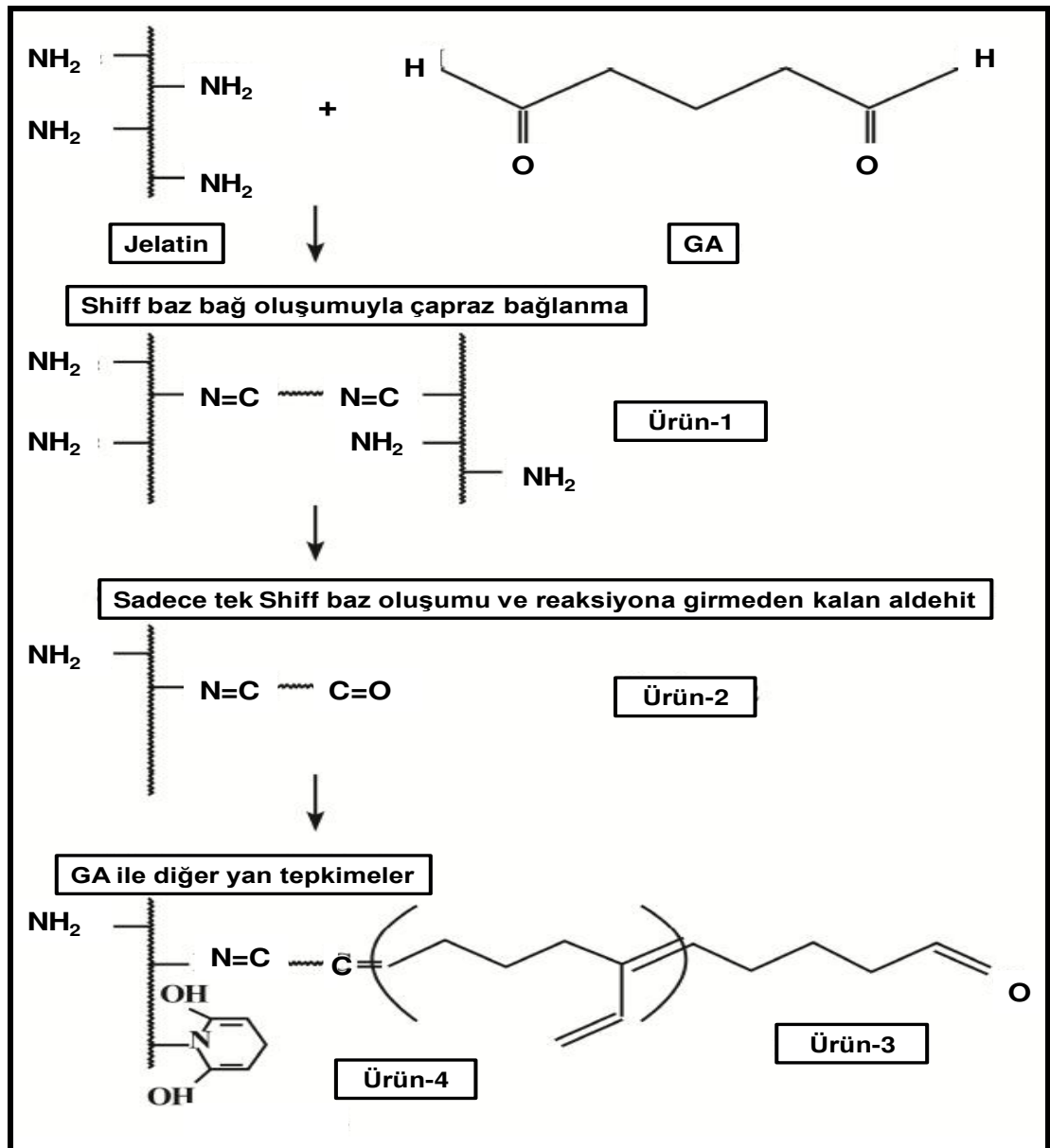
JK serisi hidrojeller Bölüm 3.2.4’de anlatıldığı şekilde GA ile çapraz bağlanarak hazırlanmıştır. JK serisi hidrojel sentezlenmesinde çapraz bağlayıcı olarak kullanılan GA’nın yapısındaki aldehit gruplarıyla jelatin ve kitosan zincirlerinde bulunan NH_2 grupları tepkimeye girer ve Schiff baz bağ oluşturur [143]. Jelâtin ve kitosan polimerleri arasında GA ile çapraz bağlanma tepkimesinin şematik gösterimi Şekil 4.1’de sunulmuştur.



Şekil 4.1. Jelâtin ve kitosan polimerleri arasında GA ile çapraz bağlanma tepkimesinin şematik gösterimi

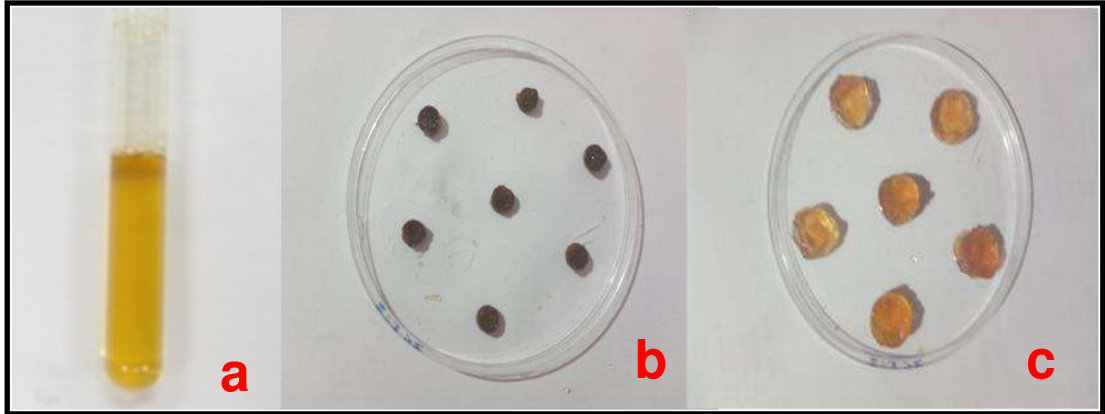
GA ile çapraz bağlı hidrojel sentezlenmesinde, jelâtin zincirlerinde bulunan $-\text{NH}_2$ gruplarıyla GA’nın yapısındaki aldehit grupları tepkimeye girer ve Schiff

baz bağ oluşturur. Jelâtin ile GA'nın etkileşmesi sonucu olası tepkime mekanizması Şekil 4.2'de sunulmuştur. Bu mekanizmada gösterildiği gibi Schiff baz bağ oluşumu ile meydana gelen çapraz bağlanmanın dışında farklı ürünler de ortaya çıkabilir. Bunlar sadece tek Schiff baz bağının oluşmasıyla ve GA ile gerçekleşen yan tepkimeler sonucunda meydana gelebilir [144] .



Şekil 4.2. Jelatinin GA ile tepkime mekanizması

Sentezlenen JK serisi hidrojellerin aşamaları Resim 4.1'de sunulmuştur.



Resim 4.1. JK hidrojellerinin a) Tüp içerisindeki b) Kuru ve c) Şişmiş halleri

JK serisi hidrojellerin jelleşme yüzdeleri Bölüm 3.3'de anlatıldığı şekilde incelenmiş ve sonuçlar Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1'de sunulan jelleşme yüzde değerleri incelendiğinde, JK-1 ve JK-6 arasındaki hidrojellerde jelleşme oranlarının birbirine çok yakın olduğu görülür. Bu seride jelâtin miktarı sabit tutularak kitosan miktarı çok az artırılmış, GA miktarı sabit tutulmuştur. Kitosan miktarındaki artışın az olması nedeniyle jelleşme yüzdeleri çok etkilenmemiş buna karşılık şişme değerleri çok değişmiştir. Dolayısıyla şişme davranışının doğrudan kitosana bağlı olduğu düşünülebilir. JK-7 ve JK-15 arasındaki hidrojellerinde ise jelâtin/kitosan oranları daha belirgin biçimde değiştirilmiştir. Tüm hidrojellerde aynı miktarda GA kullanılmıştır. Bu serideki jelleşme değerleri de birbirine oldukça yakın çıkmıştır. Ancak ilk seri hidrojellere göre genel olarak daha düşük değerlerdedirler. Bunun iki sebebi olabilir. Kitosan çözeltisinin miktarı arttıkça viskozite yükselmekte ve GA ile karışma sıkıntısı ortaya çıkmaktadır. Ayrıca GA yalnızca jelâtin olan ortamlarda daha hızlı ve etkin bir biçimde çapraz bağ oluştururken kitosanın artarak yer aldığı çözeltiye çapraz bağlanma daha yavaş yürümektedir.

Çizelge 4.1. JK serisi hidrojellerin jelleşme yüzdeleri

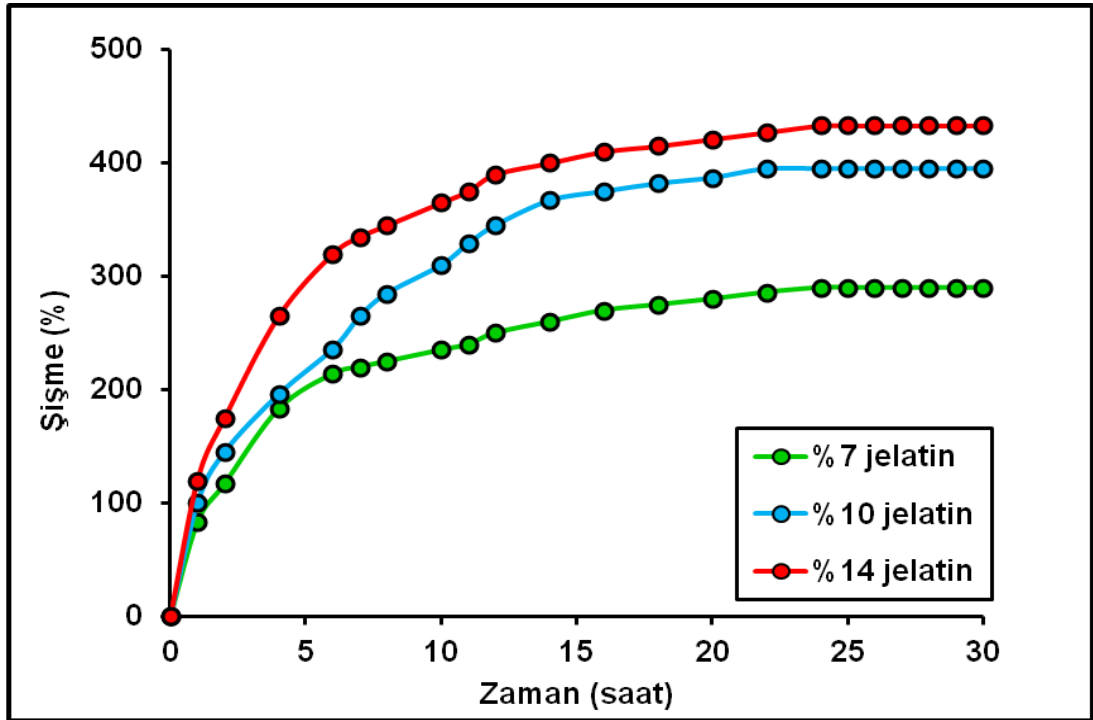
Hidrojeller	Jelâtin (g)	Kitosan (g)	GA (g)	Jelleşme (%)
JK-1	1,0	0,01	0,4	90,5
JK-2	1,0	0,02	0,4	92,3
JK-3	1,0	0,03	0,4	92,8
JK-4	1,0	0,04	0,4	91,3
JK-5	1,0	0,05	0,4	91,1
JK-6	1,0	0,06	0,4	91,7
JK-7	0,9	0,01	0,4	88,8
JK-8	0,8	0,02	0,4	86,4
JK-9	0,7	0,03	0,4	86,6
JK-10	0,6	0,04	0,4	87,8
JK-11	0,5	0,05	0,4	86,7
JK-12	0,4	0,06	0,4	87,9
JK-13	0,3	0,07	0,4	87,8
JK-14	0,2	0,08	0,4	86,8
JK-15	0,1	0,09	0,4	85,6

4.2. Hidrojellerin Şişme Deneylerinin Sonuçları

Bu bölümde, Bölüm 3.4'de anlatıldığı şekilde yürütülen şişme testlerinin sonuçları alt başlıklar halinde sunulmuştur.

4.2.1. Jelâtin kürelerin şişme değerlerinin zamanla değişimi

Jelâtin kürelerin şişme davranışları 30 °C'de ve pH = 7,0'da zamana karşı değişimi Bölüm 3.4.1'de anlatıldığı şekilde incelenmiştir. Hidrojellerin ortalama şişme değerlerinin zamanla değişim sonuçları Ek-3'de verilmiş ayrıca veriler grafiğe alınarak Şekil 4.3'de sunulmuştur.



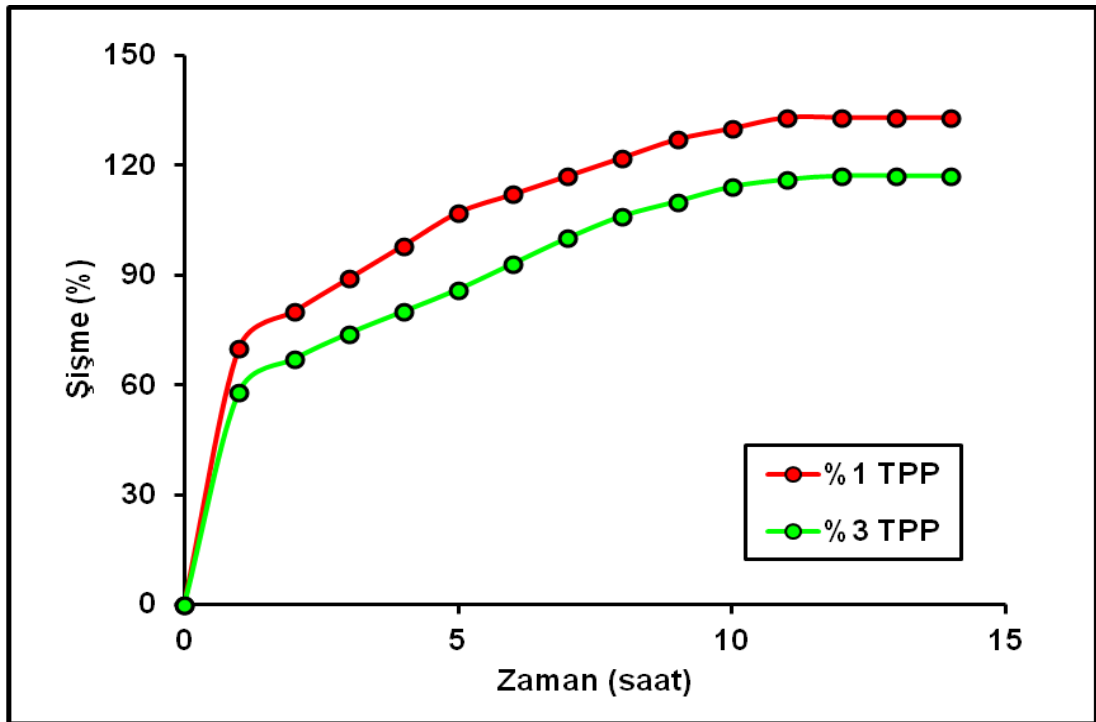
Şekil 4.3. Jelatin kürelerin ortalama şişme (%) değerlerinin zamanla değişimi grafiği (30°C; pH=7,0)

Şekil 4.3'de görüldüğü gibi, tüm hidrojellerin şişme değerleri zamanla artmış ve yaklaşık 24 saat civarında dengeye ulaşmıştır. Bu seride GA miktarı sabit tutulmuş jelâtin derişimi değiştirilmiştir. Küre başına düşen jelâtin molekül miktarı arttıkça şişme değerlerinin yükseldiği gözlenmiştir. Jelâtin miktarının

artmasına karşın GA miktarı değişmediği için çapraz bağlanmanın daha az gerçekleştiği söylenebilir. Örneğin, %14'lük jelâtin hidrojelinde en yüksek şişme değeri elde edilmiştir.

4.2.2. Kitosan kürelerin şişme değerlerinin zamanla değişimi

Kitosan kürelerin şişme davranışları 30 °C'de ve pH = 7,0'da zamana karşı değişimi Bölüm 3.4.1'de anlatıldığı şekilde incelenmiştir. Hidrojellerin ortalama şişme değerlerinin zamanla değişim sonuçları Ek-4'de verilmiş ayrıca veriler grafiğe alınarak Şekil 4.4'de sunulmuştur.

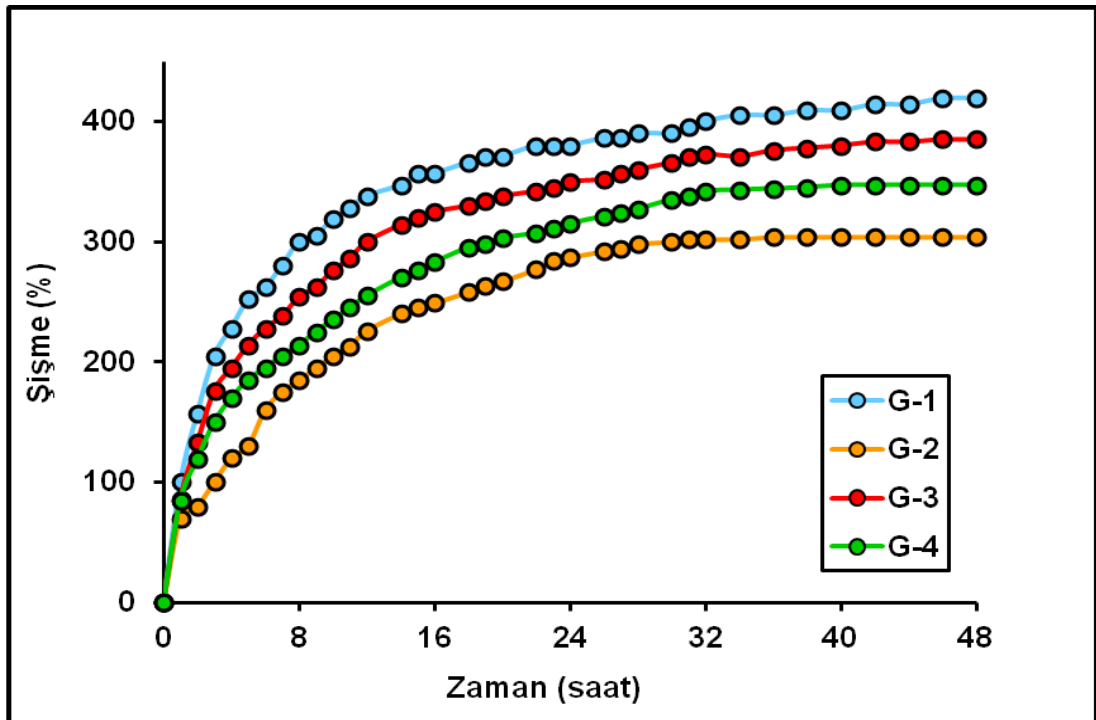


Şekil 4.4. Kitosan kürelerin ortalama şişme (%) değerlerinin zamanla değişimi grafiği (30°C; pH=7,0)

Şekil 4.4'de görüldüğü gibi, tüm hidrojellerin şişme değerleri zamanla artmış ve yaklaşık 12 saat civarında dengeye ulaşmıştır. Bu seride kitosan derişimi sabit tutulmuş TPP miktarı artırılmıştır. Kitosan kürelerin birim kütlesi başına düşen TPP miktarının artması ile şişme değerlerinin düştüğü gözlemlenmiştir.

4.2.3. Jelâtin hidrojellerin şişme davranışlarının zamanla değişimi

Jelâtin hidrojellerin şişme davranışları 30 °C’de ve pH = 7,0’da zamana karşı değişimi Bölüm 3.4.1’de anlatıldığı şekilde incelenmiştir. Hidrojellerin ortalama şişme değerlerinin zamanla değişim sonuçları Ek-5’de verilmiş ayrıca veriler grafiğe alınarak Şekil 4.5’de sunulmuştur.



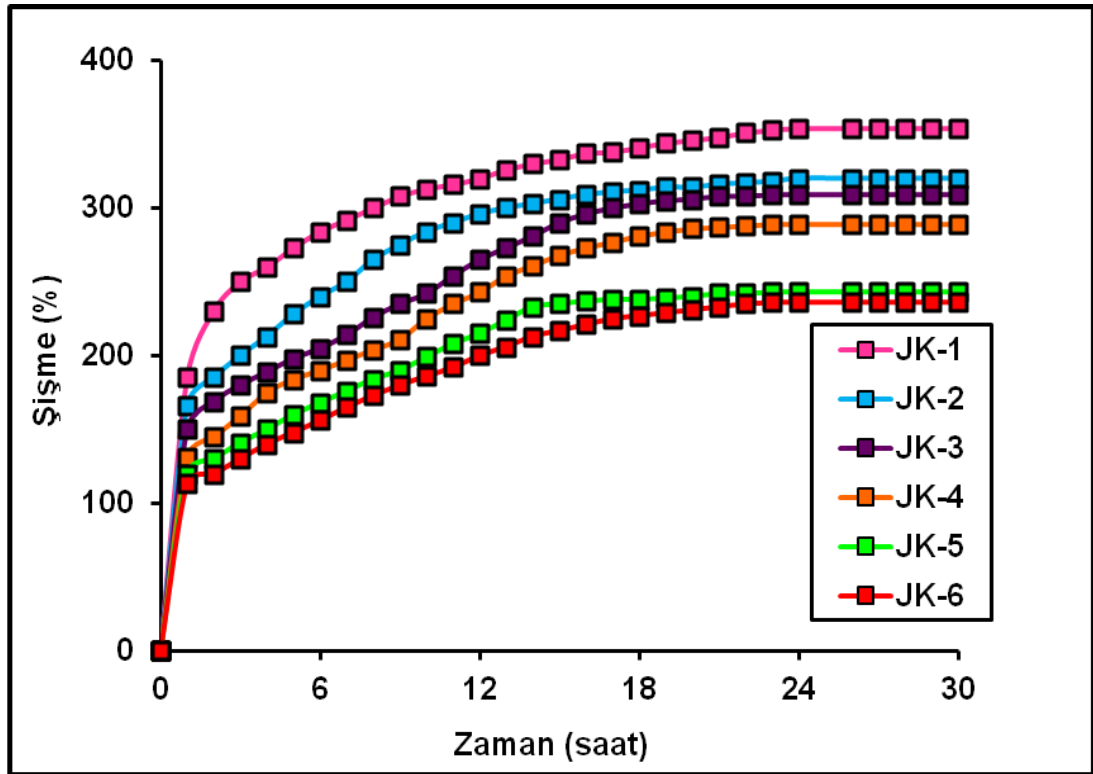
Şekil 4.5. Jelatin hidrojellerin ortalama şişme (%) değerlerinin zamanla değişimi grafiği (30°C; pH=7,0)

Şekil 4.5’de görüldüğü gibi, tüm hidrojellerin şişme değerleri zamanla artmış ve yaklaşık 48 saat civarında dengeye ulaşmıştır. En yüksek şişme değerinin G-1 hidrojeline, en düşük şişme değerinin ise G-2 hidrojeline olduğu belirlenmiştir. Genel olarak jelâtin birim kütlesi başına düşen GA miktarının artması ile şişme değerlerinin düştüğü gözlenmiştir. Örneğin G-2 hidrojeline bu oran en yüksektir ve bu örnek en az şişme değerine sahiptir. Çapraz bağlanma miktarının artmasıyla polimerik yapının daha da sıkılaştığı söylenebilir. Bu sıkılık arttıkça su moleküllerinin hidrojel içine girmesi ve

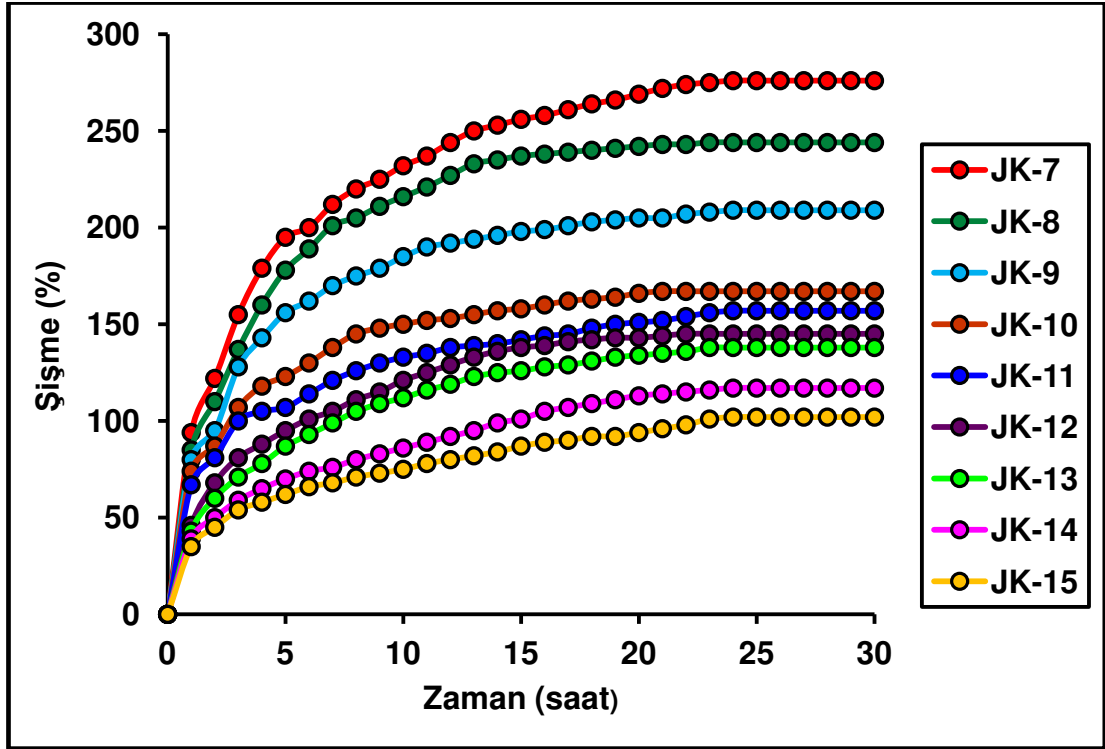
polimer zincirlerinin birbirinden uzaklaşması zorlaşır, bu sebepten dolayı şişme değerleri düşer [145].

4.2.4. JK serisi hidrojellerin şişme davranışlarının zamanla değişimi

JK serisi hidrojellerin şişme davranışları 30°C'de ve pH = 7,0'da zamana karşı değişimi Bölüm 3.4.1'de anlatıldığı şekilde incelenmiştir. Hidrojellerin ortalama şişme değerlerinin zamanla değişim sonuçları Ek-6 ve Ek-7'de verilmiş ayrıca veriler grafiğe alınarak Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'de sunulmuştur.



Şekil 4.6. JK serisi hidrojellerin ortalama şişme (%) değerlerinin zamanla değişimi grafiği (30°C; pH=7,0)



Şekil 4.7. JK serisi hidrojellerin ortalama şişme (%) değerlerinin zamanla değişimi grafiği (30°C; pH=7,0)

Jelâtin hidrojel örneklerinin su içerisinde şişme değerlerinin zamanla artmasının nedeni, suyun jelâtin hidrojelleri için iyi bir çözücü olmasıyla açıklanabilir. Hızla polimer zincirlerinin arasına giren çözücü molekülleri ile polimer zincirleri arasında bir etkileşim meydana gelir ve bu etkileşim sonucunda molekül grupları birbirini iter ve moleküller birbirinden uzaklaşır böylece şişme değerleri artar. Ayrıca jelâtin molekülü hidrofilik karakterde pek çok fonksiyonlu grup içermektedir.

Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'de görüldüğü gibi, tüm hidrojellerin şişme değerleri zamanla artmış ve yaklaşık 24 saat civarında dengeye ulaşmıştır. Sabit kaldığı bu şişme değeri daha sonra yapılan deneylerde denge şişme süresi olarak kullanılacaktır.

JK-1, JK-6 arasındaki hidrojellerin şişme davranışları değerlendirilirse, jelâtin içerisine çok az miktarda kitosan ilavesinin, şişme (%) değerini etkili biçimde

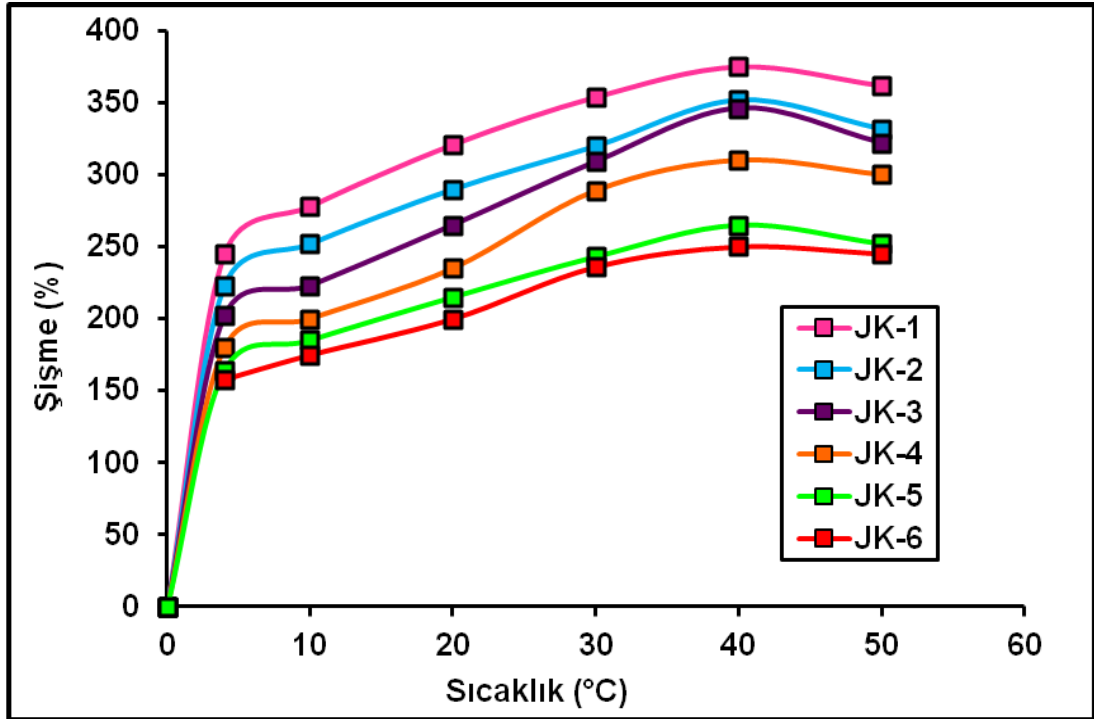
düşürdüğü görülür. Kitosan miktarı jelâtin miktarının %1,0 ile % 6,0 arasında değiştirilmesiyle şişme değerlerinin % 354'lerden %236'lara kadar düştüğü belirlenmiştir. JK-7 ile JK-15 arasındaki hidrojel kıyaslandığında da bu düşüş açıkça gözlenmektedir. Kitosan ve jelatin miktarlarının yaklaşık aynı olduğu JK-15 hidrojelinde şişme değeri % 102 gibi en düşük noktaya ulaşmıştır. Bu durumda, kitosan ilavesinin şişme değerlerini etkili bir şekilde düşürdüğü ve en düşük şişme (%) değerinin en fazla kitosan içeren hidrojel için elde edildiği sonucuna varılır.

Şişme testlerinin bu aşamasında en tutarlı sonuçların JK serisi hidrojelleri için elde edildiği belirlendiğinden, bundan sonraki tüm çalışmaların bu seri hidrojel üzerinden yürütülmesine karar verilmiştir. Ayrıca küre biçimli jellerin gerek üretimleri, gerek dayanıklılığı ve gerekse etken madde yüklemesi zorluğu nedeniyle çalışmanın diğer aşamalarında kullanılmaması kararına yol açmıştır.

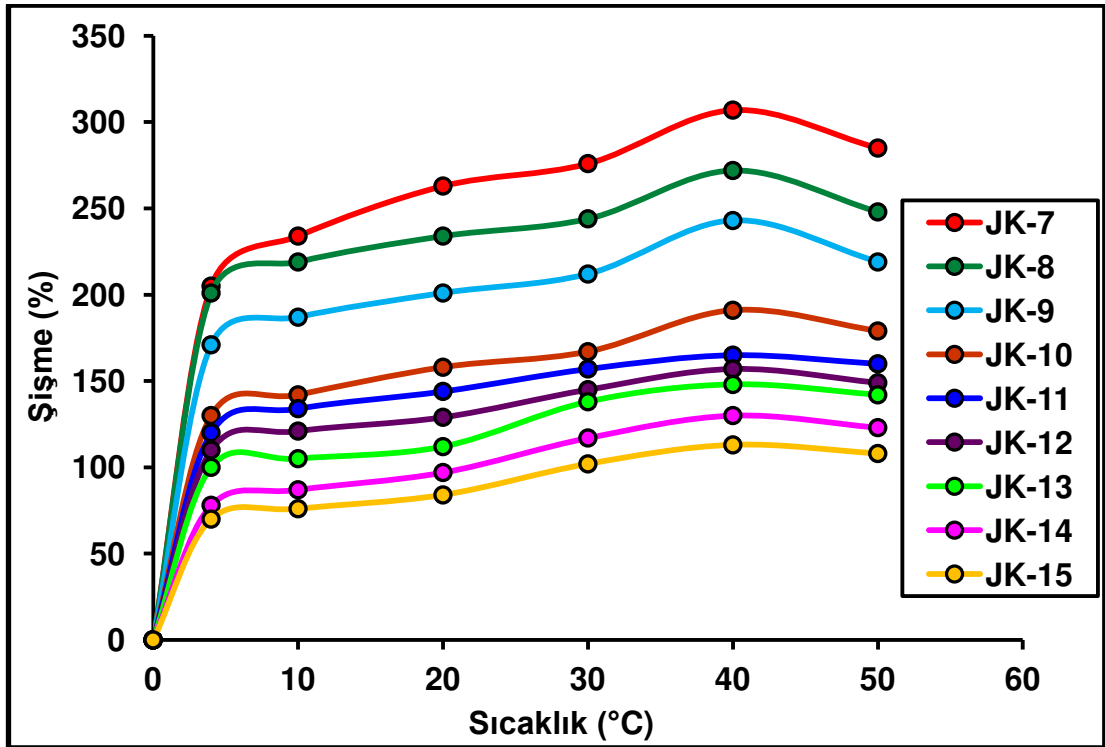
4.2.5. JK serisi hidrojellerin şişme değerlerinin sıcaklıkla değişimi

JK serisi hidrojellerin şişme davranışları pH=7,0'da farklı sıcaklıklara karşı değişimi Bölüm 3.4.2'de anlatıldığı şekilde incelenmiştir. Hidrojellerin ortalama şişme değerlerinin zamanla değişim sonuçları Ek-8 ve Ek-9'da verilmiş ayrıca veriler grafiğe alınarak Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da sunulmuştur.

Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da görüldüğü gibi, sıcaklıkla tüm hidrojellerin şişme değerleri önce artmış ve bütün hidrojeller 40°C'de en yüksek şişme değerlerine ulaşmıştır. En fazla şişme gösteren JK-1 en az şişme gösteren ise JK-15 hidrojelidir. Diğer hidrojellerin şişme davranışları, şişme süresi için yürütülen deneylerden elde edilen sonuçlarla uyum içindedir.



Şekil 4.8. JK serisi hidrojenlerin ortalama şişme (%) değerlerinin sıcaklıkla değişimi grafiği (pH=7,0; 24 saat)

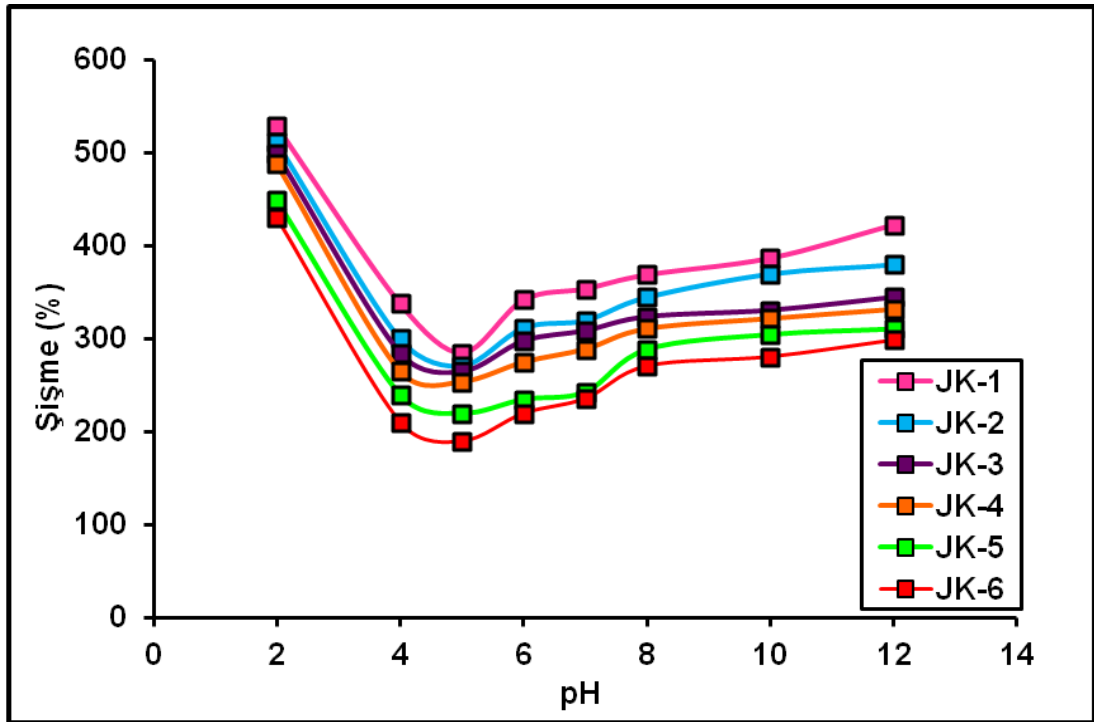


Şekil 4.9. JK serisi hidrojenlerin ortalama şişme (%) değerlerinin sıcaklıkla değişimi grafiği (pH=7,0; 24 saat)

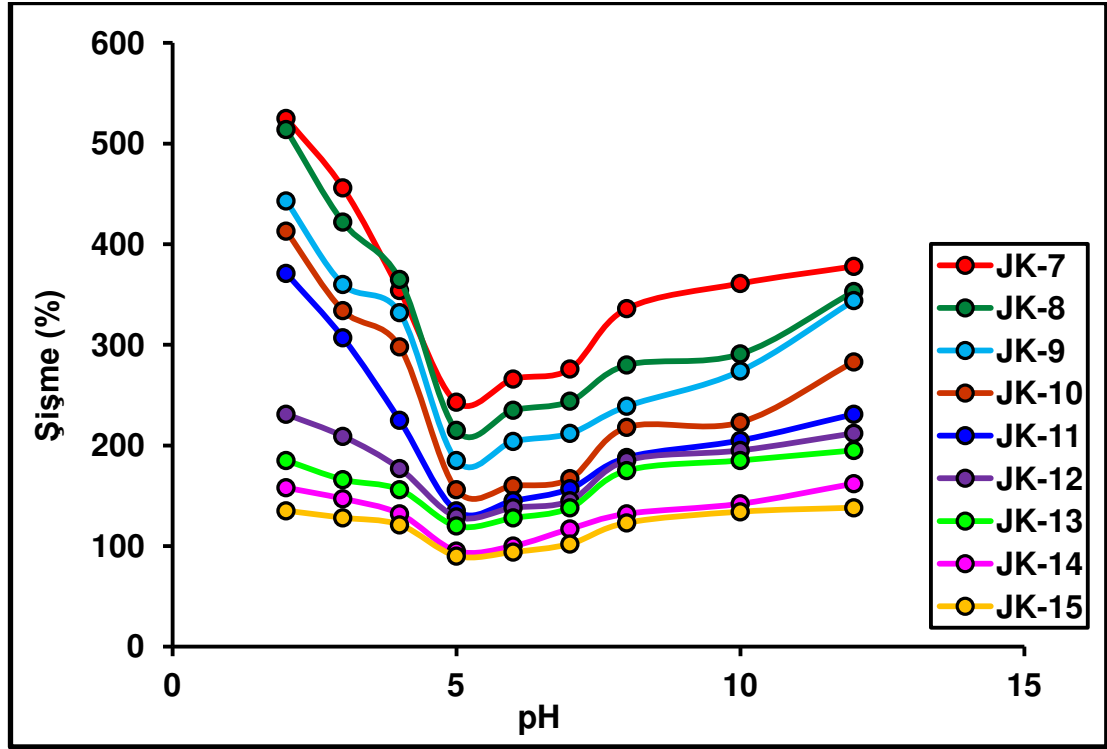
Şişme değerlerinin sıcaklıkla yükselmesi, polimer moleküllerinin termal hareketliliklerinin artışından dolayı olabilir [145]. Sıcaklık 40°C'nin üzerine çıkarıldığında hidrojellerin şişme değerlerinde az bir miktar düşme gözlenmiştir. Hidrojellerin hem kimyasal çapraz bağlardan hem de fiziksel bağlardan oluştuğu bilinmektedir [145]. Jelâtin hidrojelindeki fiziksel bağların sıcaklık arttıkça kırılması sonucunda su tutabilecek odacık sayısında bir miktar azalma olması ve bu durumun şişme değerlerinde hafif bir düşmeye yol açması beklenen bir sonuçtur.

4.2.6. JK serisi hidrojellerin şişme değerlerinin pH ile değişimi

JK serisi hidrojellerin şişme davranışları 30°C'de farklı pH'lara karşı değişimi Bölüm 3.4.3'de anlatıldığı şekilde incelenmiştir. Hidrojellerin ortalama şişme değerlerinin zamanla değişim sonuçları Ek-10 ve Ek-11'de verilmiş ayrıca veriler grafiğe alınarak Şekil 4.10 ve Şekil 4.11' de sunulmuştur.



Şekil 4.10. JK serisi hidrojellerin ortalama şişme (%) değerlerinin pH ile değişimi grafiği (30°C; 24 saat)



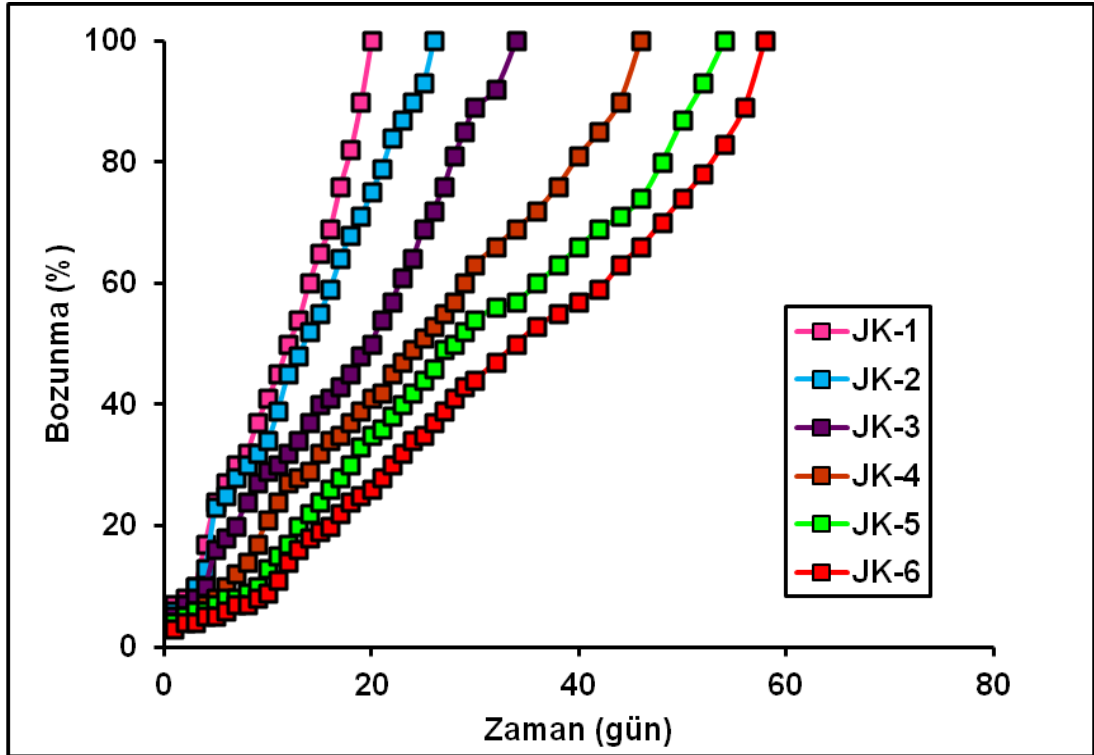
Şekil 4.11. JK serisi hidrojenlerin ortalama şişme (%) değerlerinin pH ile değişimi grafiği (30°C; 24 saat)

Sonuçlardan görüleceği gibi, hidrojenler düşük pH değerlerinde yüksek şişme değerlerine ulaşmış; pH'ın artması ile şişme değerleri önce azalmış, pH=5'den sonra ise şişme değerleri yeniden yükselmiştir. Bu durum kullandığımız jelâtinin izoelektrik noktasına bağlı olarak açıklanabilir. Bilindiği gibi jelâtinin pl değeri 5,0'dır ve bu bölümde elde edilen en düşük şişme değeri jelâtinin pl değeri ile uyumludur [146]. Jelâtin, kollajenin asidik veya alkali hidrolizi ile elde edilen, polipeptitlerden oluşan doğal bir polimerdir. Doğal polipeptitlerin hem pozitif hem negatif yük içeren poliamfolitik makromoleküller oldukları ve bu yüzden izoelektrik pH'larının bulunduğu bilinmektedir. Bu pH'da yapıdaki pozitif ve negatif yüklerin birbirine eşit olduğu, yani net yükünün sıfır olduğu bilinmektedir. İzoelektrik pH'a sahip poliamfolitik moleküller, pH değerlerine ve zincirdeki iyonik kuvvetlere bağlı olarak farklı yapılarda bulunabilirler [147]. Hidrojenler bu pH'da büzülerek küçülür. İzoelektrik pH'ın altındaki pH'da yapıdaki amino grupları daha çok (+) yükle yüklenmeye, izoelektrik pH'ının üstündeki pH'da ise karboksil

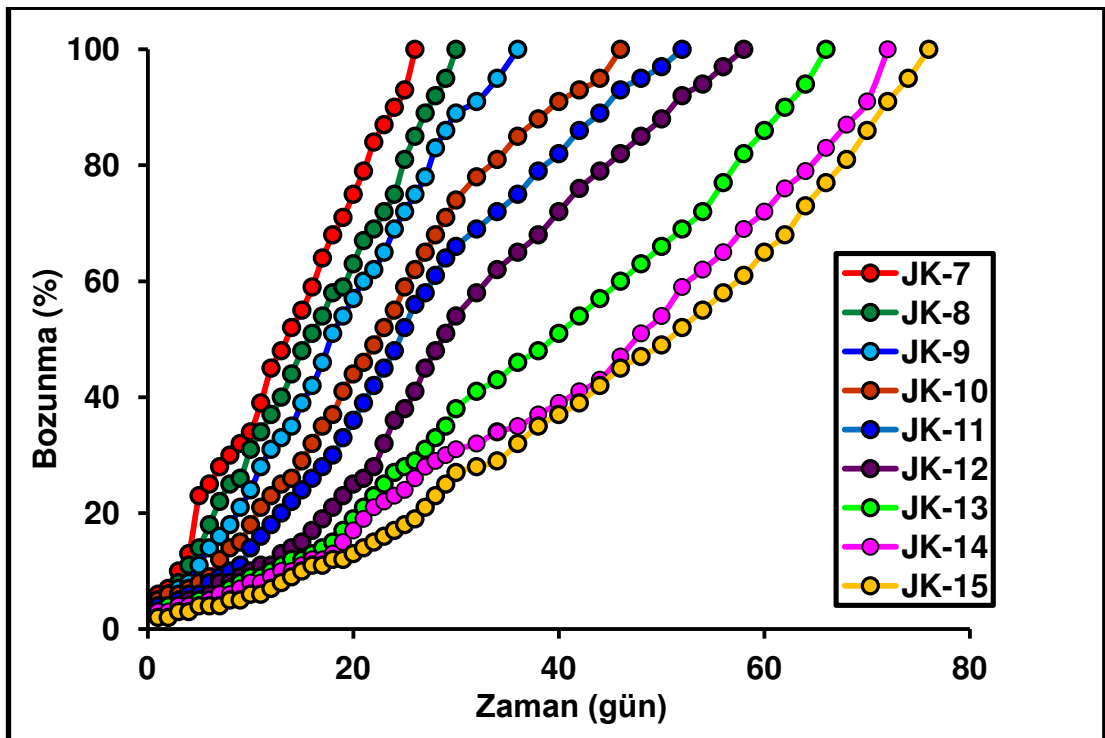
gruplarının hidrojenlerini kaybetmesiyle yapı daha çok (-) yükle yüklenmeye başlar. Pozitif ya da negatif yüklerin çokluğunda benzer yükler birbirini daha çok iteceğinden şişme kolaylaşır. Böylece hidrojelde oluşan iyonlaşmış haldeki gruplar birbirlerini iterek yapının gevşemesini artırır ve şişme değerleri artar. Bu davranışı JK-1 ile JK-11 arasındaki hidrojeller için görebiliyoruz. Düşük pH değerlerinde, jelâtin miktarı fazla olan hidrojeller kolaylıkla iyonlaşmış ve yüksek şişme değerleri vermiştir. Diğer hidrojellerde ise, jelâtin oranı iyice düştüğünden, kitosan davranışları etkin hale gelmiş ve hidrojeller pH değişimlerine karşı fazla duyarlı davranışı göstermemişlerdir.

4.3. JK Serisi Hidrojellerin Bozunma Davranışları

Tüm hidrojellerin bozunma davranışları 30°C' de ve pH=7,0'da Bölüm 3.5'de anlatıldığı şekilde incelenmiştir. Ortalama sonuçlar Ek-12 ve Ek-13'de verilmiş, ayrıca veriler grafiğe alınarak Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'de sunulmuştur. Jelâtin ile kitosan doğal ve biyobozunur polimerlerdir. Diğer doğal polimerlere nazaran daha az toksik ve biyouyumlu olmasından dolayı daha çok ön plana çıkmaktadır. Ayrıca çok sayıda yan gruplara sahip olması nedeniyle kolayca çapraz bağlanabilir ve modifiye edilebilirler [148]. Çalışmamızın ileri aşamalarında BGD içeren JK serisi hidrojellerin tarım alanında kullanılmasının incelenmesi düşünülmektedir. Bu hidrojellerin toprakta BGD salımını uzun süre sürdürebilmeleri için bozunma süresinin de uzun olması gereklidir. Bu nedenle hazırlanan hidrojellerin bozunma davranışları da önemlidir. Jelâtin ve kitosan miktarlarının değiştirilmesinin hidrojellerin bozunma davranışlarına etkisinin belirlenmesi önem kazanmaktadır.



Şekil 4.12. JK serisi hidrojenlerin ortalama bozunma (%) değerlerinin zamanla değişimi grafiği (30°C; pH=7,0)

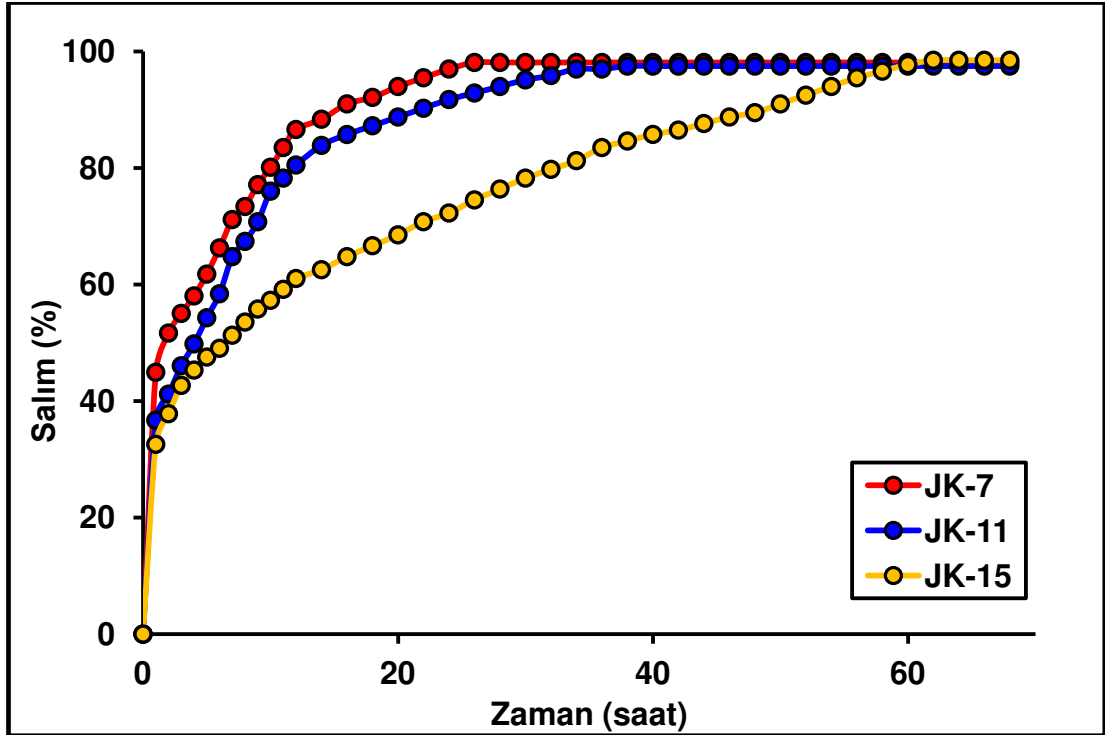


Şekil 4.13. JK serisi hidrojenlerin ortalama bozunma (%) değerlerinin zamanla değişim grafiği (30°C;pH=7,0)

Bozunma test sonuçlarından görüleceği gibi en hızlı olarak JK-1 hidrojeli yaklaşık 20 gün sonunda bozunmaya uğramıştır. JK-15 hidrojeli ise bozunma sürecini 76 gün sonunda tamamlamıştır. Sonuçlardan da görüleceği gibi, hidrojellerdeki kitosan miktarı arttıkça bozunma hızı azalmıştır. Bu durum; bir polisakkarit olan kitosanın molekül içi etkileşimlerinin jelâtime göre daha kuvvetli olması sonucu daha uzun sürede bozunma sürecini tamamlaması şeklinde açıklanabilir. Bu çalışmada üretilen hidrojellerin bozunma süreleri 20 ile 76 gün gibi geniş bir aralıkta değişmektedir. Dolayısıyla farklı kullanım yerlerine uygun bir seri hidrojel üretimi gerçekleştirilmiş durumdadır.

4.4. JK-7, JK-11 ve JK-15 Hidrojellerinden GA₃ Salımı

GA₃ yüklü hidrojellerin salım çalışmaları Bölüm 3.6.3'de anlatıldığı şekilde takip edilmiş, değerler Ek-14'de verilmiş ve Şekil 4.14'de grafiğe alınarak sunulmuştur. Bu grafikten görüldüğü gibi, tüm hidrojellerden GA₃ salımı önce zamanla artmış ve yaklaşık 24 ile 60 saat arasında sabitlenmiştir. En yüksek salım hızı JK-7 hidrojeli için, en düşük salım hızı ise JK-15 hidrojeli için elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar şişme davranışları ile uyumludur. Yine beklendiği gibi kitosan miktarındaki artış salım hızını azaltmıştır. JK-7 ve JK-11 hidrojellerinde salım 24 ile 40 saat civarında tamamlanırken, JK-15 hidrojeli salım yaklaşık 60 saat sürmüştür. Tarımsal uygulamalarda sulamanın belirli dönemlerde yapılacak olması nedeniyle salım hızının daha da yavaş olması beklenen bir durum olacaktır.

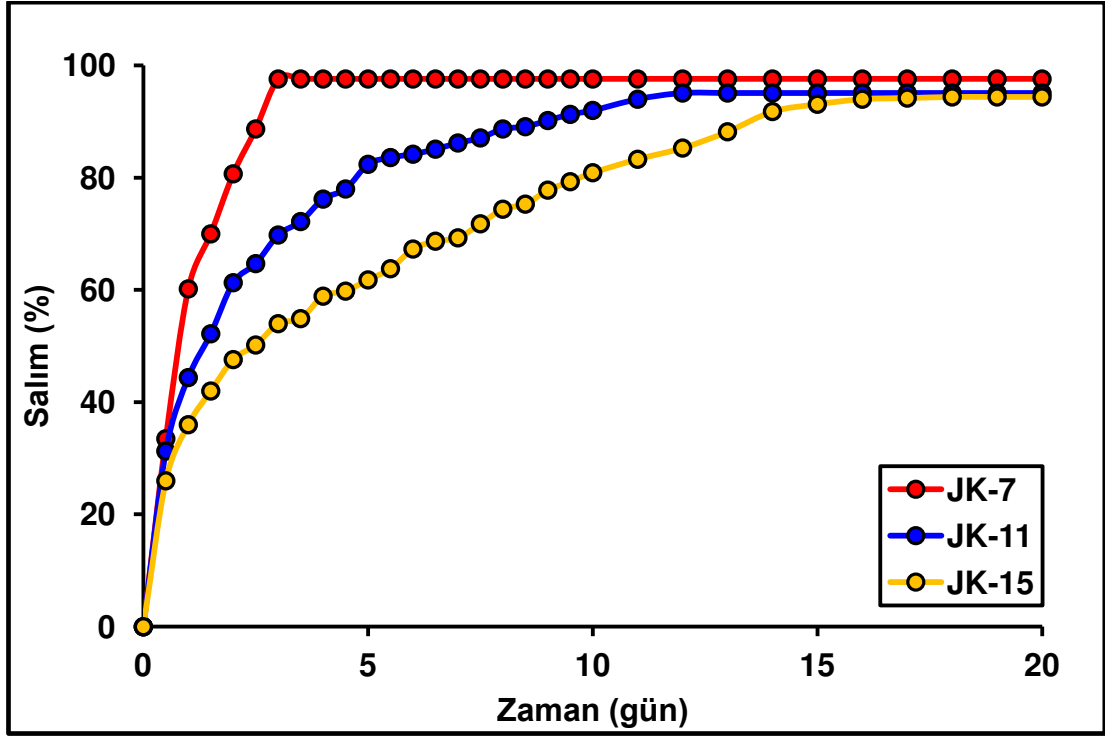


Şekil 4.14. JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerinden GA_3 salımının zamanla değişimi grafiği

4.5. JK-7, JK-11 ve JK-15 Hidrojellerinden SA Salımı

SA yüklü hidrojellerin salım çalışmaları Bölüm 3.6.6'da anlatıldığı şekilde takip edilmiş, sonuçlar Ek-15'de verilmiş ve grafiğe alınarak Şekil 4.15'de sunulmuştur. Bu grafikten görüldüğü gibi, en fazla jelatin içeren JK-7 hidrojelinsalım en yüksek hızda gerçekleşmiş ve yaklaşık 3 gün sonunda % 98 toplam salım değerine ulaşılmıştır. JK-11 hidrojelinde salım hızının daha düşük olduğu ve salımın yaklaşık 12 günde tamamlandığı saptanmıştır. Kitosan miktarı arttıkça, salım hızının daha da düştüğü ve JK-15 hidrojelinden SA salımının yaklaşık 18 günde tamamlandığı belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçların şişme davranışları ile uyumlu olduğu söylenebilir. Esas olarak yapıdaki kitosan miktarının artması hem şişmeyi hem de salım hızını düşürmüştür. Ayrıca tarımsal uygulamalarda, bu tabletlerin sürekli su içerisinde kalması söz konusu değildir. Sulama belirli dönemlerde kesikli bir

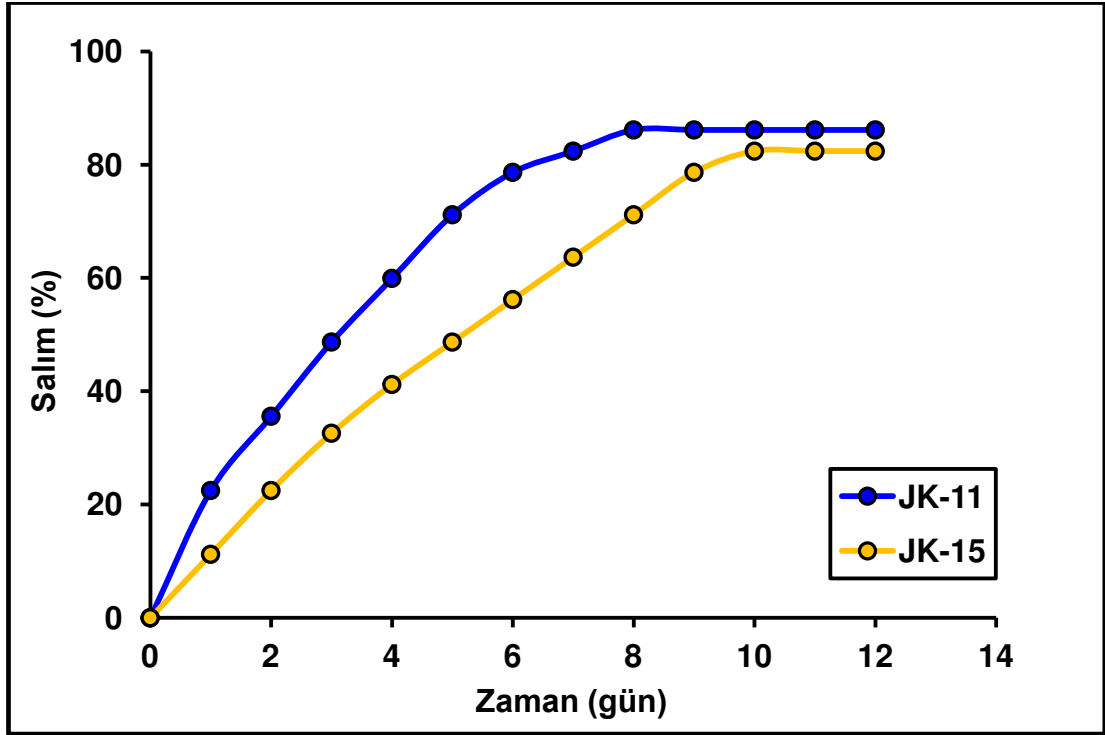
şekilde yapılmakta olduğundan salım sürecinin daha yavaş yürümesi beklenmelidir.



Şekil 4.15. JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerinden SA salımının zamanla değişimi grafiği

4.6. JK-11 ve JK-15 Hidrojellerinden GA_3 'ün Kesikli Salımı

Tarımsal uygulamalarda sulama işleminin kesikli olması nedeniyle, salım davranışlarının bu tür sulamaya uygun yapıldığı bir deney modeli geliştirilmiş ve salımın kesikli sulama ortamında nasıl olabileceği hakkında fikir edinilmeye çalışılmıştır. Bu deney serisinde nispeten daha hızlı salıma sebep olan JK-7 hidrojelini incelemeye alınmamıştır. GA_3 yüklü hidrojellerin kesikli salım çalışmaları Bölüm 3.7.1'de anlatıldığı şekilde takip edilmiş, değerler Ek-16'da verilmiş ve Şekil 4.16'da grafiğe alınarak sunulmuştur.

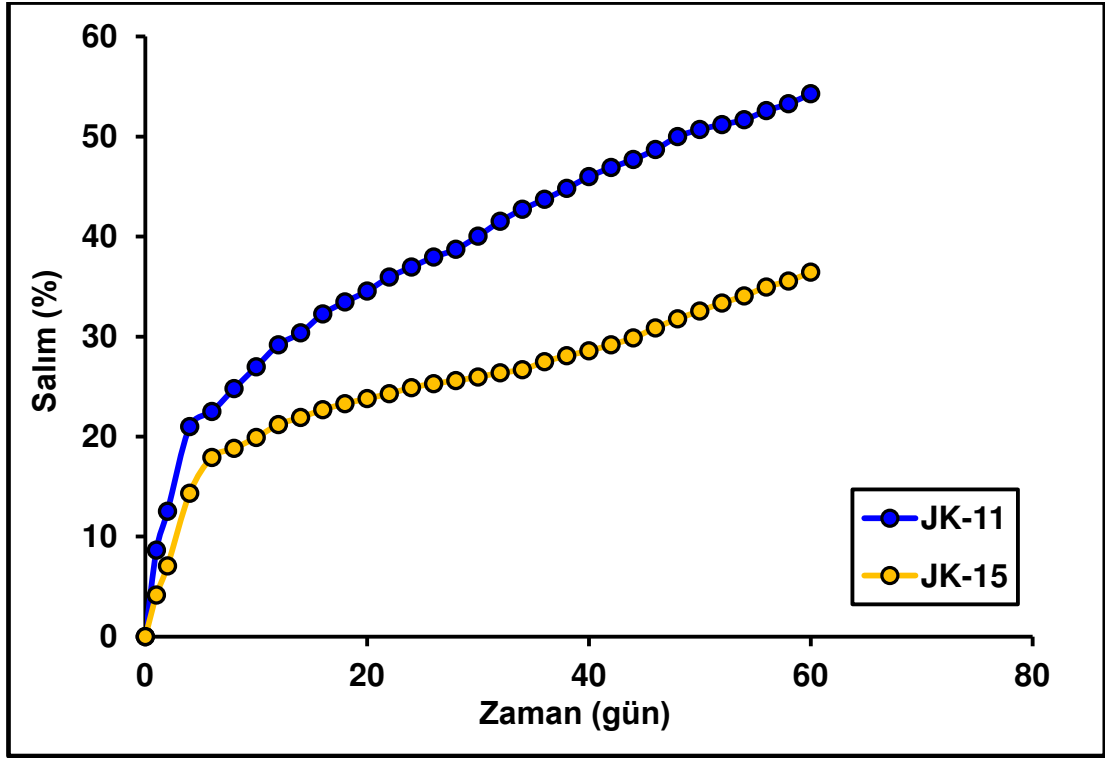


Şekil 4.16. JK-11 ve JK-15 hidrojellerinden GA_3 salımının zamanla değişimi grafiği

Bu grafikten görüldüğü gibi, JK-11 ve JK-15 hidrojellerden GA_3 salımı önce zamanla artmış ve 8 ile 10 gün sonunda sabitlenmiştir. En yüksek salım hızı JK-11 hidrojel için, en düşük salım hızı ise JK-15 hidrojel için elde edilmiştir. Sürekli su ortamında tutulduğunda 40-60 saat sonunda % 98 salım gerçekleşmiş iken, kesikli salım testlerinde GA_3 salımı düzenli olarak devam etmiş ve 8 ile 10 gün aralığında tamamlanmıştır. Bu sonuçlara göre tarımsal uygulamalarda sulamanın belirli dönemlerde yapılacak olması göz önüne alınırsa salım olayının çok daha uzun süreceği söylenebilir.

4.7. JK-11 ve JK-15 Hidrojellerinden SA' nın Kesikli Salımı

SA yüklü hidrojellerin kesikli salım çalışmaları Bölüm 3.7.2'de anlatıldığı şekilde takip edilmiş, sonuçlar Ek-17'de verilmiş ve Şekil 4.17'de grafiğe alınarak sunulmuştur.



Şekil 4.17. JK-11 ve JK-15 hidrojellerinden kesikli SA salımının zamanla değişimi grafiği

Şekil 4.17'deki grafikte görüldüğü gibi, JK-15 hidrojelinden SA kesikli salımı JK-11 hidrojeline göre daha yavaş gerçekleşmiştir. Sürekli su ortamında tutulduğunda 12-18 gün süre sonunda % 98 salım gerçekleşmiş iken, kesikli salım testlerinde SA salımı düzenli olarak devam etmiş ancak 60'ıncı günün sonunda parçalanmaya başladığı için salım çalışması sonlandırılmıştır. Bu sonuçlara göre kesikli sulama ile salım olayının çok daha uzun süreceği rahatlıkla söylenebilir.

4.8. GA_3 ve SA'nın Fide Çıkışına Etkisi

Çalışmanın bu bölümünde GA_3 ve SA yüklü hidrojellerin yabani patlıcan, ateş çiçeği, domates ve biber tohumlarında fide çıkışına etkisi araştırılmış ve deneylerin sonuçları aşağıda alt başlıklar halinde sunulmuştur.

4.8.1. GA₃ yüklü JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerinin yabani patlıcan tohumunda fide çıkışına etkisi

GA₃ yüklü hidrojellerin yabani patlıcan tohumlarının fide çıkışı üzerine etkileri Bölüm 3.8.5’de anlatıldığı şekilde incelenmiş ve elde edilen fide çıkış yüzdeleri ile ilgili değerler Çizelge 4.2’de sunulmuştur.

Çizelge 4.2. GA₃ yüklü hidrojellerin fide çıkışına etkileri (%) (K:kontrol, Y: GA₃ yüklü hidrojel)

JK-7										
GA ₃ (mg)	0,5		1,0		2,5		5,0		10,0	
Örnek	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y
Tohum										
Yabani patlıcan	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0
JK-11										
GA ₃ (mg)	0,5		1,0		2,5		5,0		10,0	
Örnek	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y
Tohum										
Yabani patlıcan	0	40	0	50	0	0	0	0	0	90
JK-15										
GA ₃ (mg)	0,5		1,0		2,5		5,0		10,0	
Örnek	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y
Tohum										
Yabani patlıcan	0	0	0	0	0	60	0	0	0	80

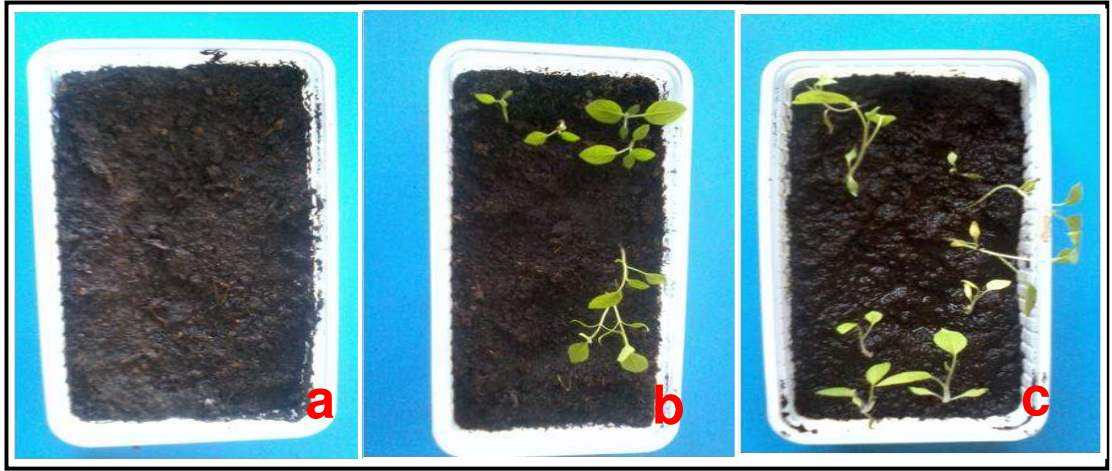
Çizelge 4.2’de görüldüğü gibi, aynı miktarlarda GA₃ yüklü üç ayrı hidrojel örneği için yabani patlıcan tohumunda farklı fide çıkış değerleri elde edilmiştir. En yüksek fide çıkış değerleri 10,0 mg GA₃ yüklü JK-11 ve JK-15 hidrojelleri için belirlenmiştir. En düşük fide çıkış değerleri ise 0,5 ve 1,0 mg

GA₃ yüklü JK-11 hidrojelinde görülmüştür. Ayrıca 2,5 mg GA₃ yüklü JK-7 ve 5 mg GA₃ yüklü JK-11 hidrojlere için elde edilen fide çıkış yüzdelere nispeten birbirine yakın değerlerde olduğu saptanmıştır. Diğer taraftan kontrol grubu örneklerinde fide çıkışının gerçekleşmemesi dikkat çekici bir durumdur. Tüm sonuçlar incelendiğinde GA₃ yüklü JK-11 hidrojelinin, JK-7 ve JK-15 hidrojeline göre fide çıkışını teşvik etmede daha başarılı olduğu söylenebilir.

GA₃ yüklü JK-11 ve JK-15 hidrojellerinin yabani patlıcan tohumunda fide çıkışına etkisi Resim 4.2 ve Resim 4.3’de sunulmuştur.



Resim 4.2. GA₃ yüklü JK-11 hidrojelinin yabani patlıcan tohumunda fide çıkışına etkisi a) Kontrol grubu b) 0,5 mg GA₃ c) 1,0 mg GA₃



Resim 4.3. GA_3 yüklü JK-15 hidrojelinin yabani patlıcan tohumunda fide çıkışına etkisi a) Kontrol grubu b) 2,5 mg GA_3 c) 10,0 mg GA_3

Bilindiği gibi yabani patlıcan bitkisi, domates ve patlıcan fidesi yetiştiriciliğinde anaç olarak kullanıldığından büyük bir öneme sahiptir. Ancak bu tohumda karşılaşılan en önemli sorun yüksek düzeyde dinlenme göstermesi nedeniyle çimlenmenin gerçekleşmemesi veya çimlenme sürecinin gecikmeli olmasıdır. Tarımsal üretimde bu sorunu aşmak için çeşitli BGD uygulamaları mevcuttur [149].

Çalışmamızın bu aşamasında, uyguladığımız BGD yüklü jelatin/kitosan hidrojel preparatların, yabani patlıcan tohumundan fide çıkışında gösterdiği olumlu etki memnuniyet verici olmuştur.

4.8.2. GA_3 yüklü JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerinin ateş çiçeği tohumunda fide çıkışına etkisi

GA_3 yüklü hidrojellerin ateş çiçeği tohumlarının fide çıkışı üzerine etkileri Bölüm 3.8.5'de anlatıldığı şekilde incelenmiş ve elde edilen fide çıkış yüzdeleri ile ilgili değerler Çizelge 4.3'de sunulmuştur.

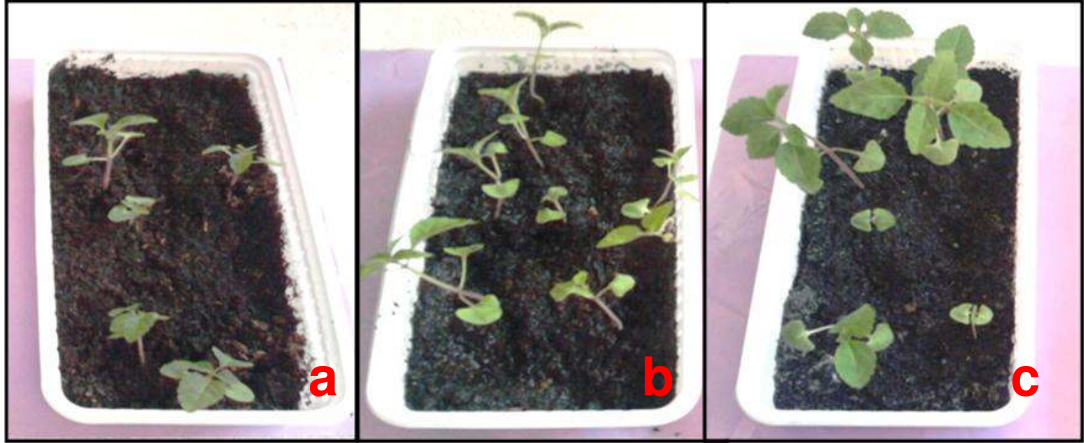
Çizelge 4.3. GA₃ yüklü hidrojelilerin fide çıkışına etkileri (%) (K:kontrol, Y: GA₃ yüklü hidrojel)

JK-7										
GA ₃ (mg)	0,5		1,0		2,5		5,0		10,0	
Örnek Tohum	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y
Ateş çiçeği	50	50	50	80	50	40	50	40	50	50
JK-11										
GA ₃ (mg)	0,5		1,0		2,5		5,0		10,0	
Örnek Tohum	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y
Ateş çiçeği	50	70	50	80	50	50	50	30	50	40
JK-15										
GA ₃ (mg)	0,5		1,0		2,5		5,0		10,0	
Örnek Tohum	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y
Ateş çiçeği	50	50	50	50	50	30	50	40	50	50

Çizelge 4.3'de görüldüğü gibi aynı miktarlarda GA₃ yüklü üç ayrı hidrojel örneği için ateş çiçeği tohumunda farklı fide çıkış değerleri elde edilmiştir. 1,0 mg GA₃ yüklü JK-7 ve JK-11 hidrojelleri için fide çıkış yüzdelerinin aynı değerde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca 0,5 mg GA₃ yüklü JK-11 hidrojelinin fide çıkışına etkisinin düşük olduğu gözlenmiştir.

GA₃ yüklü JK-11 hidrojelinin ateş çiçeği tohumunda fide çıkışına etkisi Resim 4.4'de sunulmuştur. Diğer GA₃ yüklü örneklerin ise fide çıkışına

etkilerinin kontrol grubuna göre aynı veya düşük değerde olduğu görülmüştür.



Resim 4.4. GA₃ yüklü JK-11 hidrojelinin ateş çiçeği tohumunda fide çıkışına etkisi a) Kontrol grubu b) 0,5 mg GA₃ c) 1 mg GA₃

Bu bölümdeki veriler değerlendirildiğinde, 1 mg GA₃ yüklü jelatin hidrojellerin ateş çiçeği tohumunda fide çıkışına kısmi bir etkisinin olduğu söylenebilir.

4.8.3. SA yüklü JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerinin domates tohumunda fide çıkışına etkisi

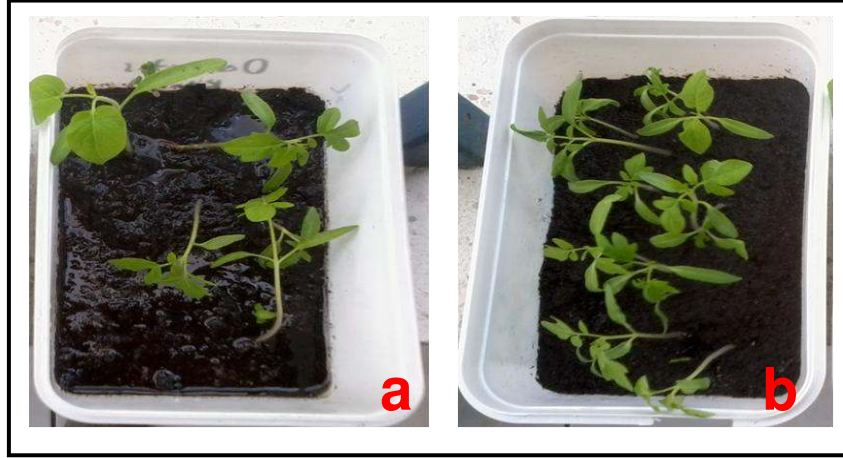
SA yüklü hidrojellerin domates tohumlarının fide çıkışı üzerine etkileri Bölüm 3.8.7’de anlatıldığı şekilde incelenmiş ve elde edilen fide çıkış yüzdeleri ile ilgili değerler Çizelge 4.4’de sunulmuştur.

Çizelge 4.4’ de görüldüğü gibi 5 mg SA yüklü JK-7 hidrojelinin domates tohumunda fide çıkışına etkisi kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. Diğer SA yüklü örneklerin ise fide çıkışına etkilerinin kontrol grubuna göre aynı veya düşük değerde olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.4. SA yüklü hidrojelilerin fide çıkışına etkileri (%) (K:kontrol, Y: SA yüklü hidrojel)

JK-7								
SA (mg)	1,0		2,5		5,0		10,0	
Örnek Tohum	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y
Domates	50	50	50	40	50	100	50	40
JK-11								
SA (mg)	1,0		2,5		5,0		10,0	
Örnek Tohum	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y
Domates	50	50	50	40	50	30	50	40
JK-15								
SA (mg)	1,0		2,5		5,0		10,0	
Örnek Tohum	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y
Domates	50	40	50	50	50	40	50	30

SA yüklü JK-7 hidrojelinin domates tohumunda fide çıkışına etkisi Resim 4.5’de sunulmuştur.



Resim 4.5. SA yüklü JK-7 hidrojelinin domates tohumunda fide çıkışına etkisi
a) Kontrol grubu b) 5 mg SA

4.8.4. SA yüklü JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerinin biber tohumunda fide çıkışına etkisi

SA yüklü hidrojellerin biber tohumlarının fide çıkışı üzerine etkileri Bölüm 3.8.7’de anlatıldığı şekilde incelenmiş ve elde edilen fide çıkış yüzdeleri ile ilgili değerler Çizelge 4.5’de sunulmuştur.

Çizelge 4.5’de görüldüğü gibi 1 mg SA yüklü JK-7 hidrojelinin biber tohumunda fide çıkışına etkisi kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. Diğer SA yüklü örneklerin ise fide çıkışına etkilerinin kontrol grubuna göre aynı veya düşük değerde olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.5. SA yüklü hidrojelilerin fide çıkışına etkileri (%) (K:kontrol, Y: SA yüklü hidrojel)

JK-7								
SA (mg)	1,0		2,5		5,0		10,0	
Örnek	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y
Tohum								
Biber	40	80	40	30	40	30	40	40
JK-11								
SA (mg)	1,0		2,5		5,0		10,0	
Örnek	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y
Tohum								
Biber	40	40	40	30	40	40	40	40
JK-15								
SA (mg)	1,0		2,5		5,0		10,0	
Örnek	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y
Tohum								
Biber	40	30	40	40	40	30	40	40

SA yüklü JK-7 hidrojelinin biber tohumunda fide çıkışına etkisi Resim 4.6'da sunulmuştur.



Resim 4.6. SA yüklü JK-7 hidrojelinin biber tohumunda fide çıkışına etkisi
a) Kontrol grubu b) 1 mg SA

Sonuç olarak, Bölüm 4.8’de anlatılan tüm değerlendirmeler göz önünde bulundurulursa, JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerinden toprak ortamına salınan farklı miktarlarda GA_3 ’ün, yabani patlıcan tohumunda fide çıkışını belirgin şekilde artırdığı söylenebilir. Yabani patlıcanın zor çimlenen bir bitki ve tarımsal alanlarda birim alandan elde edilen domates verimini artırdığı gerçeğinden hareketle, elde edilen deneysel verilerin bu konuda umut verici olduğu söylenebilir. Ayrıca ateş çiçeği için elde edilen sonuçlar da, bu konuda daha fazla çalışma yapılabileceği görüşünü ortaya koymaktadır. SA ile yürütülen çalışmalardan elde edilen sonuçlar ise, GA_3 ’e göre daha verimsiz bir durum sergilemektedir.

4.8.5. GA_3 ve SA yüklü ve tohum içeren JK-11 ve JK-15 hidrojellerinin fide çıkışına etkisi

GA_3 yüklü yabani patlıcan ve ateş çiçeği tohumu içeren JK-11 ve JK-15 hidrojellerinin fide çıkışı üzerine etkileri Bölüm 3.8.6’da anlatıldığı şekilde incelenmiş ve bu örneklerde fide çıkış olayının gerçekleşmediği belirlenmiştir.

SA yüklü domates tohumu içeren JK-11 ve JK-15 hidrojellerinin fide çıkışı üzerine etkileri Bölüm 3.8.8’de anlatıldığı şekilde incelenmiş ve bu örneklerde fide çıkışı olayının gerçekleşmediği görülmüştür.

5. SONUÇLAR

- Sunulan çalışmada BGD salımında kullanılmak üzere aynı miktarlarda GA çapraz bağlayıcısı ve farklı miktarlarda jelâtin/kitosan kullanılarak 15 tür hidrojel sentezlendi. Hazırlanan hidrojellerin jelleşme yüzdeleri, gravimetrik yöntem kullanılarak hesaplandı. Genel olarak, yüksek jelleşme oranları elde edildi. Kitosan miktarının artmasıyla hidrojellerde, jelleşme oranının bir miktar azaldığı belirlendi.
- Şişme-zaman testlerinden, tüm hidrojellerin şişme değerlerinin zamanla arttığı ve yaklaşık 24 saat civarında sabit değere ulaştığı saptandı. Hidrojel içindeki kitosan miktarının artmasıyla şişme değerlerinin azaldığı gözlemlendi. En yüksek şişme değeri JK-1 hidrojel için yaklaşık olarak %354, en düşük şişme değeri ise JK-15 hidrojel için yaklaşık olarak %102 olarak elde edildi.
- Şişme-sıcaklık testlerinden, sıcaklık arttıkça tüm hidrojellerin şişme değerlerinin arttığı ve 40°C civarında en yüksek şişme değerlerine ulaşıldığı saptandı. En yüksek şişme değeri JK-1 hidrojel için en düşük şişme değeri ise JK-15 hidrojel için elde edildi.
- Şişme-pH testlerinden, jelatin içeriği fazla olan hidrojellerin düşük pH değerlerinde yüksek şişme değerlerine ulaştığı, pH arttıkça şişme değerlerinin düştüğü ve pH=5,0'den sonra yeniden yükseldiği belirlendi. Bu davranışın izolelektrik değere uygun olduğu gözlemlendi. Kitosan içeriği fazla olan hidrojellerin pH değişimlerinden fazla etkilenmeden sabit bir şişme değeri gösterdiği saptandı. En yüksek şişme değeri pH= 2'de JK-1 hidrojel için yaklaşık olarak %529, en düşük şişme değeri ise JK-15 hidrojel için yaklaşık olarak %138 olarak bulundu.
- Hidrojellerin bozunma deneyleri sonuçlarından genel olarak kitosan miktarının artmasıyla, bozunma süresinin arttığı saptandı. JK-15

hidrojelinin yaklaşık 76 gün sonunda tamamen bozunduğu belirlendi. Jelatin miktarının en fazla olduğu JK-1 hidrojelinin ise bozunma sürecinin 20 gün sürdüğü saptandı.

- GA₃ yüklü JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerin salım çalışmalarında, salımının önce zamanla arttığı ve farklı jeller için 24 ile 60 saat arasında sabit değere ulaştığı gözlemlendi. Salım değerlerinin şişme yüzdelereine bağlı olarak değiştiği saptandı. Yüksek şişme oranlarının hızlı salıma neden olduğu ve salım süresinin şişme yüzdesi en fazla olan JK-7 için 24 saat, şişme yüzdesi en düşük olan JK-15 hidrojeli için ise 60 saat sürdüğü belirlendi.
- SA yüklü JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerin salım çalışmasında, salımının önce zamanla arttığı ve farklı jeller için 3 ile 18 gün arasında sabit değere ulaştığı ölçüldü. Salım değerlerinin şişme yüzdelereine bağlı olarak değiştiği belirlendi. Yüksek şişme oranlarının hızlı salıma yol açtığı ve salım süresinin şişme yüzdesi en fazla olan JK-7 için 3 gün, şişme yüzdesi en düşük olan JK-15 hidrojeli için ise 18 gün sürdüğü saptandı.
- GA₃ yüklü JK-11 ve JK-15 hidrojellerin kesikli salım çalışmalarında, salım değerlerinin şişme yüzdelereine bağlı olarak değiştiği saptandı. Yüksek şişme oranlarının hızlı salıma neden olduğu ve salım süresinin şişme yüzdesi en fazla olan JK-7 için 8 gün, şişme yüzdesi en düşük olan JK-15 hidrojeli için ise 10 gün sürdüğü belirlendi.
- SA yüklü JK-11 ve JK-15 hidrojellerin kesikli salım çalışmalarında salım işlemi 60 gün süreyle takip edildi. Ancak bu süre sonunda hidrojeller bozunduğu için salım çalışması sonlandırıldı. 60'ıncı günün sonunda JK-11 hidrojelinde %54 salım yüzdesi, JK-15 hidrojelinde ise %36 salım yüzdesi elde edildi.
- GA₃ yüklü JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerinin yabani patlıcan tohumunda fide çıkış etkileri 21 gün süreyle takip edildi. Kontrol gruplarında fide çıkışı

gözlenmedi. 0,5, 1,0 ve 10,0 mg GA₃ yüklü JK-11 hidrojel örneklerinin fide çıkış etkilerinin sırasıyla %40, %50 ve %90 olduğu saptandı. JK-15 hidrojel için 2,5 ve 10,0 mg GA₃ yüklü örneklerinde %60 ve %80 fide çıkış yüzdeleri belirlendi. 5,0 mg GA₃ yüklü JK-7 hidrojelinde ise fide çıkış etkisi %70 olarak elde edildi.

- GA₃ yüklü JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerinin ateş çiçeği tohumunda fide çıkış etkileri 21 gün süreyle takip edildi. 0,5 ve 1,0 mg GA₃ yüklü JK-11 hidrojel örneklerinin fide çıkış etkilerinin sırasıyla %70 ve %90 olduğu belirlendi. 1,0 mg GA₃ yüklü JK-7 hidrojelinde ise fide çıkış etkisi %70 olarak elde edildi. Diğer örneklerin fide çıkış yüzde değerlerinin kontrol grubuyla aynı veya düşük olduğu saptandı.
- SA yüklü JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerinin domates tohumunda fide çıkış etkileri 21 gün süreyle takip edildi. 5,0 mg SA yüklü JK-7 hidrojelinin fide çıkışına etkisi %100 olarak belirlendi. Diğer örneklerin fide çıkış yüzde değerlerinin kontrol grubuyla aynı veya düşük olduğu saptandı.
- SA yüklü JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerinin biber tohumunda fide çıkış etkileri 21 gün süreyle takip edildi. 1,0 mg SA yüklü JK-7 hidrojelinin fide çıkışına etkisi %80 olarak belirlendi. Diğer örneklerin fide çıkış yüzde değerlerinin kontrol grubuyla aynı veya düşük olduğu saptandı.
- GA₃ yüklü JK-11 ve JK-15 hidrojelleriyle kaplanan yabani patlıcan ve ateş çiçeği tohumlarında fide çıkışı belirlenemedi.
- SA yüklü JK-11 ve JK-15 hidrojelleriyle kaplanan domates tohumlarında fide çıkışı belirlenemedi.

KAYNAKLAR

1. Sencar, O., Geçit, H. H., Çiftçi, C. Y., Ünver, S., Kaya, M., "Tarla bitkileri tohumculuğu", **Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi**, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Samsun, 90-95 (1997).
2. Aksoy, U., Yaşar, E., "Sürdürülebilir Tarım", **Ege Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi**, Nisan, (1994).
3. Güler, M., "Bahçe ziraatında büyüücü ve engelleyici maddelerin kullanılması ve önemi", **Atatürk Üniversitesi Yayınları**, Erzurum, 277-279 (1982).
4. Raven, P.H., Evert, R.F., Eichhorn, S.E., "Regulating growth and development: The plant hormones (in: Biology of Plants)", **Worth Publishers, New York, USA**, 545-571 (1992).
5. Yılmaz, R., Yüksel, E. "İndol 3 Asetik Asit'in 3. Nesil Farelerin Kemik İliği Hücrelerinde Mitotik İndeks Üzerine Etkisi", **Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi**, 12(2), 46-49 (2002).
6. Bigia, A., Cojazzi, G., Panzavolta, S., Roveri, N., Rubini, K., "Stabilization of gelatin films by crosslinking with genipin", **Biomaterials**, 23: 4827-4832 (2002).
7. Digenis, G., Gold, T., Shah, V.P., "Cross-linking of gelatin capsules of relevance to their in vitro-in vivo performance", **Journal Pharmaceutical Science**, 83, 915-921 (1994).
8. Cortesia, R., Esposito, E., Ostia, M., Squarzon, G., Menegatti, E., Spencer Davis, S., Nastruzzia, C., "Dextran cross-linked gelatin microspheres as a drug delivery system", **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, 47: 153-160 (1999).
9. Cai, H., Zhang, Z.P., Sun, P.C., "Synthesis and characterization of thermo and pH sensitive hydrogels based on chitosan-grafted N-isopropylacrylamide via γ -radiation", **Radiation Physical Chemistry**, 74: 26-30 (2005).
10. Öztürk, E., "Preparation and characterization of polymeric carriers releasing growth factors to use in wound healing", Y. Lisans Tezi, **Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 25-38 (2002).
11. Montembault, A., Viton, C., Domard, A., "Rheometric study of the gelatin of chitosan in a hydroalcoholic medium", **Biomaterials**, 26: 1633-1643 (2005).

12. Duran, S., Şolpan, D., Güven, O., "Synthesis and characterization of acrylamide acrylic acid hydrogels and adsorption of some textile dyes", A Thesis of Master of Science, **The Institute for Graduated Studies in Pure and Applied Sciences of Hacettepe University**, Ankara, 6-8 (2000).
13. Kırımhan, S., "Organik Tarım Sistemleri ve Çevre", **Uğurer Tarım Kitapları**, Ankara, 105–110 (2005).
14. Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L., and Nelson, W.L., "Soil Fertility and Fertilizers", An Introduction to Nutrient Management 7th ed., **Pearson Education Ltd.**, USA, 1-515 (2005).
15. Kacar, B., "Yapraktan Bardağa Çay", **T.C. Ziraat Bankası Kültür Yayınları**, Ankara, 1-141 (1992).
16. Yılmaz C., "Bitkisel Üretimde Besin Elementleri", **Hasad Yayıncılık**, (2004).
17. Kacar, B., Katkat, A.V., "Bitki Besleme", **Nobel Yayın Dağıtım**, Ankara, 1-595 (2006).
18. Ming-gang, X., Dong-chu, L., Ju-mei, L., Dao-zhu, Q., Yagi, K., Hosen, Y., "Effects of Organic Manure Application with Chemical Fertilizers on Nutrient Absorption and Yield of Rice in Hunan of Southern China", **Agricultural Sciences in China.**, 7 (10): 1245-1252 (2008).
19. Follett, R.H., L.S. Murphy, Donahue, R.L., "Fertilizers and Soil Amendments", **Prentice-Hall Inc.**, USA, (1981).
20. Er, C., Başalma, D., "Organik Tarımdaki Gelişmeler", **Nobel Yayınları**, Ankara, (2008).
21. Sarathchandra, S.U., Ghani, A. Yeates, G.W., Burch, G., Cox, N.R., "Effect of nitrogen and phosphate fertilisers on microbial and nematode diversity in pasture soils", **Soil Biology & Biochemistry.**, 33: 953-964 (2001).
22. Ülgen, N., Yurtsever, N., "Türkiye’de Gübre Ve Gübreleme Rehberi", **TC Tarım Orman Ve Köy İşleri Bakanlığı**, Ankara, (1984),
23. Adkeniz, A., Brahi, A., "Gübreler Ve Gübreleme", **Cumhuriyet Üniversitesi Tokat Ziraat Fakültesi Yayınları**, Tokat, (1991).
24. Arslanargun, B., Yürekli, A., "Bitkilerde Mineral Beslenme Fizyolojisi", **Anadolu Üniversitesi**, Eskişehir, (2002).

25. Kılınç, M., Kutbay, G., "Bitki Ekolojisi", **Palme Yayıncılık**, Ankara, (2008).
26. Çakmakçı, R., "Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakterilerin Tarımda Kullanımı", **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 36 (1) : 97-107, (2005).
27. Küçük, Ç., Güler, İ., "Bitki Gelişimini Teşvik Eden Bazı Biyokontrol Mikroorganizmalar", **Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi**, 7 (1): 30-42 (2009)
28. Güllüoğlu L., Arıoğlu, H.H., "Harran Ovası Koşullarında Bazı Bitki Büyüme Düzenleyici Uygulamalarının İkinci Ürün Soyada (*Glycine Max* Merrill.) Önemli Tarımsal Özellikler Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi", **Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 9(2), 37-43, (2005).
29. Mercier, H., Kerbauy, G.B., Sotta, B., Miginiac, E., "Effects of NO_3^- , NH_4^+ and Urea nutrition on endogenous levels of IAA and four cytokinins in two epiphytic bromeliads", **Plant, Cell and Environment**, 20, 387-392 (1997).
30. Kaynak, L., Ersoy, N., "Bitki büyüme düzenleyicilerinin genel özellikleri ve kullanım alanları", **Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 10, 223-236, (1997).
31. Buban, T., "The use of benzyladenine in orchard fruit growing", **Plant Growth Regulation**, 32, 381-390 (2000).
32. Grunewald, W., Noorden, G.V., Isterdael, G.V., Beeckman, T., Gheysen, G., Mathesius, U., "Manipulation of auxin transport in plant roots during *Rhizobium* symbiosis and nematode parasitism", **The Plant Cell**, 21: 2553–2562 (2009).
33. Westwood, M.N., "Hormones and Growth Regulators, Temperate Zone Pomology: Physiology and Culture", **Timber Press Inc**, Portland, Oregon, USA, (1993).
34. Burak, M., "Meyvecilikte büyüme düzenleyici maddelerin kullanım imkanları", **Derim**, 8 (4):174-186 (1991).
35. Majeed, A., Asghari, B., "Role of growth promoting substances in breaking potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber dormancy", **Journal of Agriculture & Social Sciences**, 2 (3), 175–178 (2006).
36. Budak, N., Çalışkan, C.F., Çaylak, Ö., "Bitki büyüme regülatörleri ve tarımsal üretimde kullanımı", **Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 31, 289-296 (1994).

37. Barut, E., "Gelecekte bahçe bitkilerinde büyüme düzenleyici maddelerin kullanımı", **Derim**, 7: (2), 51-73 (1995).
38. Akgül, H., "Büyüme ve gelişim düzenleyiciler", **Eğirdir Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü**, 12,1-50 (2008).
39. Sayılı M., Akman Z., "Tarımsal uygulamalar ve çevreye olan etkileri", **Ekoloji**, 12, 28-32 (1994).
40. Fırat, B., "Bitki Nasıl Beslenir?", **Atlas Kitapevi**, Konya, 292 (1998).
41. Kaşka, N., Küden, B., "Büyüme düzenleyici maddeler ve bunların şeftalide kullanım olanakları", **Derim**, (92):85-92 (1986).
42. Oh, M.H., Clouse, S.D., "Brassinolide affects the rate of cell division in isolated leaf protoplasts of *Petunia hybrida*", **Plant Cell Reports**, 17, 921-924 (1998).
43. Cohen S.S., "A Guide to the Polyamines", **Oxford University Press**, New York, NY, (1998).
44. Smith, T.A., "Polyamines", **Plant Physiology**, 36:117-143 (1985).
45. Lee, T. T., Skoog, F., "Effect of substituted phenols on bud orination and growth of tobacco tissue culture", **Plant Physiology**, 18, 386-402 (1965).
46. Staswick, P.E., "Jasmonate, gene and fragrant signals", **Plant Physiology**, 99: 804-807 (1992).
47. Özen, H.Ç., Onay, A., "Bitki Büyüme ve Gelişme Fizyolojisi", **Diyarbakır Üniversitesi Fen Fakùltesi Biyoloji Bölümü**, Diyarbakır, S 167 (1999).
48. Breviario D., Giani, S., Di Vietri P., Coraggio, I. "Auxin and growth regulation of rice coleoptile segments", **Plant Physiology**, 98: 488-495 (1992).
49. Ünsal, P.N., "Bitki Büyüme Maddeleri", **İstanbul Teknik Üniversitesi**, No:4 (1993).
50. Salisbury, F.B., Ross, W.C., "Plant Physiology", **Wadsworth Publishing Company Belmont**, California, (1991).
51. Seçer, M., "Doğal büyüme düzenleyicilerin (bitkisel hormonların) bitkilerdeki fizyolojik etkileri ve bu alanda yapılan araştırmalar", **Derim**, 6: (3),109-124, 8 (1989).
52. Walsh, C.S., "Plant Hormones", **Haworth Press**, 245-250, (2003).

53. Warner, J.E., Ram Chandra, G.R., Chrispeels, J.M., "Gibberellic acid controlled synthesis of α -amylase in barley endosperm", ***Journal Cellular Comperative Physiology***, 66,1, 55-68 (1965).
54. Lin, P.P., "Polyamine metabolism and relation to response of the aleurone layers of barley seeds to gibberellic acid", ***Plant Physiology***, 74, 975-983 (1984).
55. Matile,P., "The lytic compartment of plant cell" ***Cell Biology Monographs***,1,15 (1975).
56. Tanrıverdi, F., "Çiçek Üretim Tekniği Ders Kitabı", ***Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi İzmir***, (1993).
57. Write. L., "Gibberellins-Plant Growth Hormones", ***Practical Hydroponics & Gren House***, (1993).
58. Uzun, İ., Aydın, B., Karadağ, M., "Çekirdeksiz Üzüm Çeşitlerinde GA Kullanılması", Akdeniz Üniversitesi Ziraat Faültesi. Bahçe Bitkileri Bölümü., ***Lisans Semineri***, 15, (1996).
59. Yalçın, E., Çavuşoğlu, K., Maraş, M., "Transdermal uygulamalar için glumikron yüklü agaroz hidrojellerinin hazırlanması ve kontrollü salım sistemlerinde kullanılması", ***Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi.***, 20 (2): 217-222 (2008).
60. Park, K., Shalably, S.W.W., Park, H., "Biodegradable hydrogels for drug delivery", ***Technomic Publishing Co. Inc.***, 2-3 (1993).
61. Byrne M.E., Park K., Peppas N.A., "Molecular imprinting within hydrogels", ***Advanced Drug Delivery Reviews***, 54:149-161 (2002).
62. Alvarez-Lorenzo, C., Concheiro, A., Dubovik, A.S., Grinberg, N.V., Burova, T.V., Grinberg, V.Y., "Temperature-sensitive chitosan-poly(N-isopropylacrylamide) interpenetrated networks with enhanced loading capacity and controlled release properties" , ***Journal Controlled Release***, 102: 629-641 (2005).
63. Karadağ, E., Saraydin, D., Çetinkaya, S., Güven, O., "Cationic dye adsorption by acrylamide/itanconic acid hydrogels in aqueous solutions", ***Polymer for Advanced Technologies***, 8: 574- 578 (2004).
64. Nursevin, H., Saraydin, D., Karadağ, E., Çaldıran, Y., Güven, O., "Influence of some aromatic amino acid on the swelling behavior of acrylamide/maleic acid hydrogel", ***Polymer Bulletin***, 40: 575-581 (1998).

65. Güven, O., Şen, M., "Preparation and characterization of poly(N-vinyl-2-pyrrolidone) hydrogels", **Polymer**, 42: 7634-7652 (2001).
66. Sinko, P., Kohn, J., "Polymeric Drug Delivery Systems: An Overview, Polymeric Drug Delivery Systems: Properties and Application", **American Chemical Society**, Washington DC, 18-21 (1993).
67. Hoare, T. R., Kohane, D. S., "Hydrogels in drug delivery: Progress and challenges", **Polymer**, 49: 1993-2007 (2008).
68. Huglin, M.B., Zakarai, M.B., "Swelling properties of copolymeric hydrogels prepared by gamma irradiation", **Journal Applied Polymer Science**, 31: 457-475 (1986).
69. Duran, S., Şolpan, D., Güven, O., "Synthesis and characterization of acrylamide-acrylic acid hydrogels and adsorption of some textile dyes", A Thesis of Master of Science, **The Institute for Graduated Studies in Pure and Applied Sciences of Hacettepe University**, Ankara, 6-8 (2000).
70. Bulut, M., "Makrogözenekli poli(akril amit) hidrojenlerinin hazırlanması ve farklı ortamlardaki şişme davranışlarının incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 5-14, 16-19, (2005).
71. Wu, S.X., Hoffman, S.A., Yager, P., "Synthesis and characterization of thermally reversible macroporous poly(N-isopropyl acrylamide) hydrogels", **Journal Polymer Science Part A, Polymer Chemistry**, 30: 2121-2129 (1992).
72. Melekaslan, D., Okay, O., "Kuvvetli anyonik hidrojenlerin polimer çözeltileri içindeki şişme davranışı", **İtü Dergisi/c Fen Bilimleri.**, 2 (1): 61-71 (2004).
73. Wu, S.X., Hoffmann, S.A. and Yager, P., "Synthesis and characterization of thermally reversible macroporous poly (N-isopropylacrylamide) hydrogels", **Journal of Polymer Science Part A, Polymer Chemistry**, 30: 2121-2129 (1992).
74. Peppas, N.A., Bures, P., Leobandung, W., Ichikawa, H., "Hydrogels in pharmaceutical formulations", **European Journal Pharmacology & Biopharmacy**, 50: 27-46 (2000).
75. Swami, S.N., "Radiation synthesis of polymeric hydrogels for swelling-controlled drug release studies", Doctor of Philosophy, **University of Western Sydney New South Wales**, Australia, (2004).

76. Am Ende, M.T., Hariharan, D., Peppas, N.A., "Factors influencing drug and protein transport and release from ionic hydrogels" , **Reaction Polymer** , 25: 127–137 (1995).
77. Peppas, N.A., Khare, A.R., "Preparation, structure and diffusional behavior of hydrogels in controlled release" , **Advanced Drug Delivery** 11: 1-35 (1993).
78. English, A.E., Mafé, S., Manzanares, J.A., Yu, X., Grosberg, A.Y., Tanaka, T., "Equilibrium swelling properties of polyampholytic hydrogels", **The Journal of Chemical Physics**, 104:8713-8720 (1996).
79. Yoshihito, O., Khokhlov, A., "Polymer gels and networks", **Marce Dekker Inc.** New York, (2001).
80. Hennink, W.E., Nostrum, C.F., "Novel crosslinking methods to design hydrogels", **Advanced Drug Delivery**, 54: 13–36 (2002).
81. Karadağ, E., SARAYDIN, D., "Swelling studies of super water retainer acrylamide/crotonic acid hydrogels crosslinked by trimethylolpropane triacrylate and 1,4-butanediol dimethacrylate", **Polymer Bulletin**, 48: 299-307 (2002).
82. Zhang, J., Peppas, N.A., "Synthesis and characterization of pH- and temperature-sensitive poly(methacrylic acid)/poly(N-isopropylamide) interpenetrating polymeric Networks", **Macromolecules**, 33: 102-107 (2000).
83. Park, K., Shalaby, S.W.W., Park, H., "Biodegradable hydrogels for drug delivery", **Technomic Publishing Company**, 1-12, 35-66 (1993).
84. Zhang, J., Peppas, N.A., "Morphology of poly(methacrylic acid)/poly(N-isopropyl acrylamide) interpenetrating polymeric Networks" , **Journal Biomaterial Science-Polymer Education**, 13: 511-525 (2002).
85. Orlov, Y., Xu, X., Maurer, G., "Swelling of nonionic N-isopropyl acrylamide hydrogels in aqueous solutions of (acetic acid or pyridine), **Fluid Phase Equilibria**, 238: 87–94 (2005).
86. Basan, S., "Polimer Kimyası" , **Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları**, Sivas, (2001).
87. Tanaka, T., "Phase transition in polymer gels" , **Scientific. American**, 7: 110-112, (1985).

88. Karadağ, E., Saraydin, D., Çetinkaya, S., Güven, O., "In vitro swelling studies and preliminary biocompatibility evaluation of acrylamide-based hydrogels" , **Biomaterials**, 17: 67-70 (1996).
89. Rosiak, J.M., Yoshii, F., "Hydrogels and their medical applications", **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B**, 151, 56-64 (1991).
90. Roseman, T.J., Carderelli, N.F., "Monolithicpolymer devices", **Controlled Release Techonology**, 11: 46-49 (2001).
91. Chen, J., Liu, M., Liu, H., Ma, L., "Synthesis, swelling and drug release behavior ofpoly(N,N-diethylacrylamide-co-N-hydroxymethyl acrylamide) hydrogel", **Materials Science and Engineering** , 29: 2116–2123 (2009).
92. Kim, S.J., Park, S.J., Kim, S.I., "Properties of smart hydrogels composed of poly(acrylic acid)/poly(vinyl sulfonic acid) responsive to external stimuli" , **Smart Material and Structure**,13: 317-322 (2004).
93. Bajpai, A.K., Giri, A., "Swelling dynamics of a macromolecular hydrophilic network and evaluation of its potential for controlled release of agrochemicals" , **Reaction Function Polymer**, 53: 125-141 (2002).
94. Qui, Y., Park, K., "Environment-sensitive hydrogels for drug delivery" **Advanced Drug Delivery Review**, 53: 321-339 (2001).
95. Kesgin D., "pH ya duyarlı poli(vinileter) bazlı amfifiilk hidrojellerden protein salım kinetiğinin incelenmesi" , Yüksek Mühendislik Tezi, **Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 5-7 (2004).
96. Rubinsteinm, C.R.H., Dobrynin, A.V., Joanny, J.F., "Elastic modulus and equilibrium swelling of polyelectrolyte gels" , **Macromolecules**, 29: 398-426 (1996).
97. Bulut, M., "Makrogözenekli poli(akril amit) hidrojellerinin hazırlanması ve farklı ortamlardaki şişme davranışlarının incelenmesi" , Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 5-14, 16-19 (2005).
98. Orhan E., "Poli(vinil alkol) / Poli(vinil pirolidon) ve (PVA–aşı–1–Vinil–2–Pirolidon) salisilik asitin kontrollü salımı" , Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 16-18 (2004).
99. Siegel, R.A., Firestone, B.A., "pH-dependent equilibrium swelling properties of hydrophobic polyelectrolyte gels" , **Macromolecules**, 21: 3254-3259 (1988).

100. Gürsoy, A., Pişkin, E., “Kontrollü İlaç Serbestleştiren Sistemler”, **Tekno Grafik& Ada**, İstanbul, (1989).
101. Kılıçarslan, M., “Verapamil HCl in kontrollü salım yapan çok birimli oral ilaç seklinin hazırlanması”, Doktora Tezi, **Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-13 (1999).
102. Piskin, E., Gürsoy, A., Dortunç, B., Peppas, N.A., “Kontrollü İlaç Serbestleştiren Sistemler”, **Marmara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları**, İstanbul, 75-86 (1989).
103. Morita, R., Honda, R., Takahashi, Y., “Development of oral controlled release preparations, a PVA swelling controlled released system (SCRS) I. design of SCRS and its release controlling factor”, **Journal Controlled Release**, 63: 297–304 (2000).
104. Korsmeyer, R.W., Peppas, N.A., “Macromolecular and modeling aspects of swelling controlled systems”, Roseman, T.J., and Mansdorf, S.Z., (Eds.), **Controlled Release Delivery Systems**, Marcel Dekker, New York, 77-90 (1983).
105. Edwards, D.A., “Non-fickian diffusion in thin poymer films”, **Journal Polymer Science. : Part B: Polymer Physics**, 34: 981-997 (1996).
106. Liang, R., Liu, M., Wu, L., “Controlled release NPK compound fertilizer with the function of water retention”, **Reactive & Functional Polymers**, 67: 769–779 (2007).
107. Elizabeth, A. G., “Preplant slow-release nitrogen fertilizers produce similar bell pepper yields as split applications of soluble fertilizer”, **Agronomy Journal**, 388–393 (2000).
108. Peng, S. B., Huang, J. L., Zhong, X. H., Yang, J.C., Wang, G.H., Zou, Y. B., Zhang, F.S., Zhu, Q.S., Roland, B.R., Christian, W., “Research strategy in improving fertilizer-nitrogen use efficiency of irrigated rice in China”, **Scientia Agricultura Sinica**, 35: 1095-1103 (2002).
109. Li, J.Y., Hua, Q.X., Tan, J.F., Zhou, J.M., Hou, Y.L., “Mineral coated fertilizer effect on nitrogen-use efficiency and yield of wheat” **Pedosphere**, 15:526-53 (2005).
110. Mogul, M.G., Akin, H., Hasırcı, N., Trantolo, D.J., Gresser, J.D., Wise, D.L., “Controlled release of biologically active agents for purposes agriculturel crop management”, **Conservation and Recycling**, 16: 289-320 (1996).

111. Kakoulides, E.P., Valkanas, G.N., "Modified rosin-paraffin wax resins as controlled delivery systems as fertilizers.Fabrication parameters governing fertilizer release in water", **Industrial & Engineering Chemistry Research**, 33-1623 (1994).
112. Jarosiewicz, A., Tomaszewska, M., Agric, J., "Controlled-release NPK fertilizer encapsulated by polymeric membranes", **Food Chemistry**, 51-413 (2003).
113. Prasad, R., Rajale, G.B., Lakhdive, B.A., "Nitrification retarders and slow-release nitrogen fertilizers", **Advances in Agronomy**, 23-337 (1971).
114. Ray, S.K., Varadachari, C., Ghosh, K., "Novel slow-releasing micronutrient fertilizers", **Industrial & Engineering Chemistry Research**, 32-1218, (1993).
115. Karim, A.A., Bhata, R., "Fish gelatin: properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins", **Food Hydrocolloids**, 23: 563–576, (2009)
116. Singh, S., Rama Rao, K.V., Venugopal, K., Manikandan, R., "Alteratio i n dissolution characteristics of gelatin-containing formulations", **Pharmaceutical Technology**, 36-58 (2002).
117. Usta, M., Piech, D.L., MacCrone, R.K., Hillig, W.B., "Behavior and properties of neat and filled gelatins", **Biomaterials**, 24: 165–172 (2003).
118. Martindale, The Extra Pharmacopeae, 29th Ed.London: **The Pharmaceutical Pres**, (1985).
119. Handbook of Pharmaceutical Excipients, **American Pharmaceutical Association**, Washington,(1986).
120. Singh, V., Tiwari, A., Tripathi, D.N., Sanghi, R., "Microwave enhanced synthesis of chitosan-graft-polyacrylamide" , **Polymer**, 47: 254-260 (2006).
121. Berger, J., Reist, M., Mayer, J., M., Felt, O., Peppas, N., A., Gurny, R., "Structure and interactions in covalently and ionically crosslinked chitosan hydrogels for biomedical applications" , **European Journal Pharmaceutics Biopharmaceutics**., 57: 19-34 (2004).
122. Tharanathan, R.N., Prashanth, K.V.H., "Crosslinked chitosanpreparation and characterization", **Carbohydrate. Research**, 341: 169-173 (2006).

123. Marsano, E., Bianchi, E., Vicini, S., "Stimuli responsive gels based on interpenetrating network of chitosan and poly(vinylpyrrolidone)", **Polymer**, 46: 1595-1600 (2005).
124. Vieira, I.C., "Immobilization procedures for the development of abiosensor for determination of hydroquinone using chitosan and gilo (Solanum gilo)", **Enzyme Microbial Techonolgy**, 38: 449-456 (2006).
125. Chen, K. S., Ku, Y. A., Lin, H. R., Yan, T. R., Sheu, D. C., Chen, T. M., Lin, F. H., "Preparation and characterization of sensitive poly(N-vinly-2-pyrrolidone/itaconic acid) copolymer hydrogels", **Materials Chemistryand Physics**, 91 (1- 2): 484-489 (2005).
126. Chiou S..H., Wu W.T., "Immobilization of candida rugosa lipase on chitosan with activation of the hydroxyl groups", **Biomaterials**, 25:197-204 (2004).
127. Migneault, I., Dartiguenave, C., Bertrand, M., Waldron, K., "Glutaraldehyde: behavior in aqueous solution, reaction with proteins and application to enzyme crosslinking", **Biotechniques**, 37: 790-802 (2004).
128. Eberhard, S., N. Doubrava, V., Marta, D., Mohnen, A., Soutwick, A., Darvill P., " Albersheim, pectic cell wall fragments regulate tobacco thin-cell-layer explant morphogenesis", **Plant Cell**, 1, 747-755, (1989).
129. Raskin, I., "Salicylic Acid. In: Plant Hormones, Physiology, Biochemistry and Molecular Biology", Davies (ed.), **Kluwer Acad. Pub.**, London, 188-205 (1995).
130. Belinda, A., Barbaros, N., "Eff ects of cold and salicylic acid treatments on nitrate reductase activity in spinach leaves", **Turk Journal Biology**, 35, 443-448 (2011).
131. Klessig, D. F., J. Durner, J. M. Zhou, D. Kumar, R. Navarre, S. Zhang, "No and salicylic acid signaling in plant defense", **Proc. Natl. Acad. Sci. USA**, (2000).
132. Wagner, W.L., D.R. Herbst, and S.H. Sohmer., "Manual of the Flowering Plants of Hawai'i", **Bishop Museum Special Publication**, Honolulu, 2 (1999).
133. Koç, F., "Farklı organik gübrelerin domates ve biber bitkisinin gelişimi ile beslenmesine etkisi", Yüksek Lisans Tezi, **Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 4-5 (2008).
134. İnternet: Ateş çiçeği <http://www.cicekyetistiriciligi.com/2008/09/ate-ie-i-ada-ay-salvia.html> (2012).

135. Pişkin, E. : “Polimer Teknolojisine Giriş”, **Hacettepe Üniversitesi Yayınları**, İstanbul, (1982).
136. Yang, C.H., Huang, K.S., Lin, P.W., Lin, Y.C., “ Using a flow-cross microfluidic chip and external crosslinking reaction for monodisperse TPP-chitosan microparticles”, **Sensors and Actuators**, 124, 510-516, (2007).
137. Akalın, G.O., “Jelatin hidrojenlerin sentezlenmesi, şişme/bozunma davranışlarının incelenmesi ve uygun immobilize lipaz-jelatin hidrojeninin oluşturulması”, **Gazi Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, (2011).
138. Abd El-Rehim, H. A., “Swelling of radiation crosslinked acrylamidebased microgels and their potential applications”, **Radiation Physics and Chemistry**, 74: 111-117 (2005).
139. Chen, K. S., Ku, Y. A., Lin, H. R., Yan, T. R., Sheu, D. C., Chen, T. M., Lin, F. H., “Preparation and characterization of sensitive poly(N-vinyl-2-pyrrolidone/itaconic acid) copolymer hydrogels”, **Materials Chemistry and Physics**, 91 (1-2): 484-489 (2005).
140. Kim, S.J., Park, S.J., Kim, S., “Swelling behavior of interpenetrating polymer network hydrogels composed of poly (vinyl alcohol) and chitosan”, **Reactive and Functional Polymer**, 55: 53-59 (2003).
141. Chen, K. S., Ku, Y. A., Lin, H. R., Yan, T.R., Sheu, D. C., Chen, T. M., Lin, F. H., “Preparation and characterization of sensitive poly(N-vinyl-2-pyrrolidone/itaconic acid) copolymer hydrogels”, **Materials Chemistry and Physics**, 91 (1- 2): 484-489 (2005).
142. Korkmaz, A., “Inclusion of acetyl salicylic acid and methyl jasmonate into the priming solution improves low temperature germination and emergence of sweet pepper”. **Hortscience**, 40(1): 97-200 (2005).
143. Kathuria, N., Tripathi, A., Kar, K., Kumar, K., “Synthesis and characterization of elastic and macroporous chitosan-gelatin cryogels for tissue engineering”, **Acta Biomaterialia**, 5, 406-418 (2008).
144. Stancu, I.C., “ Gelatin hydrogels with PAMAM nanostructured surface and high density surface-localized amino groups”, **Polymers**, 70 (5): 314-324 (2010).

145. Bigi, A., Cojazzi, G., Panzavolta, S., Roveri, N., Rubini, K., "Stabilization of gelatin films by crosslinking with genipin.", ***Biomaterials***, 24: 4827-4832 (2002).
146. Ockerman, H.W. ve Hansen, C.L. "Animal By-Product Processing", ***Ellis Horwood Ltd.***, Chichester England, 366 (1988).
147. Xiao, X.C., Chu, L.Y., Chen, W.M., Zhu, J.H., "Monodispersed thermoresponsive hydrogel microspheres with a volume phase transition driven by hydrogen bonding", ***Polymer***, 46: 3199-3209 (2005).
148. Esposito, E., Cortesi, R., Nastruzzi, C., "Gelatin microspheres: Influence of preparation parameters and thermal treatment on chemico-physical and biopharmaceutical properties", ***Biomaterials***, 17: 2009–2020 (1996).
149. Pektaş, İ., "Bitki gelişim düzenleyicilerinin antioksidan enzimler üzerindeki etkilerinin araştırılması", ***Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Yüksek Lisans Tezi, 5-6, (2009).

EKLER

EK-1: Tarımsal terimler sözlüğü

Adventif kök: Normal olmayan bir yerden (gövdeden) çıkan kök.

Alöron: Bitki tohumlarının endosperminde ve kotiledonlarda bulunan, protein, fitin ve hidrolitik enzimler içeren depo granülleri.

Apikal dominansi: Gövdenin uç meristemi (uç tomurcuğu) ile lateral tomurcukların büyümesinin önlenmesi.

Asimilat: Bitkide fotosentez sonucu oluşan ürünler

Dormansi: Tohumda dinlenme durumu.

Endosperm: Kapalı bitkilerin tohumlarında embriyoyu besleyen ve saran doku.

Kotiledon: Bir bitkide embriyonun çenek yaprağıdır.

Lateral tomurcuk: Bitkinin ana ekseninde yan dalların kökenini oluşturan yan tomurcuklar

Meristem doku: Hücre çekirdekleri büyük, stoplazmaları fazla, kofulları küçük, çeperleri ince ve metabolizmaları hızlı olan bitkisel doku türü.

Partenokarpik meyve: Dölllenme olmadan meyve oluşumu.

Primer kök: Ana kök

Radikula: Bitki embriyosunda bulunan ve kökü meydana getiren yapı

Senesens: Bitkilerin normal gelişme süreci içinde bazı hücre, doku veya organlarının gelişmenin amacına uygun olarak ölmesidir.

Vejetatif gelişme: Bir bitkide kök, gövde dal ve yaprakların oluşması ve büyümesidir.

EK-2. pH=2,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,4; 8,0; 10,0; 12,0; Britton–Robinson tampon (BRT) çözeltilerinin hazırlanması

2,3 mL asetik asit, 2,7 mL %85 lik fosforik asit ve 2,5 g Borik asit karıştırılıp saf su ile 1L ye tamamlandı. Bu işlem ile pH yaklaşık 2,5 olan tampon çözelti hazırlandı. Hazırlanan bu çözeltinin pH=2,0 oluncaya kadar ayarlama derişik HCl ile yapıldı.

pH=2,0 çözeltisinden yeterli miktarlarda alınarak ve ayarlama için 2,0 M NaOH çözeltisi kullanılarak pH=4,0, pH=5,0, pH=6,0, pH=7,4, pH=8,0, pH=10,0 ve pH=12,0 tampon çözeltileri hazırlandı.

Tüm ayarlamalar pH metre eşliğinde yürütüldü.

EK-3. Jelatin kürelerin ortalama şişme (%) değerlerinin zamanla değişim grafiği

Hidrojel Zaman (saat)	%7 Jelatin	%10 Jelatin	%14 jelatin
1	83	110	120
2	117	135	175
4	183	280	300
6	200	310	320
7	217	330	335
8	217	340	345
10	233	350	365
11	240	360	375
12	245	360	390
14	250	380	400
16	254	385	410
18	248	389	416
20	253	395	433
22	260	398	433
24	263	400	433
25	263	402	433
26	263	402	433
27	263	405	433
28	263	409	433
29	263	410	433
30	263	410	433

EK-4. Kitosan kürelerin ortalama şişme (%) değerlerinin zamanla değişim sonuçları

Hidrojel Zaman (saat)	%1 TPP	%3 TPP
0	0	0
1	70	58
2	80	67
3	89	74
4	98	80
5	107	86
6	112	93
7	117	100
8	122	106
9	127	110
10	130	114
11	133	116
12	133	117
13	133	117
14	133	117

EK-5. Jelatin hidrojellerin ortalama şişme (%) değerlerinin zamanla değişim sonuçları

Hidrojel Zaman (saat)	G-1	G-2	G-3	G-4
0	0	0	0	0
1	100	70	86	85
2	157	80	133	119
3	205	100	176	150
4	228	120	195	170
5	252	130	214	185
6	262	160	228	195
7	280	175	238	205
8	300	185	254	214
9	305	195	262	225
10	319	205	276	235
11	328	213	286	245
12	338	226	300	255
14	347	240	314	270
15	357	245	320	276
16	357	249	325	283
18	366	258	330	295
19	371	263	334	298
20	371	267	338	303
22	380	277	342	307
23	380	284	345	311
24	380	287	350	315
26	386	292	352	321
27	386	294	357	324
28	390	298	360	327
30	390	300	366	335
31	395	302	371	338
32	400	302	373	342
34	405	302	371	343
36	405	304	376	344
38	409	304	378	345
40	409	304	380	347
42	414	304	383	347
44	414	304	383	347
46	419	304	385	347
48	419	304	385	347

EK-6. JK serisi hidrojellerin ortalama şişme (%) değerlerinin zamanla değişim sonuçları

Hidrojel Zaman (saat)	JK-1	JK-2	JK-3	JK-4	JK-5	JK-6
0	0	0	0	0	0	0
1	185	166	150	131	120	113
2	230	185	169	145	130	120
3	250	200	180	159	141	130
4	260	213	189	175	150	140
5	273	228	198	184	160	148
6	284	240	205	190	168	156
7	292	250	214	197	176	165
8	300	265	226	204	184	173
9	308	275	235	211	190	180
10	313	284	242	225	199	186
11	316	290	254	235	208	192
12	320	296	265	243	215	200
13	326	300	273	254	224	206
14	330	303	281	261	233	213
15	333	306	290	268	235	217
16	337	309	296	273	237	221
17	338	311	300	277	238	225
18	341	312	303	281	238	227
19	344	314	305	284	239	229
20	346	314	306	286	240	231
21	348	316	308	287	242	233
22	351	317	308	288	242	235
23	353	318	309	289	243	236
24	354	320	309	289	243	236
26	354	320	309	289	243	236
27	354	320	309	289	243	236
28	354	320	309	289	243	236
29	354	320	309	289	243	236
30	354	320	309	289	243	236

EK-7. JK serisi hidrojellerin ortalama şişme (%) değerlerinin zamanla değişim sonuçları

Hidrojel Zaman (saat)	JK-7	JK-8	JK-9	JK-10	JK-11	JK-12	JK-13	JK-14	JK-15
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	94	85	80	74	67	46	43	39	35
2	122	110	95	87	81	68	60	50	45
3	155	137	128	107	100	81	71	59	54
4	179	160	143	118	105	88	78	65	58
5	195	178	156	123	107	95	87	70	62
6	200	189	162	130	114	101	93	74	66
7	212	201	170	138	121	105	99	76	68
8	220	205	175	145	126	111	105	80	71
9	225	211	179	148	130	115	109	83	73
10	232	216	185	150	133	121	112	86	75
11	237	221	190	152	135	125	116	89	78
12	244	227	192	153	138	129	119	92	80
13	250	233	194	155	139	133	123	95	82
14	253	235	196	157	140	136	125	99	84
15	256	237	198	158	142	138	126	101	87
16	258	238	199	160	144	139	128	105	89

EK-7. (Devam) JK serisi hidrojenlerin ortalama şişme (%) değerlerinin zamanla değişim sonuçları

17	261	239	201	162	145	141	129	107	90
18	264	240	203	163	148	142	131	109	92
19	266	241	204	164	150	143	133	111	92
20	269	242	205	166	151	143	134	113	94
21	272	243	205	167	152	144	135	114	96
22	274	243	207	167	154	145	136	115	98
23	275	244	208	167	156	145	138	116	101
24	276	244	209	167	157	145	138	117	102
26	276	244	209	167	157	145	138	117	102
27	276	244	209	167	157	145	138	117	102
28	276	244	209	167	157	145	138	117	102
29	276	244	209	167	157	145	138	117	102
30	276	244	209	167	157	145	138	117	102

EK-8. JK serisi hidrojellerin ortalama % şişme değerlerinin sıcaklıkla değişim sonuçları

Hidrojel Sıcaklık (°C)	JK-1	JK-2	JK-3	JK-4	JK-5	JK-6
0	0	0	0	0	0	0
4	245	223	202	180	164	158
10	278	252	223	200	185	175
20	321	290	265	235	215	200
30	354	320	309	289	243	236
40	375	352	346	310	265	250
50	362	332	322	300	252	245

EK-9. JK serisi hidrojenlerin ortalama % şişme değerlerinin sıcaklıkla değişim sonuçları

Hidrojel Sıcaklık (°C)	JK-7	JK-8	JK-9	JK-10	JK-11	JK-12	JK-13	JK-14	JK-15
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	205	201	171	130	120	110	100	78	70
10	234	219	187	142	134	121	105	87	76
20	263	234	201	158	144	129	112	97	84
30	276	244	212	167	157	145	138	117	102
40	307	272	243	191	165	157	148	130	113
50	285	248	219	179	160	149	142	123	108

EK-10. JK serisi hidrojellerin ortalama % şişme değerlerinin pH ile değişim sonuçları

Hidrojel pH	JK-1	JK-2	JK-3	JK-4	JK-5	JK-6
2	529	512	499	489	450	430
4	338	300	285	265	240	210
5	285	271	265	254	220	190
6	342	312	298	275	235	220
7	354	320	309	289	243	236
8	369	345	324	311	289	271
10	387	370	331	322	305	281
12	423	380	345	332	311	299

EK-11. JK serisi hidrojellerin ortalama % şişme değerlerinin pH ile değişim sonuçları

Hidrojel pH	JK-7	JK-8	JK-9	JK-10	JK-11	JK-12	JK-13	JK-14	JK-15
2	525	514	443	413	371	231	185	158	135
3	456	422	360	334	307	209	166	147	128
4	354	365	332	298	225	177	156	132	121
5	243	215	185	156	135	129	120	95	90
6	266	235	204	160	145	138	128	100	94
7	276	244	212	167	157	145	138	117	102
8	336	280	239	218	188	185	175	132	123
10	361	291	274	223	205	195	185	142	134
12	378	353	344	283	231	212	195	162	138

EK-12. JK serisi hidrojellerin zamana karşı ortalama % bozunma (% kütle kaybı) değerlerinin sonuçları

Hidrojel Zaman (gün)	JK-1	JK-2	JK-3	JK-4	JK-5	JK-6
1	7	6	5	4	4	3
2	8	7	7	5	5	4
3	10	10	8	6	6	4
4	17	13	10	7	6	5
5	24	23	16	8	7	5
6	27	25	18	10	8	6
7	30	28	20	12	8	7
8	32	30	24	14	9	7
9	37	32	27	17	10	8
10	41	34	29	21	13	9
11	45	39	30	24	15	11
12	50	45	32	27	17	14
13	54	48	34	28	20	16
14	60	52	37	29	22	18
15	65	55	40	32	24	19
16	69	59	41	34	26	20
17	76	64	43	35	28	22
18	82	68	45	37	30	24
19	90	71	48	39	33	25
20	100	75	50	41	35	26
21	—	79	54	42	36	28
22	—	84	57	45	38	30
23	—	87	61	47	40	32
24	—	90	64	49	42	34
25	—	93	69	51	44	35
26	—	100	72	53	46	37
27	—	—	76	55	49	39
28	—	—	81	57	50	41
29	—	—	85	60	52	43
30	—	—	89	63	54	44

EK-12. (Devam) JK serisi hidrojenlerin zamana karşı ortalama % bozunma (% kütle kaybı) değerlerinin sonuçları

32	—	—	92	66	56	47
34	—	—	100	69	57	50
36	—	—	—	72	60	53
38	—	—	—	76	63	55
40	—	—	—	81	66	57
42	—	—	—	85	69	59
44	—	—	—	90	71	63
46	—	—	—	100	74	66
48	—	—	—	—	80	70
50	—	—	—	—	87	74
52	—	—	—	—	93	78
54	—	—	—	—	100	83
56	—	—	—	—	—	89
58	—	—	—	—	—	100

EK-13. JK serisi hidrojellerin zamana karşı ortalama % bozunma (% kütle kaybı) değerlerinin değişim sonuçları

Hidrojel Bozunma (gün)	JK-7	JK-8	JK-9	JK-10	JK-11	JK-12	JK-13	JK-14	JK-15
1	6	5	5	5	4	3	3	3	2
2	7	6	6	6	4	4	4	3	2
3	10	8	7	6	5	4	4	4	3
4	13	11	8	7	6	5	4	4	3
5	23	14	11	8	6	5	5	4	4
6	25	18	14	9	8	6	5	5	4
7	28	22	16	12	9	8	6	6	4
8	30	25	18	14	10	8	7	6	5
9	32	26	21	15	11	9	8	7	5
10	34	31	24	18	14	10	9	8	6
11	39	34	28	21	16	11	9	8	6
12	45	37	31	23	18	11	10	9	7
13	48	40	33	25	20	13	11	10	8
14	52	44	35	26	22	14	12	10	9
15	55	48	39	29	24	15	12	11	10

EK-13. (Devam) JK serisi hidrojenlerin zamana karşı ortalama % bozunma (% kütle kaybı) değerlerinin değişim sonuçları

16	59	51	42	32	26	17	13	12	11
17	64	54	46	35	28	19	14	12	11
18	68	58	51	37	30	21	15	13	12
19	71	59	54	41	33	23	17	15	12
20	75	63	57	44	36	25	19	17	13
21	79	67	60	46	39	26	21	19	14
22	84	69	62	49	42	28	23	21	15
23	87	72	65	52	45	32	25	22	16
24	90	75	69	55	48	36	27	23	17
25	93	81	72	59	52	38	28	24	18
26	100	85	75	62	56	41	29	26	19
27	—	89	78	65	58	45	31	28	21
28	—	92	83	68	61	48	33	29	23
29	—	95	86	71	64	51	35	30	25
30	—	100	89	74	66	54	38	31	27
32	—	—	91	78	69	58	41	32	28
34	—	—	95	81	72	62	43	34	29

EK-13. (Devam) JK serisi hidrojellerin zamana karşı ortalama % bozunma (%kütle kaybı) değerlerinin değişim sonuçları

36	—	—	100	85	75	65	46	35	32
38	—	—	—	88	79	68	48	37	35
40	—	—	—	91	82	72	51	39	37
42	—	—	—	93	86	76	54	41	39
44	—	—	—	95	89	79	57	43	42
46	—	—	—	100	93	82	60	47	45
48	—	—	—	—	95	85	63	51	47
50	—	—	—	—	97	88	66	54	49
52	—	—	—	—	100	92	69	59	52
54	—	—	—	—	—	94	72	62	55
56	—	—	—	—	—	97	77	65	58
58	—	—	—	—	—	100	82	69	61
60	—	—	—	—	—	—	86	72	65
62	—	—	—	—	—	—	90	76	68
64	—	—	—	—	—	—	94	79	73

EK-13. (Devam) JK serisi hidrojellerin zamana karşı ortalama % bozunma (%kütle kaybı) değerlerinin değişim sonuçları

66	—	—	—	—	—	—	100	83	77
68	—	—	—	—	—	—	—	87	81
70	—	—	—	—	—	—	—	91	86
72	—	—	—	—	—	—	—	100	91
74	—	—	—	—	—	—	—	—	95
76	—	—	—	—	—	—	—	—	100

EK-14. JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerinden GA₃'ün zamana karşı salım (%) değerleri

Hidrojel Zaman (saat)	JK-7	JK-11	JK-15
0	0	0	0
1	44	36	32
2	51	41	37
3	55	46	42
4	58	49	45
5	61	54	46
6	66	58	49
7	71	64	51
8	73	67	53
9	77	70	55
10	80	76	57
11	83	78	59
12	86	80	61
14	88	83	62
16	91	85	64
18	92	87	66
20	94	88	68
22	95	90	70
24	97	91	72
26	98	92	74
28	98	94	76
30	98	95	78
32	98	95	79
34	98	97	81
36	98	97	83
38	98	97	84
40	98	97	85
42	98	97	86
44	98	97	87
46	98	97	88
48	98	97	89

EK-14. (Devam) JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerinden GA₃'ün zamana karşı salım (%) değerleri

50	98	97	91
52	98	97	92
54	98	97	94
56	98	97	95
58	98	97	96
60	98	97	97
62	98	97	98
64	98	97	98
66	98	97	98
68	98	97	98
70	98	97	98

EK-15. JK-7, JK-11 ve JK-15 hidrojellerinden SA'nın zamana karşı salım (%) değerleri

Hidrojel Zaman (gün)	JK-7	JK-11	JK-15
0	0	0	0
0,5	33	31	26
1	60	44	36
1,5	70	52	42
2	80	61	47
2,5	88	64	50
3	97	69	54
3,5	97	72	54
4	97	76	58
4,5	97	78	59
5	97	82	61
5,5	97	83	63
6	97	84	67
6,5	97	85	68
7	97	86	69
7,5	97	87	71
8	97	88	74
8,5	97	89	75
9	97	90	77
9,5	97	91	79
10	97	92	80
11	97	94	83
12	97	95	85
13	97	95	88
14	97	95	91
15	97	95	92
16	97	95	93
17	97	95	93
18	97	95	94
19	97	95	94
20	97	95	94

EK-16. JK-11 ve JK-15 hidrojellerinden GA₃'ün zamana karşı kesikli salım (%) değerleri

Hidrojel Zaman (gün)	JK-11	JK-15
0	0	0
1	22	11
2	35	22
3	48	32
4	59	41
5	71	48
6	78	56
7	82	63
8	86	71
9	86	78
10	86	82
11	86	82
12	86	82

EK-17. JK-11 ve JK-15 hidrojellerinden SA'nın zamana karşı kesikli salım (%) değerleri

Hidrojel Zaman (gün)	JK-11	JK-15
0	0	0
1	8	4
2	12	7
4	21	14
6	22	17
8	24	18
10	26	19
12	29	21
14	30	21
16	32	22
18	33	23
20	34	23
22	35	24
24	36	24
26	37	25
28	38	25
30	40	25
32	41	26
34	42	26
36	43	27
38	44	28
40	46	28
42	46	29
44	47	29
46	48	30
48	50	31
50	50	32
52	51	33
54	51	34
56	52	34
58	53	35
60	54	36

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : Ekmekci, AYHAN
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 15.05.1976 , Ankara
Medeni hali : Evli
e-mail : ayhanekmekci@mynet.com

Eğitim

Derece	Eğitim	Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi	Kimya Bölümü	2003
Lisans	Gazi Üniversitesi	Kimya Eğitimi Bölümü	1997

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1998- devam	Milli Eğitim Bakanlığı	Öğretmen

Yabancı Dil

İngilizce