

T.C
CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEŞİTLİ GIDA KATKI MADDELERİNİN *Allium cepa* L.'de
MİTOZ BÖLÜNME, KROMOZOMLAR VE DNA MİKTARI
ÜZERİNE ETKİLERİ

YELİZ ERDOĞAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BIYOLOJİ ANA BİLİM DALI

2008 – SİVAS

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Bu çalışma, jürümüz tarafından, Biyoloji Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan:

Üye:

Üye:

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

...../...../.....

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Prof. Dr. Hasan Hüseyin BAŞIBÜYÜK

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosunun 05.01.1984 tarihli toplantısında kabul edilen ve daha sonra 30.12.1993 tarihinde C. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'nce hazırlanan ve yayınlanan "Yüksek Lisans ve Doktora Tez Yazım Kılavuzu" adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
1. GİRİŞ.....	1
1. 1. Gıda Katkı Maddelerinin Tanımı ve Kullanım Amaçları.....	2
1.2. Gıda Katkı Maddeleri Gerekli midir? Sağlığa Zararlı mıdır?.....	4
1. 3. Gıda Katkı Maddeleri İle İlgili Yasal Düzenlemeler.....	5
1.4. Gıda Katkı Maddeleri İle İlgili Toksikolojik Değerlendirmeler.....	6
1.5. Gıda Katkı Maddelerinin Sınıflandırılması.....	7
1. 6. Koruyucuların Genel Özellikleri.....	15
1. 7. Mikrobiyal Bozulma.....	16
1. 8. Koruyucuların Özellikleri ve Etki Mekanizmaları.....	16
1. 8. 1. Genetik sistemin etkilenmesi.....	18
1. 8. 1. 1. Replikasyon ve transkripsiyonun inhibisyonu.....	18
1. 8. 1. 2. Protein sentezinin inhibisyonu.....	18
1. 8. 1. 3. Hücre çeperi ve membrana etkisi.....	18
1. 8. 1. 4. Enzimlerin inhibisyonu.....	19
1. 8. 1. 5. Esansiyel besleyici öğelere bağlanma.....	19
1. 9. Gıdalarda Kullanılan Koruyucular.....	20
1. 10. Koruyucuların Gıdalarda Kullanım Alanları.....	22
1. 11. Koruyucular ile ilgili yasal düzenlemeler.....	24
1. 12. Kükürt dioksit ve sülfidler.....	26
1. 13. Propionik Asit ve tuzları.....	28
1. 14. C Değerleri.....	29
2. MATERYAL ve METOD.....	31
2. 1. Sodyum metabisülfid, Potasyum metabisülfid, Sodyum propionat, Potasyum propionat ve Kalsiyum propionatın Mitotik İndeks ve Kromozomlar Üzerine Etkilerinin Araştırılması.....	35
2. 2. 2C Çekirdek DNA Miktarının Belirlenmesi.....	35
2. 3. İstatistiksel Hesaplamalar.....	36

3.BULGULAR.....	37
3. 1. Sodyum metabisülfıt, Potasyum metabisülfıt, Sodyum propionat, Potasyum propionat ve Kalsiyum propionatın Mitoz Bölünme ve Kromozomlar ÜzerineEtkileri.....	37
3. 1. 1. Sodyum metabisülfıt.....	37
3. 1. 2. Potasyum metabisülfıt.....	43
3. 1. 3. Sodyum propionat.....	48
3. 1. 4. Potasyum propionat.....	53
3. 1. 5. 1. Kalsiyum propionat.....	58
3. 2. 2C Çekirdek DNA Miktarı Üzerine Etkileri.....	86
4. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	89
5. KAYNAKLAR.....	103
6. ÖZGEÇMİŞ.....	113

ÖZET**Yüksek Lisans Tezi****Çeşitli Gıda Katkı Maddelerinin *Allium Cepa L.*'De Mitoz Bölünme,
Kromozomlar Ve Dna Miktarı Üzerine Etkileri****YELİZ ERDOĞAN****Cumhuriyet Üniversitesi****Fen Bilimleri Enstitüsü****Biyoloji Anabilim Dalı****Danışman: Yrd. Doç. Dr. Şifa Türkoğlu**

Bu çalışmada, gıda koruyucu maddeler olan sodyum metabisülfite, potasyum metabisülfite, sodyum propionat, potasyum propionat ve kalsiyum propionatın *Allium cepa L.*'da mitotik safha oranları, mitotik indeks, kromozomlar ve 2C çekirdek DNA miktarı üzerine olan etkileri araştırılmıştır. *A. cepa*'nın kökleri, bu beş maddenin 20 ppm-100 ppm lik dozları arasında değişen konsantrasyonlarda 10 ve 20 saat süre ile muamele edilmiştir. Bu kimyasalların bütün dozları *A. cepa*'nın kök uçlarında hücre bölünmesi üzerinde inhibitör etkisi göstermiş ve mitotik indeks üzerinde bir azalmaya neden olmuştur. Ayrıca bütün uygulamalar, kontrol grubu ile karşılaştırdığında mitotik safha oranlarını değiştirmişlerdir. Bu bileşikler test materyalinde kromozom anormalliklerini artırmışlardır. Bu anormallikler çok C-mitoz (tüm maddeler), anafaz köprüsü (sodyum metabisülfite, sodyum propionat, potasyum propionat ve kalsiyum propionat), kromozom yapışkanlıkları (sodyum metabisülfite, potasyum metabisülfite, potasyum propionat ve kalsiyum propionat), mikronukleus (sodyum propionat ve kalsiyum propionat), kalgın kromozom (sodyum propionat ve kalsiyum propionat), binukleus (sodyum metabisülfite, potasyum propionat ve kalsiyum propionat), kromozom kırıkları (sodyum propionat) ve düzensiz dağılmalardır (potasyum metabisülfite ve potasyum propionat).

Çekirdek DNA miktarı Kontrol grupları ile karşılaştırıldığında azalmıştır.

Anahtar kelimeler: gıda koruyucular, mitoz, kromozomlar, DNA miktarı, *Allium cepa* L.

SUMMARY**MSc Thesis**

Effects of different food additives on mitosis, chromosomes and DNA content in *Allium cepa* L.

YELİZ ERDOĞAN

Cumhuriyet University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Biology

Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Şifa Türkoğlu

In this study, the effects of different treatments with food preservatives, sodium metabisulphite, potassium metabisulphite, sodium propionate, potassium propionate and calcium propionate, on the mitotic phase rates, mitotic index, chromosomes and DNA content of *A. cepa* were investigated. Roots of *A. cepa* were treated with a series of concentrations of these five chemicals, ranging from 20 to 100 ppm for 10 and 20 h. All concentrations of these chemicals showed an inhibitory effect on cell division in root tips of *A. cepa* and caused a decrease in mitotic index values. Additionally, all treatments changed the frequency of mitotic phases when compared with the control groups. These compounds increased chromosome abnormalities in test material. Among these abnormalities were c-mitosis (all chemicals), anaphase bridges (sodium metabisulphite, sodium propionate, potassium propionate ve calcium propionate), stickiness (sodium metabisulphite, potassium metabisulphite, potassium propionate and calcium propionate), micronuclei (sodium propionate and calcium propionate), laggards (sodium propionate and calcium propionate), binucleated cells (sodium metabisulphite, potassium propionate ve calcium propionate), laggards (sodium propionate and calcium propionate), and chromosome breaks (sodium propionate) and unequal distribution (potassium metabisulphite and potassium propionate).

The nuclear DNA contents decreased when compared with control groups.

Key words: food preservatives, mitosis, chromosomes, DNA content, *Allium cepa* L.

TEŐEKKÖR

**Bu tezin hazırlanmasında emęi geçen hocam Yrd. Doç. Dr. Şifa
Türkoğlu' na teőekkör ederim.**

Yeliz ERDOğAN

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1. Sodyum metabisülfite ait kimyasal yapı.....	31
Şekil 2. 2. Potasyum metabisülfite ait kimyasal yapı.....	32
Şekil 2. 3. Sodyum propionata ait kimyasal yapı.....	32
Şekil 2. 4. Potasyum propionata ait kimyasal yapı.....	33
Şekil 2. 5. Kalsiyum propionata ait kimyasal yapı.....	33
Şekil 3. 1. C-mitoz (Sodyum metabisülfit).....	62
Şekil 3. 2. Anafaz köprüsü (Sodyum metabisülfit).....	63
Şekil 3. 3. Binukleus(Sodyum metabisülfit).....	64
Şekil 3. 4. Yapışkanlık(Sodyum metabisülfit).....	65
Şekil 4. 1. C-mitoz(Potasyum metabisülfit).....	66
Şekil 4. 2. Yapışkanlık(Potasyum metabisülfit).....	67
Şekil 4. 3. Düzensiz Dağılma(Potasyum metabisülfit).....	68
Şekil 5. 1. C-mitoz (Sodyum propionat).....	69
Şekil 5. 2. Anafaz köprüsü (Sodyum propionat).....	70
Şekil 5. 3. Kırılma(Sodyum propionat).....	71
Şekil 5. 4. Kalgın kromozom(Sodyum propionat).....	72
Şekil 5. 5. Mikronukleus(Sodyum propionat).....	73
Şekil 6. 1. C-mitoz (Potasyum propionat).....	74
Şekil 6. 2. Anafaz köprüsü (Potasyum propionat).....	75
Şekil 6. 3. Binukleus(Potasyum propionat).....	76
Şekil 6. 4. Yapışkanlık(Potasyum propionat).....	77
Şekil 6. 5. Düzensiz Dağılma(Potasyum propionat).....	78
Şekil 7. 1. C-mitoz (Kalsiyum propionat).....	79
Şekil 7. 2. Anafaz köprüsü (Kalsiyum propionat).....	80
Şekil 7. 3. Binukleus(Kalsiyum propionat).....	81
Şekil 7. 4. Yapışkanlık(Kalsiyum propionat).....	82
Şekil 7. 5. Kalgın kromozom(Kalsiyum propionat).....	83
Şekil 7. 6. Mikronukleus(Kalsiyum propionat).....	84

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. 5. 1. CAC' ye göre gıda katkı maddelerinin sınıflandırılması.....	8
Tablo 1. 5. 2. Gıda katkı maddelerinin fonksiyonel sınıfları, tanımları ve alt sınıfları.....	9
Tablo 1. 5. 3. EC' ye göre katkı maddelerinin sınıflandırılması.....	13
Tablo 1. 5. 4. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğine ekler.....	14
Tablo 1. 11. 1. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğine göre kullanımına izin verilen koruyuc maddeler.....	24
Tablo 3. 1. 1. 1. Sodyum metabisülfidin 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile <i>Allium cepa</i> kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu elde edilen toplam hücre sayısı, bölünen hücre sayısı, mitotik safha ve mitotik indeks oranları.....	40
Tablo 3. 1. 1. 2. Sodyum metabisülfidin 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile <i>Allium cepa</i> kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu elde edilen toplam hücre sayısı, bölünen hücre sayısı, anormal hücre sayısı ve anormallik tiplerine ait oranlar.....	41
Tablo 3. 1. 2. 1. Potasyum metabisülfidin 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile <i>Allium cepa</i> kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu elde edilen toplam hücre sayısı, bölünen hücre sayısı, mitotik safha ve mitotik indeks oranları.....	45
Tablo 3. 1. 2. 2. Potasyum metabisülfidin 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile <i>Allium cepa</i> kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu elde edilen toplam hücre sayısı, bölünen hücre sayısı, anormal hücre sayısı ve anormallik tiplerine ait oranlar.....	46
Tablo 3. 1. 3. 1. Sodyum propionatın 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile <i>Allium cepa</i> kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu elde edilen toplam hücre sayısı, bölünen hücre sayısı, mitotik safha ve mitotik indeks oranları.....	50

Tablo 3. 1. 3. 2. Sodyum propionatın 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile <i>Allium cepa</i> kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu elde edilen toplam hücre sayısı, bölünen hücre sayısı, anormal hücre sayısı ve anormallik tiplerine ait oranlar	51
Tablo 3. 1. 4. 1. Potasyum propionatın 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile <i>Allium cepa</i> kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu elde edilen toplam hücre sayısı, bölünen hücre sayısı, mitotik safha ve mitotik indeks oranla.....	55
Tablo 3. 1. 4. 2. Potasyum propionatın 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile <i>Allium cepa</i> kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu elde edilen toplam hücre sayısı, bölünen hücre sayısı, anormal hücre sayısı ve anormallik tiplerine ait oranlar.....	56
Tablo 3. 1. 5. 1. Kalsiyum propionatın 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile <i>Allium cepa</i> kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu elde edilen toplam hücre sayısı, bölünen hücre sayısı, mitotik safha ve mitotik indeks oranları.....	60
Tablo 3. 1. 5. 2. Kalsiyum propionatın 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile <i>Allium cepa</i> kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu elde edilen toplam hücre sayısı, bölünen hücre sayısı, anormal hücre sayısı ve anormallik tiplerine ait oranlar.....	61
Tablo 3. 2. 1. Sodyum metabisülfid, potasyum metabisülfid, sodyum propionat, potasyum propionat ve kalsiyum propionatın 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile <i>Allium cepa</i> kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu elde edilen 2C çekirdek DNA miktarları (pikogram olarak).....	87

ÖZET**Yüksek Lisans Tezi****Çeşitli Gıda Katkı Maddelerinin *Allium Cepa L.*'De Mitoz Bölünme,
Kromozomlar Ve Dna Miktarı Üzerine Etkileri****YELİZ ERDOĞAN****Cumhuriyet Üniversitesi****Fen Bilimleri Enstitüsü****Biyoloji Anabilim Dalı****Danışman: Yrd. Doç. Dr. Şifa Türkoğlu**

Bu çalışmada, gıda koruyucu maddeler olan sodyum metabisülfite, potasyum metabisülfite, sodyum propionat, potasyum propionat ve kalsiyum propionatın *Allium cepa L.*'da mitotik safha oranları, mitotik indeks, kromozomlar ve 2C çekirdek DNA miktarı üzerine olan etkileri araştırılmıştır. *A. cepa*'nın kökleri, bu beş maddenin 20 ppm-100 ppm lik dozları arasında değişen konsantrasyonlarda 10 ve 20 saat süre ile muamele edilmiştir. Bu kimyasalların bütün dozları *A. cepa*'nın kök uçlarında hücre bölünmesi üzerinde inhibitör etkisi göstermiş ve mitotik indeks üzerinde bir azalmaya neden olmuştur. Ayrıca bütün uygulamalar, kontrol grubu ile karşılaştırdığında mitotik safha oranlarını değiştirmişlerdir. Bu bileşikler test materyalinde kromozom anormalliklerini artırmışlardır. Bu anormallikler çok C-mitoz (tüm maddeler), anafaz köprüsü (sodyum metabisülfite, sodyum propionat, potasyum propionat ve kalsiyum propionat), kromozom yapışkanlıkları (sodyum metabisülfite, potasyum metabisülfite, potasyum propionat ve kalsiyum propionat), mikronukleus (sodyum propionat ve kalsiyum propionat), kalgın kromozom (sodyum propionat ve kalsiyum propionat), binukleus (sodyum metabisülfite, potasyum propionat ve kalsiyum propionat), kromozom kırıkları (sodyum propionat) ve düzensiz dağılmalardır (potasyum metabisülfite ve potasyum propionat).

Çekirdek DNA miktarı Kontrol grupları ile karşılaştırıldığında azalmıştır.

Anahtar kelimeler: gıda koruyucular, mitoz, kromozomlar, DNA miktarı, *Allium cepa* L.

SUMMARY**MSc Thesis**

Effects of different food additives on mitosis, chromosomes and DNA content in *Allium cepa* L.

YELİZ ERDOĞAN

Cumhuriyet University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Biology

Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Şifa Türkoğlu

In this study, the effects of different treatments with food preservatives, sodium metabisulphite, potassium metabisulphite, sodium propionate, potassium propionate and calcium propionate, on the mitotic phase rates, mitotic index, chromosomes and DNA content of *A. cepa* were investigated. Roots of *A. cepa* were treated with a series of concentrations of these five chemicals, ranging from 20 to 100 ppm for 10 and 20 h. All concentrations of these chemicals showed an inhibitory effect on cell division in root tips of *A. cepa* and caused a decrease in mitotic index values. Additionally, all treatments changed the frequency of mitotic phases when compared with the control groups. These compounds increased chromosome abnormalities in test material. Among these abnormalities were c-mitosis (all chemicals), anaphase bridges (sodium metabisulphite, sodium propionate, potassium propionate ve calcium propionate), stickiness (sodium metabisulphite, potassium metabisulphite, potassium propionate and calcium propionate), micronuclei (sodium propionate and calcium propionate), laggards (sodium propionate and calcium propionate), binucleated cells (sodium metabisulphite, potassium propionate ve calcium propionate), laggards (sodium propionate and calcium propionate), and chromosome breaks (sodium propionate) and unequal distribution (potassium metabisulphite and potassium propionate).

The nuclear DNA contents decreased when compared with control groups.

Key words: food preservatives, mitosis, chromosomes, DNA content, *Allium cepa* L.

1. GİRİŞ

Günümüzde tüketiciye sunulan gıdalar pek çok kimyasal madde içermektedir. Bu kimyasalların çoğu gıdaların doğal bileşenleridir. Yani karbohidratlar, yağlar, vitaminler, proteinler ve minerallerdir. Bu doğal bileşenlerin yanı sıra gıda işleme sırasında gıdaya istenilerek katılan veya istenilemediği halde bulaşan bazı maddeler de bulunmaktadır. Gıdalara istenilerek kimyasal madde katılımı ile ilgili tarihsel gelişmeler incelendiğinde, tuz ve odun tütsüsünün bilinen en eski katkı kullanma yöntemleri olduğu anlaşılmaktadır. M.Ö. 3000 yıllarında et ürünlerini kürlemede tuzdan yararlanıldığı, M.Ö. 900 yıllarında ise tuz ve odun tütsüsünün gıda saklama yöntemleri olarak kullanıldıkları görülmektedir. Ortaçağlarda etlere koruyucu amaçla tuz ve tütsünün yanı sıra katılan nitratin etin rengini olumlu yönde değiştirmek ve botulizmi önlemek amacıyla da kullanıldığı bilinmektedir. M.Ö. 50. yüzyılda tuz, odun tütsüsü ve baharatlardan lezzet verici olarak yararlanılmış, gıda boyaları ise günümüzden yaklaşık 3500 yıl kadar önce Mısırlılar tarafından renklendirici amaçla kullanılmıştır. 19. yüzyılda başlayan endüstrileşme paralelinde gıda katkı maddelerinin kullanımında da artış başlamıştır. Bu yüzyılda gıdalara katılmaya başlayan benzoik asit, sodyum, karbonat, sakarin gibi maddeler günümüzde de gıda katkısı olarak kullanılmaktadırlar. 20. yüzyılda gıda üretiminin artması ile gıda katkı maddelerinin kullanımında da önemli artışlar gözlenmiştir. Örneğin; işlenmiş peynir yapımında sitratlar, fosfatlar gibi emülsifiye edici tuzlar kullanılmış emülgatör katılımı ile margarin yapımı giderek kolaylaşmış gıdaların duyu kalitesini geliştirmek amacıyla lezzet maddeleri ve lezzet artırıcılardan yararlanılmaya başlanılmıştır.

Katkı maddelerinin toksikolojik değerlendirilmeleri konusu önem kazandıkça özellikle gıda boyalarının kullanılmasına kısıtlamalar getirilmiştir. Tarihsel süreç içerisinde katkı maddeleri her zaman yararlı amaçlar için kullanılmamışlardır. Pek çok eski kaynakta un, çay, şarap ve biranın yaygın biçimde tağşiş edildikleri durumlar belirtilmektedir. Bu nedenle de söz konusu dönemlerde katkıların zararlı veya ucuz dolgu maddeleri olarak kullanılmasını önlemek amacıyla yasalar çıkarılmıştır.

Özellikle gıdalara boya katılımının oldukça karışık bir geçmişi bulunmakta olup, civa, arsenik ve kurşun bileşikleri gibi toksik etkili maddelerin gıdaları boyamada kullanıldıkları rapor edilmektedir. Sütü korumak amacıyla formaldehidin, eti korumak amacıyla ise boraksın kullanımı, una beyaz renkte tozların katılımı gibi örneklerde katkı maddelerinin gıdalarda uygulamaları konusunda yasal düzenlemeler yapılması gereğini ortaya çıkarmıştır.

Yukarıda verilen bilgilerin ışığı altında gıda katkı maddelerinin tarihsel gelişimlerinin iki etki ile şekillendiği anlaşılmaktadır.

Bunlardan birincisi gelişen teknoloji paralelinde gıda saklama yöntemlerinin de geliştirilmesine duyulan gereksinimdir.

İkinci etki ise tüketici gözünde gıdanın mevcut kalitesinin daha iyi olarak algılanmasını sağlamaktır. Bu etkilerden ilki günümüzde gelişen uluslar arası ticaret göz önüne alındığında gıda katkı maddelerinin teknolojinin vazgeçilmez bir parçası olmalarının nedenini açıklamaktadır. İkinci etki ise daha farklı bir anlayışla ele alınmış olup katkı maddelerinin gıdaların mevcut duyuşsal veya teknolojik karakterlerini geliştirmek amacıyla kullanılmalarını sağlamıştır. Bu amaçlar doğrultusunda gıda katkı maddelerinin dünyadaki pazarı 1900' lü yıllarda 10 milyar dolara ulaşmış olup 21. yüzyılda bu pazarın daha da büyümesi beklenmektedir.

1. 1. Gıda Katkı Maddelerinin Tanımı ve Kullanım Amaçları

Katkı maddesi terimi latince **addere** olarak ifade edilen **katmak** kelimesinden üretilmiştir. Gıda katkıları genel anlamda; tek başına gıda olmayan ancak gıdalara üretim, işleme, depolama veya ambalajlama gibi aşamalarda katılan madde veya madde karışımları olarak ifade edilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri (A.B.D)' nde yürürlükte olan Gıda İlaç ve Kozmetik Yasasında 1958 yılında Gıda Katkı Maddeleri ile ilgili olarak yapılan değişiklik içerisinde verilen tanımda katkılar; belirli bir amaçla kullanımları sırasında direkt veya indirekt şekilde gıdanın bileşeni haline gelen veya karakteristiklerini değiştiren maddeler olarak tanımlanmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization-WHO) ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization-FAO)' nün ortak

alışmaları ile oluşturulmuş uluslararası gıda kodeks komisyonu (Codex Alimentarius Commission- CAC) tarafından verilen tanım ise oldukça ayrıntılıdır. Söz konusu tanımda Gıda Katkı Maddesi ‘‘tek başına gıda olarak kullanılmayan ve gıdanın tipik bir bileşeni olmayan, besleyici değeri olsun veya olmasın imalat, işleme, hazırlama, uygulama, paketlenme, ambalajlama, taşıma, muhafaza ve depo aşamalarında gıdalara teknolojik (organoleptik dâhil) amaçla katılan ya da bu gıdaların içinde veya yan ürünlerinde doğrudan ve dolaylı olarak bir bileşeni haline gelen veya bunların karakteristiklerini değiştiren maddeler’’ olarak ifade edilmektedir.

Bu tanım gıdalara istenilmediği halde bulaşan kontaminantları veya besleyici kaliteyi arttırmak amacıyla katılan maddeleri içermemektedir.

Gıda katkı maddelerinin kullanım amaçları genelde aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir;

- I. Gıdaların raf ömrünün uzatılması ve kayıpların azaltılması, ekmeğin kflenmesini önlemede kalsiyum propiyonat, kr edilmiş et ürünlerinde botulizmi engellemede nitrat ve nitrit yağların acılaşmasına karşı butillendirilmiş hidroksianisol (BHA) gibi maddelerin kullanımı, bu amaca örnek olarak verilebilmektedir.
- II. Gıdaların duysal özelliklerinin dzeldilmesi ve geliştirilmesi; bu amaçla kullanılan katkı maddelerine örnek olarak emülgatörler, renklendiriciler, lezzet vericiler, lezzet arttırıcılar, tatlandırıcılar, hacim arttırıcılar verilebilmektedir.
- III. Gıda kalite karakteristikliklerinin muhafaza edilmesi; salata soslarında yağ ayrılmasını nleme amacıyla katılan emülgatörler veya fırınlanmış ürünlerde kullanılan kabartma ajanları bu amaçla kullanılan katkı maddeleridir.
- IV. Gıda hazırlamada yardımcı olarak; hazır pudinglerin eldesinde fosfatlı katkı maddelerinden yararlanılması örnek olarak verilebilmektedir.

- V. Besleyici değerin korunması; örneğin, gıdalarda bulunan C vitamini gibi kolay bozulabilen besleyici özellikteki maddeleri korumak amacıyla antioksidanlardan yararlanılmaktadır.

Gıda sanayinde yukarıda belirtilen amaçlar doğrultusunda kullanıldıklarında, katkı maddelerinin pek çok yararı bulunmaktadır.

Gıda katkı maddelerinin;

- Kötü kalite veya bozulmuş gıdayı maskeleyme veya hatalı ürün elde etme tekniğini gizleme, gıdaları hatalı işleme, taklit gıda yapımı ve tüketiciyi aldatma,
- Ürünün besleyici değerini azaltma,
- İstenilen etkiyi oluşturacak teknik miktardan fazla kullanma,

gibi amaçlarla gıdaya katılmaları ve:

- Katkıların yerini tutabilecek veya eşit derecede kabul edilebilir işleme ve ambalaj tekniklerinin varlığında kullanılmaları,

yasal olmayan uygulanma biçimleridir.

1.2. Gıda Katkı Maddeleri Gerekli midir? Sağlığa Zararlı mıdır?

Günümüzde dünya nüfusunun çoğu şehirlerde yaşamaktadır. Bu yüzden yiyecekleri gıdaları kendilerinin yetiştirme imkanı yoktur. Bunun yanında birçokları, hızlı yaşamın gereği hazır gıdaları fazlaca kullanılmak zorunda kalmaktadırlar. Günümüzün yaşam tarzı nedeniyle hazır gıda kullanımı neredeyse kaçınılmaz hale gelmiştir. Gıda katkı maddeleri kullanılmaksızın üretilen gıdaların bozulması hızlı, maliyeti ise daha fazla olmaktadır.

Marketlerde satışa sunulan ürünlerin maliyetini düşürmek, raf ömrünü uzatmak ve diğer markalarla rekabet etmek gibi faktörler katkı maddelerini kullanmayı zorunlu hale getirmektedir. Dolayısıyla, aslında gıda katkı maddelerini kullanmak mutlak anlamda gerekli olmamakla beraber, günümüz yaşam tarzı sonucu bu maddeleri kullanmak kaçınılmaz hale gelmiştir.

Gıda katkı maddeleri kullanılmadan üretilebilen hazır gıdaların sayısı ise oldukça azdır. Tüketicilerin katkı maddesi kullanılmamış veya daha az kullanılmış ürünleri tercih etmesi sonucu zamanla üreticiler gıda katkı maddesi kullanımını azaltmaktadırlar.

1.3. Gıda Katkı Maddeleri İle İlgili Yasal Düzenlemeler

Gıda sanayinin hızla ilerlemesi nedeniyle katkı maddelerinin kullanımlarındaki hızlı artış, bu konuda yasal düzenlemelerin gerçekleştirilmesini gerektirmiştir. Bu nedenle katkı maddelerinin gıdalarda kullanımları CAC tarafından ele alınmıştır. CAC' nin bünyesinde oluşturulan Gıda Katkıları ve Kontaminantları Kodeks Komitesi (Codex Committee on Food Additives and Contaminants – CCFAC) katkı maddelerini ilgilendiren tüm konularda öneri ve tavsiyeler veren bir kuruluştur. Bu kuruluşun sorumlulukları,

- I. Gıda katkıları ile ilgili sınırlamalar getirmek ve bu maddelerin gıdalarda bulunmasına izin verilebilecek maksimum miktarlarını belirlemek,
- II. Birleşik gıda katkıları uzman komitesi(Joint Expert Committee on Food Additives – JECFA) tarafından toksikolojik değerlendirmeleri yapılacak olan katkı maddelerinin listelerini hazırlamak,
- III. Gıda katkı maddeleri ile ilgili tanı ve saflık spesifikasyonlarını hazırlamak,
- IV. Gıdalarda katkı maddelerinin analizleri ile ilgili yöntemleri geliştirmek olarak özetlenebilmektedir.

Ülkemizde katkı maddeleri ile ilgili olarak ilk kez 1983' te Sağlık ve Sosyal Yardım Bakanlığı tarafından bir yönetmelik çıkarılmış ve 1984' te buna ek bir yönetmelik yürürlüğe girmiştir. 1990 yılında yine sağlık bakanlığı bu konu ile ilgili olarak yeni bir yönetmelik çıkarmış ve bunu takip eden yıllarda bu yönetmeliğe ekler getirilmiştir. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığınca hazırlanmış olan ve 16 Kasım 1997 tarihinde yayınlanan Resmi Gazete ile yürürlüğe giren Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği (TGKY) ile katkı maddelerinin kullanımları

konusunda yeni düzenlemeler getirilmiştir. Söz konusu kodekste gıda katkı maddeleri tanımlanmış ve bu maddelerin EC kodları, adları, kullanılabilecekleri gıda grupları ve izin verilen maksimum miktarları listeler halinde açıklanmıştır. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğinde E numaraları ile belirtilmiş tüm katkıları, gerek CAC gerekse EC listelerinde yer alan ve belirtilen maksimum dozlarında kullanımları, değişik şartlarda ve değişik gıdalarda onaylanan maddelerdir.

1.4. Gıda Katkı Maddeleri İle İlgili Toksikolojik Değerlendirmeler

Gıda katkı maddeleri, gıdanın bileşiminde bulunmayan, ancak dışarıdan gıdaya belirli amaçlarla katılan kimyasal maddelerdir. Söz konusu maddeler ksenobiyotik niteliğinde olup, tavsiye edilen dozlardan daha yüksek miktarda kullanıldıklarında toksik etki oluşturmaları söz konusu olabilmektedir.

Günümüzde katkı maddelerinin toksikolojik değerlendirilmeleri uluslararası boyutta ele alınan bir konu olup, söz konusu değerlendirmelerde akut, genetik ve farmokokinetik çalışmalara yer verilmekte, üreme organlarına olan teratojenik etkileri ile ilgili subkronik denemeler, mutajenik ve kanserojenik etkileri ile ilgili kronik araştırmalar gerçekleştirilmektedir. Bu değerlendirmeler genelde iki aşamada ele alınmaktadır.

Bunlardan birinci aşamada deney hayvanlarından, uygun test materyallerinden ve mümkün olduğunda insanlardan elde edilen bulgular toplanmaktadır.

İkinci aşamada ise elde edilen bu veriler değerlendirilerek söz konusu maddenin insan gıdalarında katkı maddesi olarak kullanımının onaylanıp onaylanmayacağına karar verilmektedir.

Gıda Katkı Maddelerinin gıdalarda kullanılmasının güvenilirliği ile ilgili değerlendirmeler uluslararası bir komisyon olan CAC' nin bünyesindeki Birleşik Gıda Katkıları Uzman Komitesi (JECFA) tarafından ele alınmaktadır.

Gıda katkısı olarak kullanılması önerilen bir maddeye onay verilmeden önce JECFA tarafından kimyasal özelliklerin değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmalarda;

- I. Maddenin tanımı,
- II. Maddenin ticari olarak eldesinde kullanılan hammaddelerin özellikleri,
- III. Maddenin üretim yönetimi,
- IV. Teknik üründe bulunabilecek safsızlıklar ve ara ürünler,
- V. Maddenin hangi fonksiyonlar ve amaçlar için üretildiği,
- VI. Maddenin gıdalarla birlikte günlük olarak ne kadar vücuda alınabileceğinin tahmini,
- VII. Maddenin gıdada bulunabilecek diğer maddelerle oluşabilecek reaksiyonları,
- VIII. Maddenin gıdalardaki besleyici öğelerle olumlu ve olumsuz etkileri,
- IX. Maddenin yerini alabilecek diğer katkı maddeleri

gibi faktörler ele alınmaktadır.

JECFA tarafından gerçekleştirilen toksikolojik çalışmalarda ise aşağıda verilen faktörler değerlendirilmektedir.

- I. Maddenin biyokimyasal özellikleri
 - Absorpsiyonu, dağılımı ve atılımı
 - Biyotransformasyonu ve enzimler üzerine etkileri
- II. Deneme hayvanları üzerindeki toksikolojik çalışmalar
 - Kısa süreli akut ve uzun süreli kronik toksisite testleri, özel toksisite testleri; teratojen, mutajen ve kanserojen etkilerin araştırılması
- III. Toksikolojik değerlendirmeler kapsamında maddenin alerji veya tolerans yetersizliği gibi etkilerini araştırmak üzere insanlar üzerinde çalışmalar da gerçekleştirilebilmektedir.

1.5. Gıda Katkı Maddelerinin Sınıflandırılması

Gıda katkı maddelerinin sınıflandırılması ile ilgili olarak CAC tarafından 1979 yılında bir rehber yayınlanmıştır. Söz konusu rehberde katkılar alfabetik sırayla yer almış ve hangi gıdalarda, ne miktarda kullanılabilecekleri belirtilmiştir. CAC tarafından bu sınıflandırma ele alınarak yeni gruplar ilave edilmiştir. CAC'

nın 1992 yılında yayınladığı rehberde katkı maddelerinin fonksiyonlarına göre sınıflandırılmış grupları aşağıdaki tabloda ki gibidir;

Tablo 1. 5. 1. CAC' ye göre gıda katkı maddelerinin sınıflandırılması
(CAC, 1992)

1. Antioksidanlar
2. Asitler
3. Asitliği Düzenleyiciler
4. Emülgatörler
5. Emülsifiye Edici Tuzlar
6. Hacim Arttırıcılar
7. İtici Gazlar
8. Jelleştirme Ajanları
9. Kabartma Ajanları
10. Kalınlaştırıcılar
11. Koruyucular
12. Köpürtme Ajanları
13. Köpürmeyi Önleyici Ajanlar
14. Lezzet Arttırıcılar
15. Nem Vericiler
16. Parlatma Ajanları
17. Renklendiriciler
18. Renk Stabilizasyon Ajanları
19. Sıkılaştırıcı Ajanlar
20. Stabilizörler
21. Tatlandırıcılar
22. Topaklanmayı Önleyiciler
23. Un İşleme Ajanları

Tabloda gösterildiği gibi CAC tarafından önerilen katkı maddeleri grupları arasında lezzet maddeleri yer almaktadır. Ancak bu maddeler için içerdikleri

hammaddeye bağımlı olarak FEMA (Flavor and Extract Manufacturer's Association–Lezzet ve Ekstrakt Sanayicileri Birliği) numarası ve EC yönetmeliğinde CoE (Avrupa Topluluğu) numarası verilmiştir. iklet hamuru, diyetetik ve besleyici özelliği olan maddeler için de INS numaraları verilmemiştir. Önceki CAC listelerinde ayrı bir katkı maddesi sınıfı olarak ele alınan enzimler ise, yeni sınıflandırmada gösterdikleri teknolojik fonksiyonlarına göre değişik sınıflar içerisinde (örn. glukoz oksidazantioksidan, amilazlar-un ağartma ajanı) yer almışlardır. Bir katkı maddesi, aynı gıdada değişik fonksiyonlara bağımlı olarak değişik amaçlarla kullanılabilir. Bu durumda etikette katkı maddesinin sınıfının, söz konusu gıdadaki en önemli fonksiyonu esas alınarak belirtilmesi önerilmektedir. Örneğin kükürt dioksit aynı gıda içerisinde hem antimikrobiyal hemde antioksidan etkisi nedeniyle kullanıldığı durumda etikete “antimikrobiyal 220” veya “antioksidan 220” olarak deklare edilebilmektedir. Tablo1. 5. 1 de fonksiyonel sınıfları belirtilen katkı maddelerinin tanımları ve alt – sınıfları Tablo1. 5. 2 de açıklanmaktadır.

Tablo 1. 5. 2. Gıda katkı maddelerinin fonksiyonel sınıfları, tanımları ve alt sınıfları (CAC, 1992)

FONKSİYONEL SINIF	TANIM	ALT – SINIFLAR
ANTIOKSİDANLAR	Gıdada yağ acılaşması ve renk değişimleri gibi oksidasyon reaksiyonları sonucunda oluşan bozulmaları önleyerek, raf ömrünü uzatır	Antioksidan, Antioksidan sinerjisti, şelat ajanı
ASİT	Gıdanın asitliğini arttırır veya gıdaya ekşi bir tat kazandırır.	Asitleştirici

ASİT DÜZENLEYİCİ	Gıdanın asitliğini veya alkaliliğini değiştirir veya kontrol eder	Asit, Alkali, Baz, Tamponlayıcı Madde, pH ayarlayıcı ajan
EMÜLGATÖR	Gıdada yağ ve su gibi birbiri ile karışmayan iki veya daha fazla fazın karışmasını sağlar	Emülgatör, Plastikleştirici, Disperse edici ajan, Yüzey aktif ajan, Surfaktan, Nemlendirme ajanı
EMÜLSİFİYE EDİCİ TUZ	İşlenmiş peynirlerin üretiminde peynir proteinlerini yeniden düzenleyerek yağ ayrışmasını önler	Eritme tuz, Şelat ajanı
HACİM ARTTIRICILAR	Su veya hava dışındaki bir madde olup, gıdanın enerji değerini belirgin bir şekilde artırmadan hacmini artırır.	Hacim verici ajan, Dolgunlaştırıcı
İTİCİ GAZLAR	Gıdanın içinde bulunduğu kaptan dışarı fırlamasını sağlayan hava dışında bir gaz	İtici gaz
JELLEŞTİRME AJANLARI	Gıdaya jel oluşumu ile doku kazandırır.	Jelleştirme ajanı
KABARTMA AJANLARI	Gaz açığa çıkararak hamurun hacmini artırır.	Hamur kabartma ajanı, Kabartma ajanı

KALINLAŖTIRICILAR	Gıdanın viskozitesini arttırır.	KalınlaŖtırma ajanı, Doku verici, Yapıcı dŖzeltici
KORUYUCULAR	Gıdada mikroorganizmalar nedeniyle oluŖan bozulmaları önleyerek raf mrŖnŖ arttırır.	Antimikrobiyal koruyucu, Antimikotik ajan, Bakteriyofaj kontrol ajanı, Kimyasal sterilizatör/Ŗarap OlgunlaŖtırma ajanı, Dezenfeksiyon ajanı
KÖPÜRTME AJANLARI	Sıvı veya katı bir gıda içerisinde gaz fazının oluŖumunu veya tekdŖze bir Ŗekilde dağılımını sağlar	çırpma ajanı, Havalandırma ajanı
KÖPÜRMEYİ ÖNLEYİCİ AJANLAR	Köpürmeyi önler veya azaltır.	Köpürmeyi nleyici ajan
LEZZET ARTTIRICILAR	Gıdadaki mevcut tat veya kokuyu arttırır	Lezzet arttırıcı, Lezzet kuvvetlendirici
NEM VERİCİLER	DŖŖok nemlilik oranına sahip bir ıslatma ajanı iŖlevi görerek, gıdaların kurummasını önler	Nem/su tutma ajanı, Islatma ajanı
PARLATMA AJANLARI	Gıdanın dıŖ yŖzeyinde parlak bir grŖnŖm veya koruyucu bir tabaka oluŖur.	Kaplama maddesi, YapıŖtırma ajanı, Cila
RENKLENDİRİCİLER	Gıdaya renk kazandırır veya rengi onarır	Renklendirici

RENK STABİLİZASYON AJANLARI	Gıdanın rengini stabilize eder, kalıcılığını sağlar	Renk sabitleyici, renk stabilizörü
SIKILAŞTIRICI AJANLAR	Meyve ve sebzelerin dokularını sıkılaştırır veya jelleştirme ajanlarıyla etkileşerek jel oluşumunu veya jelin sağlamlaştırılmasını sağlar	Sıkılaştırıcı ajan
STABİLİZÖR	Gıdada birbiri ile karışmayan iki veya daha fazla fazın tek düze dağılımını sağlar	Bağlayıcı, Sertleştirme ajanı, Nem/su tutma ajanı, Köpük stabilizörü
TATLANDIRICILAR	Şeker olmayan bir madde olup, gıdaya tatlı tat verir	Tatlandırıcı, Yapay tatlandırıcı, Besleyici tatlandırıcı
TOPAKLANMAYI ÖNLEYİCİLER	Gıdanın partiküllerinin birbirine yapışmasını önler	Topaklanmayı önleyici ajan, Yapışmayı önleyici ajan, Kurutma ajanı
UN İŞLEME AJANLARI	Unun pişme kalitesini veya rengini korur	Ağartma ajanı, Hamur düzeltici

Avrupa Topluluğu Bilimsel Komitesinin direktiflerinde belirtilen katkı maddeleri sınıfları da Tablo 1. 5. 3 de gösterilmiştir. Söz konusu Komite tarafından gıda katkı maddelerine verilmiş olan E numaralar, CAC tarafından verilmiş olan Uluslararası Numaralandırma Sistemi (INS) numaralarının aynısıdır.

Tablo 1. 5. 3. EC' ye göre katkı maddelerinin sınıflandırılması (EC, 1995)

Ambalajlama Gazları
Antioksidanlar
Asitler
Asitliği Düzenleyiciler
Emülgatörler
Emülsifiye Edici Tuzlar
Hacim Arttırıcılar
İtici Gazlar
Jelleştirme Ajanları
Kabartma Ajanları
Kalınlaştırıcılar
Koruyucular
Köpürmeyi Önleyici Ajanlar
Lezzet Arttırıcılar
Modifiye Nişasta
Nem Vericiler
Parlatma Ajanları
Renklendiriciler
Sertleştirici Ajanlar
Şelat Ajanları
Stabilizörler
Taşıyıcılar
Tatlandırıcılar
Topaklanmayı Önleyiciler
Un İşleme Ajanları

Tablo 1. 5. 1. ve Tablo 1. 5. 3. karşılaştırıldığında Avrupa Topluluğu direktiflerinde CAC' den farklı olarak yer alan bazı sınıflar bulunduğu gözlenmektedir. Bunlar modifiye nişasta, ambalajlama gazları, şelat ajanları ve taşıyıcılardır. Modifiye nişasta CAC' de ek bir liste halinde verilmiş ve kullanılan nişastanın spesifik olarak tanımının yapılmasının gerekmediği ülkelerde etikete 'kalınlaştırıcı' olarak deklare edilebilecekleri ifade edilmiştir. Şelat ajanları ise CAC' de antioksidanların ve emülsifiye edici tuzlar grubundaki katkı maddelerinin alt-sınıfı olarak belirlenmesine karşın, EC' de ayrı bir katkı maddesi olarak ele alınmış olup 'metalik iyonlarla kimyasal kompleks oluşturan maddeler' olarak tanımlanmaktadır. Ambalajlama gazları ve taşıyıcılar ise EC' de aşağıda belirtildiği şekilde tanımlanmaktadır.

Ambalajlama Gazları; Gıdayı kaba koymadan önce, konulması sırasında ve konulduktan sonra söz konusu kaba doldurulan hava dışındaki bir gazdır.

Taşıyıcı; Kendileri teknolojik bir etki göstermeden, bir katkı maddesini çözmek, seyreltmek, dağılımını sağlamak veya fiziksel olarak modifiye etmek amacıyla kullanılan taşıyıcı çözenleri de içeren maddelerdir.

EC direktifinde daha önceki direktiflerde yer alan renk stabilizasyon ajanlarının ayrı bir katkı maddesi sınıfı olarak belirtilmediği Tablo 1. 5. 3. den gözlenmektedir. Tablo 1. 5. 1. , Tablo 1. 5. 2. ve Tablo 1. 5. 3. de gösterilen katkı maddeleri sınıfları ülkemizde 1997 tarihinden itibaren geçerli olan Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği (TGKY)' ne ek olarak verilen tablolarda da gruplandırılmıştır. Söz konusu gruplar Tablo 1. 5. 4. de gösterilmektedir.

Tablo 1. 5. 4. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğine ekler

Ek-1 Birden fazla fonksiyonu olan katkı maddeleri

Ek-2 Koruyucular(Sorbatlar, benzoatlar ve p-hidroksibenzoatlar)

Ek-3 Diğer koruyucular

Ek-4 Tatlandırıcılar

Ek-5 Sadece antioksidan fonksiyonu olan katkı maddeleri

Ek-6 Kükürt dioksit ve tuzları

Tablo 1. 5. 4. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğine ekler

Ek-7 Renklendiriciler
Ek-8 Taşıyıcılar ve taşıyıcı sovlentler
Ek-9 Bebek mamalarında kullanılan katkı maddeleri
Ek-10 Bebek ve çocuk ek besinlerinde kullanılan katkı maddeleri
Ek-11 Devam mamalarında kullanılan katkı maddeleri
Ek-12 Aroma maddelerinin kullanımı nedeniyle gıdalarda bulunabilen maddelerin kabul edilebilir en yüksek değerleri
Ek-13 Yapay aroma maddeleri
Ek-13a Aroma maddelerinin üretiminde kullanılan çözücüler-taşıyıcılar- katkı maddeleri
Ek-13b Doğala özdeş aroma maddeleri

Bu çalışmada, gıda sektöründe koruyucular (preservatives) olarak sınıflandırılan gruba dahil olan sodyum metabisülfite, potasyum metabisülfite, sodyum propionat, potasyum propionat ve kalsiyum propionatın toksik çalışmalarda sıklıkla kullanılan *Allium cepa* L.' da mitoz bölünme, kromozomlar ve 2C çekirdek DNA miktarı üzerine olan etkilerinin araştırılması amaçlandığından sadece bu sınıfın özellikleri üzerinde durulacaktır.

1. 6. Koruyucuların Genel Özellikleri

İnsanların toplu halde yaşamaya başlamaları ile gıdaların korunması amacıyla güvenilir yöntemlerin kullanılması gereksinimi ortaya çıkmıştır. Tarımsal uygulamalardaki değişiklikler, dayanıksız gıdaların diyetle fazlaca yer alması, gelişmiş dağıtım sistemlerinde kontaminasyon olasılığının artması ve kolay, pratik gıdalara yönelme gibi nedenler gıdaları korumak tekniklerinin, gelişmesini zorunlu kılmıştır.

Endüstride kullanılan koruma yöntemlerinin başlıcaları ısıtma, dondurma, kurutma ve ışınlamadır. Ancak bunların uygulanamadığı ya da yetersiz kaldığı

durumlarda gıdalara koruyucu madde katılımı söz konusu olmaktadır. Koruyucu maddeler, gıdayı mikroorganizmaların sebep olduğu bozulmalara karşı koruyarak, gıdanın raf ömrünü uzatan kimyasal maddeler olarak tanımlanmaktadır. Tuz, şeker ve sirke yüzyıllar boyunca gıdalardaki mikrobiyal bozulmaları önlemek amacıyla kullanılan maddeler olmakla birlikte, günümüzde katkı maddesi olarak nitelendirilmemektedir.

Gıda kalitesini olumsuz etkileyen birçok reaksiyon olmakla birlikte, gıdalarda istenmeyen ve özellikle insan sağlığı açısından önem taşıyan olumsuz değişimlerin çoğu mikrobiyal bozulmaların bir sonucudur.

1. 7. Mikrobiyal Bozulma

Gıdalara mikrobiyal bozulma çeşitli mikroorganizmaların faaliyetleri sonucunda gıda güvenilirliğinin azalması olarak tanımlanmaktadır. Söz konusu bozulmaya neden olan saprofit mikroorganizmalar ile gıda zehirlenmeleri ve enfeksiyonlara neden olan patojen mikroorganizmalar gıda kalitesi açısından önem taşımaktadır. Gıdalarda bulunan protein, karbonhidrat, mineral, vitamin ve su gibi öğeler bakteri, maya ve küflerin gelişmesi için uygun bir ortam oluşturmaktadırlar. Mikrobiyal gelişme açısından besin öğeleri kadar, gıdanın uygun pH' sı, su aktivitesi, oksidasyon-redüksiyon potansiyeli ve inhibitör maddelerde önem taşımaktadır. Ayrıca gıdanın bulunduğu ortamın nemi, sıcaklığı ve ortamdaki gazlar gibi çevresel faktörler de gıdalardaki mikrobiyal bozulmalarda rol oynamaktadır.

1. 8. Koruyucuların Özellikleri ve Etki Mekanizmaları

Koruyucuların antimikrobiyal özellikleri; maddenin antimikrobiyal spektrumu, kimyasal ve fiziksel özellikleri, konsantrasyonu, etki şekli, gıdanın bileşimi, işlem şartları, pH' sı ve depolama sıcaklığı gibi faktörlere bağlıdır.

Kimyasal maddenin çok farklı tipteki mikroorganizmaların hepsi üzerine etkin olması mümkün değildir. Antimikrobiyal maddeler mikroorganizmaların büyümelerini durdurucu (bakteriostatik, fungistatik) ya da onları öldürücü (bakteriosidal, fungisidal, sporosidal) etki gösterebilmektedirler. Bazı kimyasal

maddelerin çok düşük miktarları bazı mikroorganizmalar tarafından besin maddesi olarak kullanılabilir. Ancak bu miktarlar diğer mikroorganizmalar üzerinde inhibe edici etki gösterebilmekte veya daha yüksek düzeyleri bazı mikroorganizmaları öldürebilmektedir.

Kimyasal maddelere en dayanıklı mikrobiyal form bakteri sporlarıdır. Bakteri sporları diğer antimikrobiyal faktörlere olduğu gibi kimyasal maddelere karşı da vejetatif formlarından çok daha yüksek bir dayanıklılık gösterirler. Aynı şekilde fungal sporlar da kimyasal koruyucuların aktivitesine karşı vejetatif hücrelerden daha dayanıklıdır. Birçok durumda ise küfler inhibitörlere karşı mayalardan daha hassastır. Türler ve alt türler arasında kimyasallara dayanıklılık bakımından farklılıklar bulunmaktadır.

Antimikrobiyal maddenin kimyasal aktivitesi, yani gıdanın bileşenleri ve gıda katkıları ile reaksiyona girmesi antimikrobiyal aktivitesinde azalmaya neden olmaktadır. Ayrıca bu kimyasal reaksiyonlar sonucunda gıdada istenmeyen bazı değişimler de oluşabilmektedir. Temel gıda bileşenlerinin dışında gıdanın yapısında doğal olarak oluşan bazı bileşikler de antimikrobiyal etkiye sahip olabildikleri gibi, gıdada kullanılan antimikrobiyal madde üzerinde sinerjistik veya antagonistik etki gösterebilmektedirler.

Antimikrobiyal maddenin etkinliği gıda ürünlerinin özellikleri ile de yakından ilişkili olup, yukarıda da belirtildiği gibi, gıdanın pH' sı veya gıda bileşenleri ile reaksiyonlar bu aktiviteyi etkilemektedir. Pek çok koruyucunun aktivitesi asidik gıdalarda artmaktadır. Sıvı gıdalarda koruyucu maddeler mikroorganizmalarla daha iyi temas edebilmektedir. Bu nedenle katı gıda parçalarının içinde bulunan mikroorganizmalar kimyasal maddelerin etkilerinden daha iyi korunurlar.

Genellikle gıdanın sıcaklığının artması, kimyasalın mikroorganizmalar üzerindeki etkisini de arttırmaktadır. Sıcaklık mikroorganizmaların optimum sıcaklığına yakın ise antimikrobiyal madde etkisini tam olarak gösterememekte, sıcaklık mikroorganizmanın optimum gelişme sıcaklığının üzerinde ise koruyucunun etkinliği de artmaktadır.

Kimyasal ajanların etkilerinin gözlenmesinde süre önemli bir faktör olarak görülmektedir. Kimyasal maddeler mikroorganizmalarla oldukça hızlı tepkime verebilirler ya da etkilerini saatler sonra gösterebilirler. Ancak temas süresi uzadıkça kimyasal koruyucunun mikroorganizmalar üzerinde daha etkin olabildiği belirtilmektedir.

Kimyasal koruyucular mikroorganizmaları birçok mekanizma ile etkilemektedir. Bunlar; proteinlerin denatürasyona, enzimlerin inhibisyonu, DNA'nın, hücre çeperinin ya da sitoplazmik membranın tahrip edilmesi veya değiştirilmesi, hücre duvarı sentezinin baskılanması ya da esansiyel metabolitlerle rekabet şeklinde olabilmektedir. Bu mekanizmalar aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

1. 8. 1. Genetik sistemin etkilenmesi:

1. 8. 1. 1. Replikasyon ve transkripsiyonun inhibisyonu: Bu inhibisyon iki yolla gerçekleştirilebilmektedir. Birincisi DNA fonksiyonları durdurulmakta, ikincisi DNA polimeraz veya RNA polimeraz inhibe edilmektedir. DNA fonksiyonları bazı kimyasalların direkt DNA'ya bağlanması ile durdurulabilmektedir. Burada kimyasal DNA'nın iki iplikçiği arasında köprü kurmakta ve iplikçilerin ayrılmasını engellemektedir. Bazı kimyasallar ise DNA baz çiftleri ile çiftler oluşturarak yapıyı bozmaktadır.

1. 8. 1. 2. Protein sentezinin inhibisyonu: Bu durumda hücre içine giren bazı kimyasallar protein sentezi yeri olan ribozomlara bağlanmakta veya onlara saldırarak protein sentezini inhibe etmektedirler. Eğer genler kimyasal maddelerden etkilenirse, söz konusu gen ile kontrol edilen enzim sentezi de inhibe edilmiş olmaktadır.

1. 8. 1. 3. Hücre çeperi ve membrana etkisi: Hayvan hücrelerinden farklı olarak bakterilerde sert bir dış katman olan hücre çeperi bulunmaktadır. Bu çeper mikroorganizmanın biçimini korur ve çok yüksek bir osmotik basınca sahip olan bakteri hücrelerini adeta bir korse gibi sarar. Hücre çeperinin herhangi bir madde ile

bozulması veya yapımının engellenmesi hücrenin ölmesi demektir. Hücre çeperleri, mukopeptitlerin, lipopolisakkaritlerin, lipoproteinlerin ve proteinlerin kompleks polimerleri olup, antimikrobiyal madde bu bileşimlerden basit birisinin sentezini etkileyerek onların polimerizasyonunu inhibe edebilmekte ya da hücrenin gereksinimlerini karşılayamayan kusurlu bir hücre çeperi oluşturulmasına neden olmaktadır. Artan geçirgenlikten dolayı kimyasal maddeler hücre içine girebilmekte, hücre çeperini lizis edebilmekte ya da hücre sitoplazmasının koagülasyonuna neden olabilmektedir. Antimikrobiyal maddeler selektif geçirgenlik sağlayan sitoplazmik membranın da geçirgenliğini etkileyebilmektedir. Bunun sonucunda besinler hücre içine girememekte, hücre içeriği dışarıya sızmakta ve hücre ölmektedir.

1. 8. 1. 4. Enzimlerin inhibisyonu: Enzimler protein yapılı olduklarından ağır metallere, alkollerle, fenollerle ya da yüzey aktif maddelerle denatüre olabilmektedir. Yüksek tuz konsantrasyonları da enzimlerin biyolojik aktivitelerini artırmaktadır. pH değişiklikleri enzimlerin aktivitelerini inhibe eder ve mikroorganizmaların çoğalmalarını engeller. Okside edici ajanlar, aktif sülfidril (-SH) grupları içeren bazı enzim sistemlerini inaktive etmektedirler. Bu -SH grupları okside olduklarında, disülfid (S-S) zincirleri formu enzimlerin inaktive olmasına neden olur. İndirgeyici ajanlar S-S zincirlerini ayırırlar ve tekrar -SH grubunu üretirler. Diğer oksidasyon maddeleri de mikrobiyal hücreleri bu yolla inhibe edebilirler. Diğer taraftan bazı aktif sistemlerin S-S zincirleri bulunmakta olup, bu enzim sistemleri indirgeyici ajanlarla inaktive edilebilirler. Hidroksil grubu (-OH) bazı enzimlerin aktiviteleri için özel olup, bu grup kimyasallarla reaksiyona girebilmekte ve enzim inhibisyonuna neden olabilmektedir.

1. 8. 1. 5. Esansiyel besleyici öğelere bağlanma: Koruyucu maddenin mikroorganizmanın yaşamı için esansiyel olan bileşiklere bağlanması mikroorganizmanın bu bileşeni kullanılmasına engel olduğundan onun yaşamsal faaliyetini de önlemektedir.

1. 9. Gıdalarda Kullanılan Koruyucular

Organik Asitler

- **Asetik asit ve asetatlar**
 - Asetik asit (E 260)
 - Potasyum asetat (E 261)
 - Sodyum asetat (E 262)
 - Kalsiyum asetat (E 263)
- **Benzoik asit ve tuzları**
 - Benzoik asit (E 210)
 - Sodyum benzoat (E 211)
 - Potasyum benzoat (E 212)
 - Kalsiyum benzoat (E 213)
- **Sorbik asit ve tuzları**
 - Sorbik asit (E 200)
 - Sodyum sorbat (E 201)
 - Potasyum sorbat (E 202)
 - Kalsiyum sorbat (E 203)
- **Propionik asit ve tuzları**
 - Propionik asit (E 280)
 - Sodyum propionat (E 281)
 - Kalsiyum propionat (E 282)
 - Potasyum propionat (E 283)
- **Parabenler**

(Para-hidroksibenzoik asit esterleri) (E 218)
- **Kükürt dioksit ve sülfidler**
 - Kükürt dioksit (E 220)
 - Sodyum sülfid (E 221)
 - Sodyum hidtojen sülfid (E 222)
 - Sodyum metabisülfid (E 223)
 - Potosyum metabisülfid (E 224)
 - Potasyum sülfid (E 225)

- Kalsiyum hidrojen sülfit (E 227)
- Potasyum bisülfit (E 228)
- Sodyum thiosülfat (E 539)
- **Nitrit ve Nitratlar**
 - Potasyum nitrit (E 249)
 - Sodyum nitrit (E 250)
 - Sodyum nitrat (E 251)
 - Potasyum nitrat (E 252)
- **Dimetil dikarbonat**
- **Koruyucu gazlar**
 - Karbondioksit
 - Etilen oksit
 - Propilen oksit
 - Karbonmonoksit
 - Ozon
- **Antibiyotikler**
 - Nisin (E 234)
 - Natamisin (E 235)
- **Diğer koruyucular**
 - Tiyabendazol (E 233)
 - Formik asit ve formatlar
 - Formaldehit
 - Hekzametilen tetramin
 - Borik asit (E 284) ve sodyum tetraborat (E 285)
 - Difenil (E 230), Orto-fenil fenol (E 231) ve Sodyum orto-fenilfenol (E 232)
 - Kalsiyum disodyum etilen-diamin-tetra-asetat (E 385) ve disodyum etilendiamin-tetra-asetat (E 386)
 - Liozım (E 1105)

1. 10. Koruyucuların Gıdalarda Kullanım Alanları

Meyve-sebze ürünleri: Meyve sebze ve teknolojisi reçel ve marmelât üretiminden kurutulmuş sebze meyve üretimine uzanan geniş bir uygulama alanını kapsamakta olup, kullanılan koruyucular da çok geniş spektrum göstermektedirler. Kuru meyve ve sebze teknolojisinde enzimatik ve özellikle de enzimatik olmayan esmerleşmesinin önlenmesinde yaygın olarak kullanılan kükürt dioksitin hem antioksidan hem de koruyucu etkisi kullanımını yaygın kılmaktadır. Propiyonatlarında ağartılmış elma dilimi, incir, çilekçiller, jöle ve lima fasulyesinde küf gelişimini önledikleri belirlenmiştir. Meyve-sebze ürünlerinde kullanılan koruyucu maddelerin başlıcaları; difenil, o-fenilfenol, tiyabendazol, borik asit, küküret dioksit ve propionatlardır.

Et ve et ürünleri: Et ve et ürünlerinde kullanılan başlıca antimikrobiyal maddeler; sorbatlar, nitrit ve nitratlar, etil ve propil Parapenler, kükürt dioksit, asetik asit ve tuzları, antibiyotikler ve CO₂' dir. Et ve et ürünlerinde genel olarak, nitratlar uzun süre olgulaşma uygulanacak olan sucuk ve pastırmada, buna karşın nitritler direkt ısıtılma tabi tutulan sosis ve salamda kullanılmaktadırlar.

Su ürünleri: Balıklarda bozulmanın en önemli nedenleri, balığın bünyesinde doğal olarak bulundurduğu çeşitli hidrolitik enzimler ve değişik yollarda balığı kontamine etmiş mikroorganizmalardır. Taze balık etinde bulunan doğal enzimlere gazla müdahale edilmediğinden, alınan önlemler daha çok mikroorganizma faaliyetini kontrole yöneliktir. Bu amaçla çok çeşitli gaz karışımlarının kullanıldığı modifiye atmosfer ve vakum ambalajlama yöntemleri, dondurma, tütsüleme, tuzlama gibi işleme yöntemleri ve antimikrobiyal madde kullanımı balık muhafazasında uygulanmaktadır. Balık muhafazasında kullanılan başlıca koruyucular sorbik asit sorbatlarıdır.

Süt ürünleri: İşlenmemiş sütte katkı maddesi ve dolayısıyla antimikrobiyal madde kullanımına izin verilmemektedir. Ancak tedarik edilmesi ve nakliye sırasında yüksek asitliğe ulaşmış sütlerin işlenmeden önce depolanmaları gerekiyorsa hidrojen peroksit kullanılmaktadır. Toksik özellikte olan bu maddenin daha sonra katalaz enzimi ile yardımı ile parçalanması gerekmektedir. Pek çok ülkede sütlere nisin katılmasına izin verilmemiş olsa da; bazı Ortadoğu

ülkelerinde iklim koşullarından dolayı müşterilere iyi kalitede süt sağlamada, bazı raf ömrü problemlerini önlemede nisin kullanımına izin verilmektedir. 30-35 IU/ml düzeyinde nisin ilavesi ile sütün raf ömrünün her türlü iklim koşulunda 2 kat arttığı görülmüştür. Genel olarak süt ürünlerinde kullanılabilir koruyucu maddeler, benzoik asit ve tuzları, dehidro asetik asit, heksametilentetramin, hidrojen peroksit, karbondioksit, nisin, nitratlar, p-hidroksi benzoik asit esterleri, natamisin ve propiyonik asit olarak belirtilmektedir.

Margarinler: Gerek sıvı, gerek çeşitli yöntemlerle katılaştırılmış bitkisel yağlar ve hayvansal yağlar, mikroorganizmalar için gerekli besin öğelerinden sadece tek bir komponent olan yağ ağırlıklı olarak içerdiklerin de herhangi bir mikrobiyal yük gelişimi ve artışı bu ürünlerde söz konusu olmamaktadır. Ancak bitkisel sıvı yağ eldesinde hammadde olarak kullanılan tohumlar ya da zeytin ve hurma gibi meyveler depolama işleme sırasında ortam şartlarına da bağlı olarak küf kontaminasyonuna maruz kalabilmektedirler. Yağ teknolojisindeki temel üretim aşamalarında mikrobiyal gelişme riski açısından en önemli kısım hidrojene yağların genellikle süt içeren sıvı fazlarla emülsiyonu şeklinde hazırlanan margarin üretimi olmaktadır. Margarinlerde genellikle sorbik asit ve/veya benzoik asit tuzları kullanılmaktadır.

Hububat ürünleri: Hububat ürünlerinde küflerin pek çoğunun fırınlama işlemi ile yok edilmesi nedeniyle, bulaşmalar fırınlama işleminden sonra gerçekleşmekte ve nemli ortamda ambalajlamada mikroorganizma gelişimi ortaya çıkmaktadır. Fırınlanmış gıdalarda propiyonatların en önemli kullanım alanları küf ve rop önlenmesidir. Un ağırlığı üzerinden %0.2 kalsiyum propionat katılmış ekmeklerde 6 gün sonunda küf oluşmadığı, diğerlerinde ise bu sürenin 4 gün olduğu ve %0.2 oranının koku problemine neden olmadığı belirtilmektedir. Propionat, küfleri inhibe ettiği ve mayalara etki etmediği için bir anti-rop ajanı olarak uygun görülmektedir. Fırınlanmış gıdalarda hem sodyum hem de kalsiyum propionat kullanılabilen, ancak ekmekte bir zenginleştirici olmasından dolayı kalsiyum propionat tercih edilmektedir. Kalsiyum iyonunun kimyasal mayalanmayı engelleyebileceği keklerde ve mayalanmamış gıdalarda sodyum tuzu kullanılmaktadır. Fırınlanmış gıdalarda %0.03-0.06 metil-propil paraben (3:1)

karışımının tek başına veya sodyum benzoat ile birlikte kullanılabilceği belirtilmektedir. Mısır nişastası üretiminde ise sülfidler ilk aşamada elde edilen nişasta içeren süspansiyonda oluşabilecek bakteriyel fermantasyonun önlenmesinde kullanılırlar.

Alkollü içecekler: Alkollü içeceklerin ve özellikle içerisinde hala fermente edilebilir şeker bulunan şarapların mikrobiyolojik stabilizasyonu ciddi sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Bu tip sorunları ortadan kaldırmak amacıyla natamisin şarabın fiçılarda korunması için ve şişeleme aşamasında kullanılabilir.

1. 11. Koruyucular ile ilgili yasal düzenlemeler

Uluslararası Gıda Kodeks Komisyonu (CAC, 1992) tarafından koruyucu olarak sınıflandırılan maddelerden CAC (1997 ve 1999), EC (1995) ve Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğine (1997) göre gıdalarda kullanımına izin verilenler Tablo 1. 11.1' de gösterilmektedir.

Tablo 1. 11. 1. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğine göre kullanımına izin verilen koruyucu maddeler.

INS No	Koruyucu	CAC	EC	TGKY
200	Sorbik asit	+	+	+
201	Sodyum sorbat	+		
202	Potasyum sorbat	+	+	+
203	Kalsiyum sorbat			
210	Benzoik asit	+	+	+
211	Sodyum benzoat	+	+	+
212	Potasyum benzoat	+	+	+
213	Kalsiyum benzoat	+	+	+
214	Etil p-hidroksibenzoat	+	+	+
215	Sodyum etil p-hidroksibenzoat	+	+	+
216	Propil p-hidroksibenzoat	+	+	+
217	Sodyum propil p-hidroksibenzoat	+	+	+
218	Metil p-hidroksibenzoat	+	+	+
219	Sodyum metil p-hidroksibenzoat	+	+	+
220	Kükürt dioksit	+	+	+

Tablo 1. 11. 1. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğine göre kullanımına izin verilen koruyuc maddeler.

INS No	Koruyucu	CAC	EC	TGKY
221	Sodyum sülfid	+	+	+
222	Sodyum hidrojen sülfid	+	+	+
223	Sodyum metabisülfid	+	+	+
224	Potasyum metabiisülfid	+	+	+
225	Potasyum sülfid	+		
226	Kalsiyum sülfid	+	+	+
227	Kalsiyum hidrojen sülfid	+	+	+
228	Potasyum bisülfid	+	+	+
230	Difenil	+	+	+
231	Orto-fenilfenol	+	+	+
232	Sodyum o-fenilfeneol		+	+
233	Tiyabendazol		+	+
234	Nisin	+	+	+
235	Natamisin	+	+	+
237	Sodyum format	+		
239	Hekzametilen tetramin	+	+	+
242	Dimetil dikarbonat	+	+	+
249	Potasyum nitrit	+	+	+
250	Sodyum nitrit	+	+	+
251	Sodyum nitrat	+	+	+
252	Potasyum nitrat	+	+	+
260	Glasiyal asetik asit	+	+	+
261	Potasyum asetatlar	+	+	+
262	Sodyum asetatlar	+	+	+
263	Kalsiyum asetat	+	+	+
280	Propionik asit	+	+	+

Tablo 1. 11. 1. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğine göre kullanımına izin verilen koruyuc maddeler.

INS No	Koruyucu	CAC	EC	TGKY
281	Sodyum propionat	+	+	+
282	Kalsiyum propionat	+	+	+
283	Potasyum propionat	+	+	+
284	Borik asit		+	+
285	Sodyum tetraborat (Boraks)		+	+
338	Ortofosforik asit	+	+	+
384	İzopropil sitrat	+		
385	Kalsiyum disodyum etilen-diamin-tetra-asetat	+	+	
386	Disodyum etilen-diamin-tetra-asetat	+		
1105	Lizozim	+	+	

1. 12. Kükürt dioksit ve sülfidler

Kükürt dioksit (SO₂) koruyucu madde olarak ilk defa 17. yüzyılda elma suyu üretiminde kullanılmıştır. Elma sularının muhafaza edildiği fiçılarda, element halindeki kükürt yakılarak kükürt dioksit oluşturulmuş ve elma suyu bu fiçılara doldurularak mikroorganizmaların inhibisyonu sağlanmıştır. Kükürt, sülfidler ve sülfatlar doğal olarak bulunmaktadır. Kükürt dioksit ve kükürdün yakılması ile elde edilir. Kükürt dioksitin bir tuz formunda kullanımının teknolojik açıdan daha uygun olduğu belirtilmektedir. Sülfid tuzları kolaylıkla kükürt dioksitde dönüşebilirler.

Sodyum metabisülfid ve potasyum metabisülfid gıdalarda koruyucu maddeler olarak sıklıkla kullanılan sülfid grubu bileşiklerdir. Sodyum metabisülfid (E 223) sülfirik asitin sodyum tuzudur. Sağlık Bakanlığı tarafından kullanılmasına izin verilen maksimum doz 300mg/lt' dir (Türk Gıda Kodeksi, 1997). Sodyum metabisülfidin kullanıldığı gıdalar şu şekilde sınıflandırılabilir; bisküvi, kurutulmuş meyve ve sebzeler, hububat ve patates bazlı çerezler, reçel, marmelat,

jöle, meyve suları, şarap, şampanya, bira, hardal, likör, dondurulmuş balık, işlenmiş dondurulmuş patates, salam, sosis, sucuk vb.

Potasyum metabisülfıt (E 224) sülfirik asitin potasyum tuzudur. Sağlık bakanlığı tarafından kullanılmasına izin verilen maksimum doz 500 mg/kg' dır (Türk Gıda Kodeksi, 1997). Bu madde de sodyum metabisülfıt gibi gıda endüstrisinde çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Kurutulmuş meyve-sebzelerde, işlem görmüş patates ürünlerinde ve meyve sularında koruyucu olarak kullanılmaktadır. Sülfıtlerin biyokimyasal özellikleri iyi bilinmektedir. Sulu çözeltilerde sülfıtlar sülfata okside olmaktadırlar (Timson, 1973). Sülfıtlar dehidrojenaz, amilaz (Yokuta, 1972) ve ATPaz (Lacombe ve Ark., 1976) aktivitelerini inhibe ederler. Genetik araştırmalar sülfıtlerin nükleotidlere bağlanmada ciddi bir eğilimleri olduğunu göstermiştir (Hayatsu ve Mivra, 1970; Hayatsu ve Ark., 1970). Bu kimyasal maddeler T₄ fajı (Hayatsu ve Mivra, 1970), Lambda fajı (Summers ve Drake, 1971), *E. coli* (Moustafa ve Collins, 1969) ve mayada (Chambers ve Ark., 1973) mutajenik etkiye sahiptirler. Sülfıtlar L hücreleri (Thompson ve Pace, 1962) ve insan lenfositlerinde (Timson ve Price, 1970) mitozu inhibe etmektedirler. Njagi ve Gopalan (1982) sodyum benzoat ve sodyum sülfıtın *Vicia faba* kök ucu hücrelerinde DNA' yı inhibe ettiğini, anafaz köprüsü oluşumlarını uyardığını ve interfaz nükleusunda kromatin erezyonu ve nükleusun küçülmesine neden olan kromozom yoğunlaşmalarını artırdığını belirlemişlerdir. Meng ve Zhang (1992) sodyum bisülfatın insan lenfosit hücrelerinde doza bağlı olarak kardeş kromatid değişimleri ve mikronükleusa neden olduğunu rapor etmişlerdir.

Sodyum metabisülfıtın farklı süre ve dozlarla *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu doz artışına bağlı olarak mitotik indeksi azalttığı ve mitotik anormallikleri artırdığı belirlenmiştir (Rencüzoğulları ve Ark., 2001a). Yine sodyum metabisülfıtın kültürü yapılmış insan lenfositlerinde mitotik indeks ve replikasyon indeksini azalttığı, ayrıca kromozom aberasyonları ve kardeş kromatid değişimlerine neden olduğu tespit edilmiştir (Rencüzoğulları ve Ark., 2001b). Gömürgen (2005) yaptığı çalışmada, potasyum metabisülfıt ve potasyum

nitratın *Allium cepa*’ da mitotik indeksi azalttıklarını ve mitotik anormallikleri artırdıklarını gözlemiştir.

1. 13. Propionik Asit ve tuzları

Propionik asit alifatik monokarboksilik asit serilerinin bir üyesidir. Bu serilerin üyelerinin antimikrobiyal özellikleri yaklaşık olarak 1913 yılından beri bilinmektedir. Propionik asit su ile kolaylıkla karışır ve sodyum tuzu ise kalsiyum tuzundan daha çözünür niteliktedir. Söz konusu asidin ve tuzlarının dissosiyasyon eğilimi düşüktür ve çoğunlukla düşük asitli gıdalarda daha aktiftir. Propionatların optimum faaliyet gösterdikleri pH değerleri 5’ e kadar çıkabilmekte, bazı gıdalarda ise bu değer 6 veya biraz daha yüksek olması gerekmektedir. Propionik asit küflere karşı sodyum benzoattan daha aktiftir. Ancak mayalara karşı aktiviteleri bulunmamaktadır. Söz konusu maddeler ekmeklerde en önemli iki sorun olan küflenme ile *Bacillus mesentericus* ve *Bacillus subtilis*’ un neden oldukları rop hastalığına karşı etkin olup, mayalara karşı etkin olmadıklarından *Sacchromyces cerevisiae* fermantasyonu gerçekleştirebilmektedir. Propionik asit, İsviçre peynirinde %1’ e kadar çıkabilen oranlarda doğal olarak bulunmakta olup memeli vücudunda diğer yağ asitleri gibi metabolize edilmektedir.

Sodyum propionat, kalsiyum propionat ve potasyum propionat, propionik asitin sodyum, kalsiyum ve potasyum tuzlarıdır. Ambalajlı dilimli ekmek ve çavdar ekmeğinde, unlu şekerlemelerde, jöle, süt ve süt ürünleri, peynir ve peynir analogları, fırında pişirilen ürünler, et ve et ürünleri, pizza v.b. koruyucu olarak kullanılmaktadırlar. Sağlık Bakanlığı tarafından kullanılmasına izin verilen maksimum oran 2000-3000 mg/kg’ dır (Türk Gıda Kodeksi, 1997).

Propionatların fırınlanmış ürünlerde sıkı bir şekilde denetlenen miktarlarda kullanımına izin verilmektedir. Sodyum propionat, kalsiyum propionat ve potasyum propionatın her üçüde koruyucu maddeler olmalarına karşın, ekmekte kalsiyum propionat kullanımı, diğer ürünlerde ise sodyum ve potasyum propionat kullanımı tercih edilmektedir (<http://www.ams.usda.gov/nop/NationalList/TAPReviews/SodPropionate.pdf>).

Birçok gıda katkı maddesinin bitki, fare ve insan lenfosit hücrelerinde genotoksik ve karsinojenik etkilere sahip olduğunu gösteren çalışmalar yapılmasına rağmen (Njagi ve Gopalan, 1982; Luca ve Ark., 1987; Dönbak ve Ark., 2002; Türkoğlu, 2007), Sodyum propionat, kalsiyum propionat ve potasyum propionatın mutajenik etkilerini araştıran çalışmalara örnek olacak çok az çalışmaya rastlanılmıştır. Türkoğlu (2008) yaptığı çalışmada bu üç maddenin *Allium cepa*’ da mitotik indeksi azalttığını, mitotik safha oranlarında değişimlere neden olduklarını, kromozomlarda anormallikler meydana getirdiklerini ve DNA miktarını azalttıklarını tespit etmiştir. Dengate ve Ruben (2002) tarafından yapılan bir çalışmada, bazı çocuklarda sinirlilik, hiperaktivite, dikkat dağınıklığı ve uykusuzluğa neden olan etkenin, günlük besinlerinde fazla miktarda tükettikleri gıdalarda kullanılan kalsiyum propionat olduğu ileri sürülmüştür. Ayrıca bütün propionatların migren ile bağlantılı olduğu da belirtilmektedir.

1. 14. C Değerleri

Genom büyüklüğü çoğunlukla pikogram DNA olarak ölçülür. 1 gigabazına (gigabaz=1milyar baz çifti) eşittir. Memeliler gibi fizyolojik ve davranışsal açıdan karmaşık canlıların, basit canlıların genomundan daha büyük ve karmaşık genoma sahip olmasibeklenir. Bu durum büyük oranda doğrudur. Bakterilerden omurgasızlara ve omurgalılara doğru genom büyüklüğü artar. Fakat omurgalılar ve çiçekli bitkiler gibi ana gruplar içinde genom büyüklüğü ve canlı karmaşıklığı arasında çok az bir ilişki vardır. Örnek: Balon balığının haploit genomu 0,5 gigabaz, insan ve farenin ki yaklaşık 3 gigabazdır. Buma karşılık semenderler 50 gigabazlık genoma sahiptirler.

Bu çelişki 1960’ larda çözülmüştür. DNA dizi belirlemesinin kullanılmasından çok önce genom büyüklüğü birkaç yolla hesaplanıyordu; bu yollardan biri Cot değeri ya da C değeri olarak bilinen DNA içeriği ölçümüdür. C değeri genellikle birçoğu, canlı için yararlı olmayan büyük miktarlarda yinelenen diziler içeren total DNA içeriğine karşı, işlevsel genlerin çoğunluğunu içeren tek kopya DNA içeriğinin karşılaştırmalı bir ölçümüdür. C değeri tek iplikli DNA’ nın zamanla tamamen çift iplikli DNA’ ya dönüşümünü gösteren Cot eğrilerinin

oluşturulması ve yeniden birleşme kintiğinden biyokimyasal olarak hesaplanabilir. DNA iplikleri ne kadar kısa zamanda birleşirse, yinelenen dizilerin yzdesi o kadar fazla olur. Araştırcıların bir genomdaki DNA' nın tımünün canlının gelişimi ve fonksiyonu için gerekli olmadığını keşfetmesiyle ökaryotlarda genom bzykluğu ile fenotipik karmaşıklık arasında uygunluk olmadığı anlaşılmış ve C değeri çelişkisi(paradoksu) kavramı ortaya atılmıştır. Genomlar türler arasında miktar açısından farklılıklar gösteren bilgi içermeyen ve pek çok kereler yinelenen fazla miktarda DNA içerirler.

2. MATERYAL ve METOD

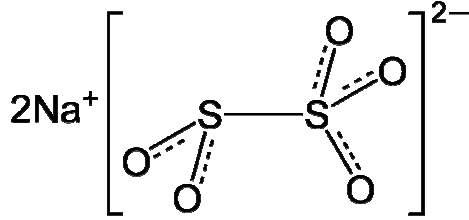
Bu çalışmada, test materyali olarak *Allium cepa* L. (2n=12) meristemleri kullanılmıştır. Gıda katkı maddeleri olarak seçilen sodyum metabisülfite, potasyum metabisülfite, sodyum propionat, potasyum propionat ve kalsiyum propionat Sigma-Aldrich firmasından temin edilmiştir. Bu maddelere ait kimyasal bilgiler aşağıda verilmiştir;

Sodyum metabisülfite (E 223)

CAS no= 7681-57-4

Molekül formülü= Na₂S₂O₅

Molekül ağırlığı= 190.1 g/mol



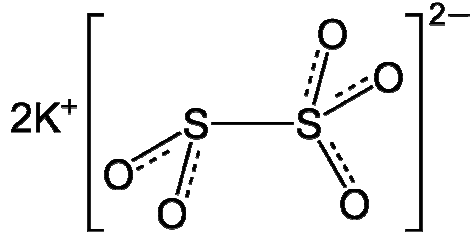
Şekil 2. 1. Sodyum metabisülfite ait kimyasal yapı

Potasyum metabisülfite (E 224)

CAS no= 16731-55-8

Molekül formülü= $K_2S_2O_5$

Molekül ağırlığı= 222.32 g/mol



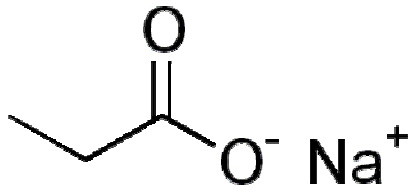
Şekil 2. 2. Potasyum metabisülfite ait kimyasal yapı

Sodyum propionat (E 281)

CAS no= 137-40-6

Molekül formülü= $C_3H_5NaO_2$

Molekül ağırlığı= 96.07 g/mol



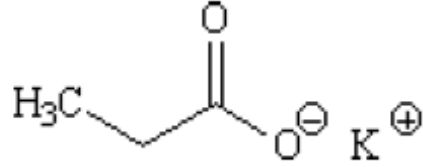
Şekil 2. 3. Sodyum propionata ait kimyasal yapı

Potasyum propionat (E 283)

CAS no= 327-62-8

Molekül formülü= C₃H₅KO₂

Molekül ağırlığı= 112.17 g/mol



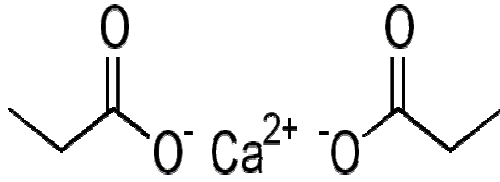
Şekil 2. 4. Potasyum propionata ait kimyasal yapı

Kalsiyum propionat (E 282)

CAS no= 4075-81-4

Molekül formülü= C₆H₁₀CaO₄

Molekül ağırlığı= 186.22 g/mol



Şekil 2. 5. Kalsiyum propionata ait kimyasal yapı

Bu çalışmada yukarıda isimleri ve kimyasal bilgilerini verdiğimiz beş gıda katkı maddesinin 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozları 10 ve 20 saat süre ile *Allium cepa* köklerine uygulanmıştır. Bu amaçla, *Allium cepa* soğanları küçük şişelerde oda sıcaklığında köklenmeye bırakılmıştır (25 ± 2 °C). Kökler 1-2 cm uzunluğa erişince *Allium cepa* test kimyasallarıyla yukarıda verilen doz ve sürelerde muamele edilmiştir. Süre sonunda kökler kesilerek karnoy çözeltilisine (3:1; glasiyel setik asit: etil alkol) konmuş ve +4°C' de buzdolabında kullanılacakları güne kadar saklanmışlardır. Test kimyasalları distile suda çözdürülmüştür. Kontrol grubu da distile su ile muamele edilmiştir.

2C çekirdek DNA miktarının tespitinde kullanılacak kökler, maddeler ile verilen süre ve dozlarla muamele edildikten sonra %70' lik etil alkol içine alınmış ve +4°C' de buzdolabında saklanmıştır.

2. 1. Sodyum metabisülfid, Potasyum metabisülfid, Sodyum propionat, Potasyum propionat ve Kalsiyum propionatın Mitotik İndeks ve Kromozomlar Üzerine Etkilerinin Araştırılması

Kökler preperat yapmak üzere kullanılacağı zaman, üç kez distile su ile yıkanmış ve 1N HCl içerisinde 5 dakika yumuşatılmaya bırakılmıştır. Süre sonunda %2' lik aseto-orcein içine alınarak 3 saat boyanmıştır. Boyama işlemi tamamlandıktan sonra ezme preperat yöntemi ile preparatlar hazırlanmış, lam-lamel birbirinden ayrılarak, entellen aracılığı ile daimi preperatlar yapılmıştır. Preperatlar mikroskopta incelenerek her grup için en az 1000 hücre sayılmış ve bu işlemler üç tekrar üzerinden gerçekleştirilmiştir. Hücre sayımları sırasında toplam hücre sayısı, bölünen hücre sayısı, profaz, metafaz, anafaz-telofaz safhalarının oranı, anormal kromozom yapısına sahip hücre sayısı ile bu anormalliklerin tipleri ayrı ayrı belirlenmiştir. Gözlenen hasarlı hücrelerin fotoğrafları çekilmiştir (200x)

2. 2. 2C Çekirdek DNA Miktarının Belirlenmesi

Allium cepa kökleri sodyum metabisülfid, potasyum metabisülfid, sodyum propionat, potasyum propionat ve kalsiyum propionatın 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozları 10 ve 20 saat süre ile muamele edilmiştir. Süre sonunda kökler kesilerek %70' lik etil alkol çözeltisinde tespit edilmiştir. Tespit işleminden sonra kök uçları 30 dakika süre ile damıtık suda yıkanmıştır.

Yıkama işleminden sonra kök uçları 1N HCl çözeltisinde 60°C' de 10 dakika hidroliz edilmiştir. Hidrolizden sonra kök uçları 1 dakika süre ile damıtık suda yıkanmış ve bir filtre kağıdı üzerinde kurulanmıştır. Bu işlemden sonra kök uçları 1 saat süre ile oda sıcaklığında Feulgen boya ile boyanmıştır. Feulgen reaksiyonu hidroliz sonunda nükleotitdeki baz kısmının pentozdan ayrılarak, pentozdaki serbest hale geçen aldehit grubunun leubazik füksin ile muameleye girmesi sonucu füksinin kırmızı renginin çıkmasından ibarettir. Asit hidrolizinden sonra Feulgen reaksiyonu, DNA için karakteristiktir.

Boyanan kök uçları üç kez 10 dakikalık sürelerle kükürtlü suda (SO₂ suyu) yıkanmıştır. Daha sonra bu kök uçları damıtık suya alınarak preperat yapma aşamasından geçirilmiştir. Ezme preperat yöntemi ile hazırlanan preperatlardan hücreleri iyi dağılmış olanlar seçilerek entellan ile kapatılarak daimi preperatlar hazırlanmıştır. Kontrol grubu için de yukarıdaki işlemler uygulanmıştır (Nagl, 1976).

Daimi preperatlardan DNA ölçümü: Ölçüme uygun telofaz hücrelerinin çekirdek absorpsiyonları Reichert-Zetopan mikrospektrofotometrede 550 nm de ölçülerek gerçekleştirilmiştir. Her grup için ayrı ayrı 100 ölçüm yapılmıştır ve bu ölçümler üç tekrar üzerinden gerçekleştirilmiştir.

2. 3. İstatistiksel Hesaplamalar

Çalışılan tüm grupların mitotik safha, mitotik indeks, toplam anormallik oranı ve DNA miktarları ile ilgili olarak elde edilen verilere varyans analizi uygulanacaktır. Ölçümler üç tekrar üzerinden değerlendirilip, bu değerlerin ortalamaları hesaplamalarda kullanılacaktır. Bu hesaplamalarda elde edilen veriler karşılaştırılırken ortalamalar arası farklar, 0.05 düzeyinde p değerinden büyük

olduğu zaman önemli kabul edilecektir. Önemli bulunan değerler de kendi aralarında Tukey testi ile karşılaştırılacaktır (Sümbüloğlu ve Sümbüloğlu, 1989).

3. BULGULAR

3. 1. Sodyum metabisülfite, Potasyum metabisülfite, Sodyum propionat, Potasyum propionat ve Kalsiyum propionatın Mitoz Bölünme ve Kromozomlar Üzerine Etkileri

3. 1. 1. Sodyum metabisülfite

Sodyum metabisülfite 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu elde edilen veriler Tablo 3. 1. 1. 1 de gösterilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda madde uygulanan tüm gruplarda mitotik indeksin kontrole nazaran azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca yine bu gruplarda mitotik safhaların oranlarında da değişimlerin olduğu saptanmıştır.

Sodyum metabisülfite farklı dozlarının 10 saat süre ile *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu profaz safhası oranının kontrol grubuna göre genel olarak bir artış gösterdiği belirlenmiştir. Kontrol grubunda profaz safhası oranı 44.33 olarak saptanmıştır. Bu oran 20 ppm, 40 ppm, 80 ppm lik uygulamalar sonucu artış gösterirken, 60 ve 100 ppm lik uygulamalarda ise azalma göstermiştir. Metafaz safhası oranlarına bakıldığında, kontrol grubunda 26.08 olarak belirlenen oran, sadece 20 ppm lik uygulama sonucu azalmış, diğer uygulama gruplarında ise artış göstermiştir. Anafaz-telofaz safhası oranı toplamı kontrol grubunda 29.56 iken, bu oran 20 ppm, 60 ppm ve 100 ppm lik uygulamalarda artış göstermiş, buna karşılık diğer uygulama gruplarında oranda azalma olduğu saptanmıştır.

Sodyum metabisülfite, 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozları 20 saat süre ile *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanmıştır. 100 ppm lik uygulama grubunda kökler preparat yapmaya olanak vermeyecek şekilde dejenere olduklarından bu gruba ait sayım yapılamamıştır. Profaz safhası oranı kontrol grubunda 48.57 olarak saptanmıştır ve diğer dozlarda bu gruba göre bir azalmanın olduğu tespit edilmiştir. Metafaz safhasına bakıldığında, 20 ppm, 60 ppm, ve 80 ppm lik uygulama gruplarında artış meydana geldiği, buna karşılık 40 ppm lik uygulama grubunda azalmanın meydana geldiği belirlenmiştir. Anafaz-

telofaz safhalarının toplamında ise, 80 ppm lik uygulama sonucu kontrol grubuna göre bir azalma meydana gelirken, diğer 3 dozun uygulanması sonucu oranda artışın meydana geldiği saptanmıştır.

Bu maddeye ait istatistiksel analizler Tablo 3. 1. 1. 1 de görülmektedir. Profaz safhası için yapılan istatistiksel analizler sonucunda 10 saatlik uygulama peryodunda kontrol grubu ile diğer gruplar arasındaki farkın (80 ppm hariç) önemli olduğu tespit edilmiştir. 20 saatlik uygulama peryodunda ise yine kontrol grubu ile diğer uygulama grupları arasındaki farkın önemli olduğu; 20 ppm ile 80 ppm lik gruplar hariç diğer gruplarında istatistiksel olarak farklı oldukları belirlenmiştir.

Metafaz safhasına ait oranlar istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, 10 saatlik uygulama peryodunda kontrol grubu ile 20 ve 60 ppm lik gruplar arasındaki farkın önemsiz olduğu, diğer gruplar arasındaki farkın ise önemli olduğu, tespit edilmiştir. 20 saatlik uygulama peryodunda ise kontrol grubu ile diğer gruplar arasındaki farkın önemli olduğu, 20 ppm ile 80 ppm lik gruplar arasındaki farkın ise önemsiz olduğu kaydedilmiştir.

Anafaz-telofaz safhası oranları için yapılan istatistiksel analizler sonunda 10 saatlik uygulama peryoduna ait kontrol grubu ile 60 ppm ve 20 ppm (20 saatlik uygulama peryodu) arasındaki farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir. Yine bu grup için yapılan istatistiksel analizlerde 20 ppm ve 100 ppm lik (10 saat) gruplar ile 40 ppm (20 saat) arasındaki farkın önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

Sodyum metabisülfitin farklı dozlarının 10 ve 20 saat süre ile test materyaline uygulanması sonucu mitotik indeks oranında değişmelerin meydana geldiği tespit edilmiştir (Tablo 3. 1. 1. 1.). Mitotik indeksteki bu değişimler kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak önemli olan bir azalmanın olduğu gözlenmiştir. 10 saatlik uygulama peryodunda kontrol grubunun mitotik indeks oranı 32.21 olarak tespit edilmişken bu oran diğer uygulama gruplarında sırası ile 26.66; 30.71; 27.72; 25.19 ve 14.31 olarak belirlenmiştir. 10 saatlik uygulama için elde edilen verilere yapılan istatistiksel analizler sonucu kontrol grubu ile 40 ppm lik uygulama grubu hariç tüm gruplar arasında önemli bir farkın olduğu tespit edilmiştir.

Gruplar kendi aralarında karşılaştırıldığında ise 20 ppm ile 40 ppm ve 100 ppm lik gruplar arasında istatistiksel bir farkın olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık 20 ppm ile 60 ve 80 ppm lik gruplar arasında istatistiksel olarak bir farkın olmadığı gözlenmiştir.

20 saatlik uygulama periyodu için mitotik indeks incelemeleri yapıldığında, kontrol grubunda mitotik indeks oranının 32.78 olduğu belirlenmiştir. Diğer gruplar olan 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm ve 80 ppm lik uygulamalar sonucu mitotik indeksin azaldığı tespit edilmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucu kontrol grubu ile diğer dört grup arasında önemli bir fark olduğu belirlenmiştir. Gruplar kendi aralarında karşılaştırıldığında 20 ppm ile 60 ppm ve 40 ppm ile 80 ppm arasında istatistiksel olarak önemli bir farkın olmadığı gözlenmiştir.

Sodyum metabisülfidin farklı süre ve dozlarda *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu kök ucu hücrelerinde çeşitli anormallikler meydana gelmiştir (Tablo 3. 1. 1. 2.). 10 ve 20 saatlik uygulama periyotlarının kontrol gruplarında anormal bir kromozom yapısına rastlanmamıştır. Buna karşılık diğer dozlarda yüksek oranda anormalliğin meydana geldiği belirlenmiştir. Gruplar arasında yapılan istatistiksel analizler sonucu kontrol grupları ile diğer tüm dozlar arasındaki farkın önemli olduğu tespit edilmiştir. 10 saatlik uygulama periyodunda, 20 ppm ile 40 ppm ve 60 ppm lik dozlar arasında farkın önemli olmadığı, buna karşılık 20 ppm ile 80 ppm ve 100 ppm lik dozlar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir. 20 saatlik uygulama periyodunda ise tüm gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir.

Sodyum metabisülfidin 10 ve 20 saat süre ile farklı dozlarda *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu gözlenen kromozom anormalliklerinin oranının kontrol gruba göre artış gösterdiği ve bu artışın genel olarak doz ve süre uygulanmasının artışına paralel olduğu söylenebilir.

Bu uygulama sonucu gözlenen kromozom anormallikleri en yüksek orandan düşüğe doğru şu şekilde sıralanabilir; C-mitoz (Şekil 3. 1.), anafaz köprüsü (Şekil 3. 2), binükleus (Şekil 3. 3) ve yapışkanlık (Şekil 3. 4). C-mitoz tüm uygulama gruplarında gözlenmiştir (kontrol grubu hariç). Buna karşılık

anafaz köprüsü 10 saatlik uygulama peryodunun tüm dozlarında gözlenmiş, 20 saatlik uygulama peryodunda ise 20 ppm ve 80 ppm lik gruplarda tespit edilmiştir. Binukleus 10 saatlik uygulamanın 40 ppm, 60 ppm ve 100 ppm lik gruplarında ve 20 saatlik uygulamanın 20 ppm ve 80 ppm lik gruplarında gözlenmiştir. Yapışkanlık ise 10 saatlik uygulama peryodunda 20 ppm ve 40 ppm lik gruplar ile 20 saatlik uygulama peryodunun 20 ppm lik grubunda belirlenmiştir.

Tablo 3. 1. 1. 1. Sodyum metabisülfitin 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu elde edilen toplam hücre sayısı, bölünen hücre sayısı, mitotik safha ve mitotik indeks oranları

Süre (Saat)	Doz (ppm)	Toplam hücre sayısı	Bölünen hücre sayısı	Profaz±S.H.*	Metafaz±S.H.*	Anafaz-telofaz±S.H.*	Mitotik indeks±S.H.*
10	Kontrol	1040	335	44.35±0.13 a	26.08±0.32 a	29.56±0.37 af	32.21±0.25 ad
	20	1020	272	48.93±0.27 b	17.02±0.81 b	34.04±0.19 b	26.66±0.17 be
	40	1042	320	50.90±0.01 c	30.90±0.73 ad	18.18±0.24 c	30.71±1.13 a
	60	1046	290	40.00±0.92 d	30.00±0.42 ad	30.00±0.01 af	27.72±0.57 e
	80	1032	260	44.44±0.81 a	35.55±0.51 cg	20.00±0.38 d	25.19±0.42 b
	100	1020	146	23.07±0.25 e	42.30±0.34 e	34.61±0.53 b	14.31±1.27 c
20	Kontrol	1031	338	48.57±0.23 b	32.65±0.19 cd	18.36±0.25 c	32.78±1.38 d
	20	1018	218	31.57±0.37 f	39.47±0.22 eg	28.94±0.74 a	21.41±0.99 f
	40	1036	146	42.30±0.48 g	23.07±0.55 f	34.61±0.51 b	14.09±0.71 c
	60	1046	224	30.76±0.19 f	38.46±0.62 g	30.76±0.49 f	21.41±0.23 f
	80	1048	158	35.71±0.54 h	53.57±0.24 h	10.71±0.35 e	15.07±0.28 c
	100	Toksik	Toksik	Toksik	Toksik	Toksik	Toksik

* Her veri üç tekrarin ortalamasıdır. Aynı saatırda aynı harflerle belirlenen veriler P> 0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir.; S. H.: Standart hata

Tablo 3. 1. 1. 2. Sodyum metabisülfitin 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu elde edilen toplam hücre sayısı, bölünen hücre sayısı, anormal hücre sayısı ve anormallik tiplerine ait oranlar

Süre (Saat)	Doz (ppm)	Toplam hücre sayısı	Bölünen hücre sayısı	Anafaz köprüsü	C-Mitoz	Yapışkanlı k	Binukleus	Toplam hasarlı hücre oranı *
	Kontrol	1040	335	----	----	----	----	----- a
	20	1020	272	1.80	4.64	2.51	----	8.95 be
	40	1042	320	2.31	4.73	1.70	1.70	10.44 b
10	60	1046	290	1.76	4.43	----	1.76	7.95 e
	80	1032	260	2.58	13.69	----	----	16.27 c
	100	1020	146	8.79	26.10	----	3.02	37.92 d
	Kontrol	1031	338	----	----	----	----	----- a
	20	1018	218	8.11	2.85	2.85	2.85	16.66 c
	40	1036	146	----	14.13	----	----	14.13 f
20	60	1046	224	----	44.85	----	----	44.85 g
	80	1048	158	6.36	23.80	----	4.60	34.76 h
	100	Toksik	Toksik	Toksik	Toksik	Toksik	Toksik	Toksik

* Her veri üç tekrarın ortalamasıdır. Aynı satırda aynı harflerle belirlenen veriler P> 0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir.

3. 1. 2. Potasyum metabisülfid

Potasyum metabisülfidin 10 ve 20 saat süre ile *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu mitotik indeks, mitotik safhalar ve kromozom anormalliklerine ait veriler Tablo 3. 1. 2. 1 de gösterilmiştir.

Potasyum metabisülfidin *Allium cepa* köklerine uygulanması sonucunda mitotik safhaların oranlarında değişimlerin meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu maddenin 10 saat süre ile test materyaline uygulanması sonucu profaz safhası oranı kontrol grubunda 34.00 olarak belirlenmiştir. Bu oran 20 ppm ve 100 ppm lik uygulamalarda azalırken diğer uygulama gruplarında artış göstermiştir. Metafaz safhası kontrol grubunda 18.00 olarak tespit edilmiş, diğer uygulama gruplarında bu oranda artışların meydana geldiği belirlenmiştir. Buna karşılık anafaz, telofaz safhaları oranı kontrol grubunda 48.00 iken, diğer gruplarda bu orana nazaran bir azalmanın olduğu gözlenmiştir. Bu maddenin 20 saat süre ile *Allium cepa* köklerine uygulanması sonucunda ise profaz safhası oranında kontrol grubuna göre bir artışın olduğu belirlenmiştir. Metafaz safhası oranı kontrol grubunda 32.07 olarak tespit edilmiş buna karşılık 40 ppm lik uygulama hariç diğer tüm uygulama gruplarında bu orandan daha düşük oranlar gözlenmiştir. Anafaz-telofaz safhası oranlarına bakıldığında ise kontrol grubunda 26.42 olan oranın 20 ppm de 37.30 ve 80 ppm de 33.33 olduğu tespit edilmiştir. Diğer gruplarda ise kontrol grubuna nazaran bir azalma meydana gelmiştir.

Potasyum metabisülfidin mitotik safhalar üzerine etkilerini araştırmak için yapılan istatistiksel analiz sonuçları Tablo 3. 1. 2. 1. de görülmektedir. Profaz safhası için yapılan analizde 10 saat için, kontrol grubu ile 20 ppm ve 100 ppm lik gruplar arasındaki farkın önemsiz olduğu, diğer gruplar arasındaki farkın ise önemli olduğu belirlenmiştir. 20 saatlik uygulama periyodu için yapılan incelemelerde kontrol grubu ile diğer tüm gruplar arasındaki farkın önemli olduğu buna karşılık, 20 ppm, 40 ppm ve 80 ppm lik gruplar arasındaki farkın ise önemsiz olduğu kaydedilmiştir. Aynı maddeye ait metafaz safhası incelemelerinde, 10 ve 20 saatlik uygulama periyotlarında kontrol grubu ile diğer tüm gruplar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık 20 saatlik uygulama periyodunda 60 ppm ile 100 ppm arasındaki farkın önemsiz

olduğu tespit edilmiştir. Anafaz-telofaz safhaları için yapılan incelemelerde, her iki uygulama peryodunda kontrol grupları ile diğer uygulama grupları arasındaki farkın önemli olduğu tespit edilmiştir. 10 saatlik uygulama peryodunda 60 ppm ile 100 ppm lik gruplar arasındaki farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir. Ayrıca 10 ve 20 saatlik uygulama peryotlarının 20 ppm lik dozları arasındaki fark da önemsizdir.

Potasyum metabisülfitin farklı dozlarının 10 ve 20 saat süre ile *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu mitotik indekste meydana gelen değişimler Tablo 3. 1. 2. 1. de görölmektedir. 10 saatlik ve 20 saatlik uygulamaların kontrol grubuna ait mitotik indeks oranları sırası ile 25.83 ve 30.61 olarak belirlenmiştir. 10 saatlik uygulama peryodunda 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarla muamele edilmesi sonunda mitotik indeksin kontrol grubuna nazaran azaldığı tespit edilmiştir. Aynı durum 20 saatlik uygulama peryodunun dozlarında da gözlenmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonunda 10 saatlik uygulama peryodunda kontrol grubu ile diğer tüm dozlar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir. Aynı durum 20 saatlik uygulama periyodunda da tespit edilmiştir. Dozlar kendi aralarında karşılaştırıldığında 10 saatlik uygulamada 20 ppm lik uygulama sonucu elde edilen mitotik indeks oranının diğer tüm gruplardan farklı olduğu istatistiksel olarak belirlenmiştir. 40 ppm, 60 ppm ve 80 ppm lik dozlar arasında farkın önemli olmadığı buna karşılık 60 ppm ve 100 ppm lik uygulama peryotlarında mitotik indeks oranı açısından bir farkın olduğu gözlenmiştir. 40 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik uygulamalarda ise istatistiksel olarak bir farklılık gözlenmemiştir. 20 saatlik uygulama peryoduna ait dozlar kendi aralarında karşılaştırıldığında 20 ppm ile 80 ppm lik uygulamalar sonunda elde edilen mitotik indeks oranının hem birbirlerinden hem de diğer dozlardan farklı olduğu tespit edilmiştir. Buna karşılık 40 ppm, 60 ppm ve 100 ppm lik uygulama dozları arasında istatistiksel olarak bir fark tespit edilmemiştir.

Potasyum metabisülfitin 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozların 10 ve 20 saat süre ile test materyaline eklenmesi sonucunda kromozom yapılarında anormalliklerin meydana geldiği gözlenmiştir (Tablo 3. 1. 2. 2.). Kontrol gruplarında herhangi bir anormalliğe rastlanmamaktadır. İstatistiksel

analizler sonunda kontrol grupları ile diğer gruplar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir. 10 saatlik uygulama sonucunda 40 ppm ile 60 ppm hariç diğer gruplar arasında ve bu iki grup ile diğer uygulama grupları arasındaki farkın önemli olduğu yapılan istatistiksel analizler sonunda belirlenmiştir. 20 saatlik uygulama periyodunda ise 40 ppm ile 80 ppm hariç diğer gruplar arasındaki farkın önemli olduğu tespit edilmiştir. 10 ve 20 saatlik uygulamalar birlikte incelendiğinde anormal hücre oranının doz ve süre uygulamasına bağlı olarak artış gösterdiği belirlenmiştir.

Potasyum metabisülfid uygulaması sonucu gözlenen kromozom anormallikleri üç grupta toplanmıştır. En çok gözlenen anormallik C-mitoz (Şekil 4. 1.) dur. Bunu sırası ile yapışkanlık (Şekil 4. 2) ve düzensiz dağılma (Şekil 4. 3) takip etmektedir. Yapılan mikroskopik incelemeler sonunda C-mitozun 20 ppm (10 saatlik uygulama) hariç tüm gruplarda bulunduğu tespit edilmiştir. Yapışkanlık 20 ve 80 ppm (20 saatlik uygulama) hariç diğer gruplarda belirlenmiştir. Düzensiz dağılma ise 10 saatlik uygulama periyodunda hiç görülmezken 20 saatlik uygulama gruplarının tümünde tespit edilmiştir.

Tablo 3. 1. 2. 1. Potasyum metabisülfitin 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu elde edilen toplam hücre sayısı, bölünen hücre sayısı, mitotik safha ve mitotik indeks oranları

Süre (Saat)	Doz (ppm)	Toplam hücre sayısı	Bölünen hücre sayısı	Profaz±S.H.*	Metafaz±S.H.*	Anafaz-telofaz±S.H.*	Mitotik indeks±S.H.*
	Kontrol	1018	263	34.00±1.13 a	18.00±0.10 a	48.00±0.17 a	25.83±0.11 a
	20	1016	175	33.33±1.21 a	30.30±0.29 b	36.36±0.88 b	17.22±0.11 b
	40	1022	104	42.36±0.47 b	31.57±0.16 c	21.05±0.09 c	10.17±0.07 cef
10	60	1023	110	40.00±0.51 c	35.00±0.08 d	25.00±0.17 d	10.75±0.04 c
	80	1028	100	36.84±0.13 d	47.36±0.25 e	15.78±0.09 e	9.72±0.09 cef
	100	1021	90	33.33±0.50 a	41.66±0.60 f	25.00±0.17 d	8.81±0.14 c
	Kontrol	1029	315	41.51±0.81 b	32.07±0.22 c	26.42±0.13 f	30.61±0.09 d
	20	1031	190	43.75±0.90 e	18.75±0.08 a	37.30±0.10 b	18.42±0.06 b
	40	1020	70	44.44±0.25 e	38.38±0.14 g	16.66±0.19 e	6.86±0.04 g
20	60	1017	70	60.00±0.10 f	20.00±0.11 h	20.00±0.36 g	6.88±0.12 g
	80	1026	90	44.44±1.11 e	22.22±0.08 j	33.33±0.03 h	8.77±0.05 ef
	100	1022	165	70.00±0.80 g	20.00±0.03 h	10.00±0.11 j	6.36±0.17 g

* Her veri üç tekrarın ortalamasıdır. Aynı satırda aynı harflerle belirlenen veriler P> 0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir.; S. H.: Standart hata

Tablo 3. 1. 2. 2. Potasyum metabisülfitin 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu elde edilen toplam hücre sayısı, bölünen hücre sayısı, düzensiz hücre sayısı, anormal hücre sayısı ve anormallik tiplerine ait oranlar

Süre (Saat)	Doz (ppm)	Toplam hücre sayısı	Bölünen hücre sayısı	C-Mitoz	Yapışkanlık	Düzensiz dağılım	Toplam hasarlı hücre oranı *
10	Kontrol	1018	263	-----	-----	-----	----- a
	20	1016	175	7.16	-----	2.31	9.47 b
	40	1022	104	9.52	3.20	2.15	14.87 c
	60	1023	110	6.10	4.10	4.10	14.03 c
	80	1028	100	13.32	-----	2.76	16.10 d
	100	1021	90	14.78	2.25	5.31	22.34 e
20	Kontrol	1029	315	-----	-----	-----	----- a
	20	1031	190	8.32	1.65	-----	9.97 d
	40	1020	70	16.10	2.76	-----	18.86 f
	60	1017	70	3.44	1.72	-----	5.16 g
	80	1026	90	2.35	3.60	-----	5.95 f
	100	1022	165	-----	3.10	-----	3.10 h

* Her veri üç tekrarın ortalamasıdır. Aynı satırda aynı harflerle belirlenen veriler P> 0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir.

3. 1. 3. Sodyum propionat

Sodyum propionatın 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu elde edilen veriler Tablo 3. 1. 3. 1. de görülmektedir. Yapılan incelemeler sonucunda madde uygulanan tüm gruplarda mitotik safha oranlarında değişimlerin meydana geldiği ve mitotik indeksin kontrol gruplarına nazaran düştüğü tespit edilmiştir.

Sodyum propionatın farklı dozlarının 10 saat süre ile *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu profaz ve metafaz safhası oranlarının kontrol grubuna nazaran düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Buna karşılık anafaz-telofaz safhaları oranında kontrol grubuna nazaran bir artışın olduğu kaydedilmiştir. Aynı incelemeler 20 saatlik uygulama periyodu için yapılmış ve sonuçta profaz safhası oranında artışın olduğu belirlenmiştir. Metafaz safhası oranı 20 ppm ve 40 ppm lik uygulamalar sonunda kontrole nazaran azalırken, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik uygulamalarda artış tespit edilmiştir. Anafaz-telofaz safhaları oranı ise kontrol grubuna göre azalma göstermiştir.

Sodyum propionat ile muamele edilmiş *Allium cepa* kök ucu hücrelerindeki mitotik safhaların oranları arasında yapılan istatistiksel analize ilişkin veriler Tablo 3. 1. 3. 1. de görülmektedir. Tablodan da anlaşılacağı gibi profaz safhasında her iki uygulama periyoduna ait kontrol grupları ile diğer uygulama grupları arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca 20 saatlik uygulama periyoduna ait 100 ppm lik diğer tüm gruplardan istatistiksel olarak farklı olduğu da tespit edilmiştir. Metafaz safhası için yapılan incelemelerde, 10 saatlik uygulama periyodun da, kontrol grubu ile diğer gruplar arasındaki farkın önemli olduğu kaydedilmiştir. 20 saatlik uygulama periyoduna ait 20 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik gruplarında birbirlerinden ve diğer tüm gruplardan farklı olduğu tespit edilmiştir. Anafaz-telofaz safhası için yapılan istatistiksel analizler sonunda, 10 saatlik uygulama periyodunda, kontrol ve 20 ppm lik grupların birbirlerinden ve diğer gruplardan farklı olduğu, buna karşılık 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik gruplar arasındaki farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir. 20 saatlik uygulama periyodunda ise tam tersi bir durum

açığa çıkmıştır. Kontrol grubu ve 20 ppm lik grup arasındaki farkın önemsiz olduğu, diğer gruplar arasındaki farkın ise birbirlerinden ve bu iki gruptan önemli olduğu tespit edilmiştir.

Sodyum propionatın *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu mitotik indeks oranlarında değişimin meydana geldiği kaydedilmiştir (Tablo 3. 1. 3. 1.). 10 saatlik uygulama sonunda kontrol grubunda tespit edilen mitotik indeks oranı 13.67 dir. Bu oran 20 saatlik uygulamada 10.23 olarak belirlenmiştir. Madde uygulanan gruplarda ise mitotik indeks oranının kontrol gruplarına nazaran düşüş gösterdiği tespit edilmiştir. 10 saatlik uygulama peryodunda da sodyum propionatın 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının uygulandığı kök ucu hücrelerinde mitotik indeks oranı sırası ile, 9.63; 8.05; 6.63; 6.15 ve 5.25 olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonunda kontrol grubu ile diğer gruplar arasındaki farkın önemli olduğu tespit edilmiştir. Buna karşılık 60 ppm ile 80 ppm ve 80 ppm ile 100 ppm arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı gözlenmiştir. Bunlar dışındaki gruplar arasında ise istatistiksel fark olduğu belirlenmiştir.

20 saatlik uygulama peryodunda elde edilen mitotik indeks oranları sırası ile 7.08; 9.82; 6.06; 6.17 ve 4.46 dir. Bu peryotta, kontrol grubu ile 40 ppm lik grup arasındaki farkın önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde, 20 ppm, 60 ppm ve 80 ppm arasındaki farkın da önemsiz olduğu belirlenmiştir. 100 ppm lik uygulama grubunun ise diğer tüm gruplardan farklı olduğu istatistiksel analizler sonunda tespit edilmiştir.

10 saatlik uygulama peryodunda mitotik indeks oranındaki azalmanın genel olarak doz artışına paralel gerçekleştiği söylenebilir. Buna karşılık 20 saatlik uygulama peryodunda, mitotik indekste kontrol grubuna nazaran bir azalma olmasına rağmen, bu durum doz artışına paralel gerçekleşmemektedir.

Sodyum propionatın 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile test materyaline uygulanması sonucu kromozomlarda anormalliklerin olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3. 1. 3. 2.). 10 ve 20 saatlik uygulama peryotlarının kontrol gruplarında kromozom anormalliklerine rastlanmamıştır. Buna karşılık, her iki uygulama peryodunda, 20 ppm, 40 ppm, 60

ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozların uygulanması sonucu yüksek oranda anormallikler tespit edilmiştir. Gruplar arasında yapılan istatistiksel analiz sonucunda, kontrol grupları ile diğer dozlar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir. 10 saatlik uygulama periyodu kendi arasında karşılaştırıldığında, 80 ppm ve 100 ppm lik gruplarla arasındaki farkın önemsiz olduğu kaydedilmiştir. Bu iki grubun diğer gruplar arasındaki fark ise istatistiksel olarak önemlidir. 20 saatlik uygulama periyodunda ise tüm gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Her iki uygulama periyoduna ait gruplar karşılaştırıldığında ise 80 ppm, 100 ppm (10 saat) ve 60 ppm (20 saat) arasındaki farkın önemsiz olduğu, diğer tüm gruplar arasındaki farkın ise önemli olduğu kaydedilmiştir.

Sodyum propionatın *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu yüksek oranda gözlenen kromozom anormalliği C-mitozdur (Şekil 5. 1.). Bunu sırası ile kırılma (Şekil 5. 3), kalgın kromozom (Şekil 5. 4.), anafaz köprüsü (Şekil 5. 2.) ve mikronukleus (Şekil 5. 5.) takip etmektedir.

Yapılan mikroskopik incelemeler sonunda, C-mitoz, kırılma, anafaz köprüsü ve mikronukleus kontrol grupları hariç tüm uygulama gruplarında tespit edilmiştir. Buna karşılık kalgın kromozom 20 saatlik uygulama periyodunun 20 ppm lik grubunda gözlenmemiştir.

Sodyum propionatın farklı dozlarının farklı sürelerle *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu tespit edilen kromozom anormallikleri oranının doz artışına paralel olarak arttığı belirlenmiştir.

Tablo 3. 1. 3. 1. Sodyum propionatın 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu elde edilen toplam hücre sayısı, bölünen hücre sayısı, mitotik safha ve mitotik indeks oranları

Süre (Saat)	Doz (ppm)	Toplam hücre sayısı	Bölünen hücre sayısı	Profaz±S.H. *	Metafaz±S.H. *	Anafaz-telofaz±S.H.*	Mitotik indeks±S.H. *
10	Kontrol	1031	141	54.20 ± 0.54 a	22.30 ± 0.13 a	23.50 ± 0.03 a	13.67±0.80 a
	20	1028	99	48.30 ± 0.18 b	15.80 ± 0.52 b	35.90 ± 0.02 b	9.63±0.54 b
	40	1030	83	48.00 ± 0.23 b	19.10 ± 0.15 c	32.90 ± 0.10 c	8.05±0.61 c
	60	1025	68	46.50 ± 0.55 c	20.70 ± 0.37 deg	32.80 ± 0.21 c	6.63±0.44 d
	80	1023	63	47.20 ± 0.36 bc	20.70 ± 0.29 de	32.10 ± 0.24 c	6.15±0.62 de
	100	1028	54	47.40 ± 0.48 bc	20.50 ± 0.17 ce	32.00 ± 0.08 a	5.25±0.72 eg
20	Kontrol	1036	106	55.30 ± 0.23 a	20.80 ± 0.14 de	23.90 ± 0.12 a	10.23±0.48 b
	20	1031	73	58.70 ± 0.36 d	17.50 ± 0.05 f	23.80 ± 0.05 a	7.08±0.52 cd
	40	1028	101	59.40 ± 0.29 de	19.80 ± 0.08 ce	20.90 ± 0.32 d	9.82±1.18 b
	60	1023	62	59.60 ± 0.17 de	21.20 ± 0.13 age	19.20 ± 0.17 e	6.06±0.54 de
	80	1020	63	60.40 ± 0.26 e	26.40 ± 0.45 h	13.20 ± 0.09 f	6.17±0.27 de
	100	1030	46	62.50 ± 0.42 f	28.60 ± 0.96 j	8.90 ± 0.49 g	4.46±0.06 fg

* Her veri üç tekrarı ortalamasıdır. Aynı satırda aynı harflerle belirlenen veriler P>0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir.; S. H.: Standart hata

Tablo 3. 1. 3. 2. Sodyum propionatın 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu elde edilen toplam hücre sayısı, bölünen hücre sayısı, anormal hücre sayısı ve anormallik tiplerine ait oranlar

Süre (Saat)	Doz (ppm)	Toplam hücre sayısı	Bölünen hücre sayısı	Anafaz köprüsü	C-Mitoz	Kalın	Mik.	Kırık	Toplam hasarlı hücre oranı *
	Kontrol	1031	141	-----	-----	-----	-----	-----	----- a
	20	1028	99	2.20	13.5	6.10	2.10	3.50	9.47 b
	40	1030	83	3.80	16.2	3.8	3.10	5.90	14.87 c
10	60	1025	68	4.50	20.0	7.90	3.10	6.30	14.03 d
	80	1023	63	4.80	23.70	5.70	4.20	5.50	16.10 e
	100	1028	54	4.20	24.60	5.60	4.10	6.10	22.34 e
	Kontrol	1036	106	-----	-----	-----	-----	-----	----- a
	20	1031	73	2.80	5.20	-----	3.10	2.10	9.97 f
	40	1028	101	3.30	18.10	4.70	3.10	5.40	18.86 g
20	60	1023	62	4.00	20.00	8.80	5.10	6.70	5.16 e
	80	1020	63	4.90	24.20	8.60	3.30	8.60	5.95 h
	100	1030	46	4.90	27.50	6.40	6.10	8.50	3.10 j

Her veri üç tekrarı ortalamasıdır. Aynı satırda aynı harflerle belirlenen veriler P> 0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir.; S. H.: Standart hata

Mik= Mikronukleus

3. 1. 4. Potasyum propionat

Potasyum propionatın 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu mitotik safha oranları, mitotik indeks ve kromozom anormalliklerine ait veriler Tablo 3. 1. 4. 1. ve Tablo 3. 1. 4. 2. de görülmektedir.

Bu maddenin, test materyaline uygulanması sonucu mitotik safhaların oranlarında kontrol grubuna nazaran değişimlerin meydana geldiği tespit edilmiştir. 10 ve 20 saatlik uygulama periyotlarında, potasyum propionatın farklı dozları ile muamele edilen *Allium cepa* kök ucu hücrelerinde profaz ve metafaz safhası oranlarında kontrol grubuna nazaran bir artışın olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık, anafaz-telofaz safhaları oranında ise azalmanın olduğu kaydedilmiştir.

Potasyum propionat ile muamele edilen test materyaline ait profaz, metafaz ve anafaz-telofaz safhaları için yapılan istatistiksel analize ilişkin veriler Tablo 3. 1. 4. 1. de görülmektedir. Bu verilere göre; profaz safhasında 10 ve 20 saatlik uygulama periyotlarında kontrol ve 20 ppm lik gruplar ve 80 ppm ile 100 ppm lik gruplar arasındaki farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir. Ayrıca her iki periyoda ait 60 ppm lik uygulama periyotlarının tüm gruplardan farklı olduğu da tespit edilmiştir. Metafaz safhası için yapılan incelemelerde, 10 saatlik periyotta kontrol grubu ile 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir. 20 saatlik periyotta ise kontrol grubu ile 40 ppm, 60 ppm ve 80 ppm lik gruplar arasındaki farkın önemli olduğu tespit edilmiştir. Yine bu maddeye ait anafaz-telofaz safhası oranlarına yapılan istatistiksel analizler sonunda, 10 ve 20 saatlik periyotta, kontrol grupları ile diğer gruplar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir. Uygulama periyotlarına ait dozlar birbirleri ile karşılaştırıldığında, her iki periyoda ait kontrol grupları arasındaki farkın önemsiz olduğu gözlenmiştir. Ayrıca 10 saatlik periyota ait 60 ppm ile 20 saatlik periyota ait 40 ppm lik gruplar arasındaki farkın önemsiz olduğu kaydedilmiştir. Buna karşılık 100 ppm (10 saat) ile 60 ppm (20 saat) lik grupların hem birbirlerinden hem de diğer gruplardan farklı oldukları belirlenmiştir.

Potasyum propionatın farklı dozlarının 10 ve 20 saat süre ile *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu mitotik indeks oranlarında değişimler

meydana gelmiştir (Tablo 3. 1. 4. 1.). 10 saatlik peryotta yapılan incelemelerde kontrol grubunda mitotik indeks oranı 9.39 olarak belirlenmiştir. Uygulama dozlarının test materyali ile muamelesi sonucunda mitotik indeks oranları sırası ile 5.21; 7.07; 4.87; 4.23 ve 3.91 olarak tespit edilmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonunda kontrol grubu ile diğer gruplar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca 40 ppm lik uygulama sonucu elde edilen mitotik indeks oranı ile diğer uygulama gruplarının mitotik indeks oranları arasında istatistiksel olarak bir farkın olduğu tespit edilmiştir. Buna karşılık 20 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik uygulamalara ait mitotik indeks oranları arasında istatistiksel olarak bir farklılık kaydedilmemiştir. 20 saatlik uygulama periyodu incelendiğinde, yine kontrol grubu ile diğer gruplar arasında istatistiksel olarak bir fark olduğu tespit edilmiştir. Uygulama dozları kendi aralarında karşılaştırıldığında 100 ppm lik uygulama sonucu elde edilen mitotik indeks oranı ile 20 ppm ve 40 ppm uygulamaları sonucu elde edilen oranlar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde 40 ppm ile 80 ppm arasındaki farkın da istatistiksel olarak önemli olduğu kaydedilmiştir. Her iki uygulama periyoduna ait dozlar kendi aralarında karşılaştırıldığında, genel olarak dozlar arasındaki farkın önemli olmadığı söylenebilir.

Allium cepa kök ucu hücrelerine potasyum propionatın 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile uygulanması sonucu anormal kromozom yapıları taşıyan hücrelerin oranında, kontrol grubuna nazaran bir artışın meydana geldiği tespit edilmiştir (Tablo 3. 1. 4. 2.). Her iki uygulama periyoduna ait kontrol gruplarında anormal hücrelere rastlanmamıştır. 10 saatlik uygulama periyoduna ait gruplar kendi aralarında karşılaştırıldığında, kontrol grubu ile diğer gruplar arasında anormal hücre oranı açısından istatistiksel olarak fark bulunduğu belirlenmiştir. 20 ppm ve 100 ppm lik uygulamalar sonucu elde edilen anormal hücre oranlarının birbirlerinden ve 40 ppm, 60 ppm ve 80 ppm lik uygulamaları sonucu elde edilen anormal hücre oranlarından farklı olduğu yapılan istatistiksel analizler sonucu ortaya konmuştur. Buna karşılık 40 ppm, 60 ppm ve 80 ppm lik dozlar arasında anormal hücre oranı açısından fark olmadığı da tespit edilmiştir. 20 saatlik uygulama periyoduna ait dozlar kendi aralarında

karşılaştırıldığında, kontrol grubu ile diğer gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olduğu belirlenmiştir. 20 ppm ile 40 ppm arasında anormal hücre oranı açısından istatistiksel bir fark bulunamamışken, bu iki grup ile diğer gruplar arasındaki farkın önemli olduğu tespit edilmiştir. Bu iki grup dışında kalan gruplarda ise anormal hücre oranı açısından önemli bir farklılık olduğu kaydedilmiştir. Her iki uygulama süresine ait dozlar birbirleri ile karşılaştırıldığında tüm gruplar arasında istatistiksel olarak farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Bu maddenin, test materyali ile farklı süre ve dozlarla muamele edilmesi sonucu çeşitli kromozom anormalliklerinin meydana geldiği gözlenmiştir (Tablo 3. 1. 4. 2.). En çok gözlenen anormallik tipi binukleustur (Şekil 6. 3). Bunu sırası ile C-mitoz (Şekil 6. 1.), anafaz köprüsü (Şekil 6. 2.), yapışkanlık (Şekil 6. 4.) ve düzensiz dağılma (Şekil 6. 5.) takip etmektedir.

Yapılan mikroskobik incelemeler sonunda C-mitoz ve anafaz köprüsünün her iki uygulama periyodunun tüm dozlarında meydana geldiği gözlenmiştir. Binukleus oluşumlarına 10 saatlik uygulama periyodunun 20 ppm lik dozunda rastlanmamıştır. Kromozom yapışkanlığı aynı uygulama periyodunun 40 ppm lik dozunda tespit edilememiştir. Düzensiz dağılma ise 10 ve 20 saatlik sürelerin 60 ppm ve 80 ppm lik dozları hariç diğer dozlarda gözlenmemiştir.

Potasyum propionatın farklı dozlarının farklı sürelerle *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu anormal hücre oranının genel olarak doz artışına paralel bir artış gösterdiği söylenebilir.

Tablo 3. 1. 4. 1. Potasyum propionatın 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu elde edilen toplam hücre sayısı, bölünen hücre sayısı, mitotik safha ve mitotik indeks oranla

Süre (Saat)	Doz (ppm)	Toplam hücre sayısı	Bölünen hücre sayısı	Profaz±S.H.*	Metafaz±S.H.*	Anafaz-telofaz±S.H.*	Mitotik indeks±S.H.*
10	Kontrol	1011	95	56.80±0.40 a	21.10±0.21 ad	22.10±0.68 ac	9.39±0.96 a
	20	1054	55	57.20±0.64 ac	21.80±0.21	21.00±1.64 ab	5.21±0.70 b
	40	1060	75	58.70±1.55 bc	21.90±0.05 abg	20.40±2.02 be	7.07±0.61 cdg
	60	1005	49	61.20±1.43 d	22.50±0.40 bef	17.30±0.75 df	4.87±0.59 be
20	80	1015	43	62.80±0.70 e	25.60±0.16 c	11.60±2.14 g	4.23±0.38 be
	100	1022	40	65.80±0.13 f	25.00±0.02 c	10.00±1.39 h	3.91±0.42 bf
	Kontrol	1008	82	56.10±1.67 a	20.70±0.43 df	23.20±0.87 c	8.13±1.29 ad
20	20	1078	51	56.80±0.67 a	21.60±0.24 abd	20.60±1.29 ae	4.73±2.76 be
	40	1016	55	58.20±0.82 c	23.60±0.11 e	18.20±0.76 f	5.41±1.76 bg
	60	1015	40	60.00±1.32 g	25.00±1.36 c	15.00±1.74 j	3.94±1.74 bef
	80	1024	35	63.90±0.24 e	22.90±0.15 eg	13.20±0.52 g	3.41±2.51 ef
	100	1010	25	65.20±0.94 f	21.80±1.20 afg	13.20±0.66 g	2.47±1.61 f

* Her veri üç tekrarın ortalamasıdır. Aynı satırda aynı harflerle belirlenen veriler P>0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir.; S. H.: Standart hata

Tablo 3. 1. 4. 2. Potasyum propionatın 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu elde edilen toplam hücre sayısı, bölünen hücre sayısı, bölünen hücre sayısı, anormal hücre sayısı ve anormallik tiplerine ait oranlar

Süre (Saat)	Doz (ppm)	Toplam hücre sayısı	Bölünen hücre sayısı	Anafaz köprüsü	C-Mitoz	Binukleus	Düzensiz dağılma	Toplam hasarlı hücre oranı *
10	Kontrol	1011	95	-----	-----	-----	-----	----- a
	20	1054	55	3.30	3.50	-----	-----	9.10 b
	40	1060	75	5.30	5.90	7.00	-----	18.2 c
	60	1005	49	3.80	4.30	6.10	0.80	18.5 c
	80	1015	43	4.60	5.50	3.70	0.90	18.5 c
	100	1022	40	7.50	6.10	3.80	-----	21.3 d
20	Kontrol	1008	82	-----	-----	-----	-----	----- a
	20	1078	51	4.80	2.10	8.50	-----	19.7 e
	40	1016	55	5.60	5.40	5.30	-----	19.6 e
	60	1015	40	6.70	6.70	5.90	2.10	28.2 f
	80	1024	35	4.90	8.60	10	1.00	31.2 g
	100	1010	25	8.60	8.40	12.30	-----	32.9 h

* Her veri üç tekrarın ortalamasıdır. Aynı satırda aynı harflerle belirlenen veriler $P > 0.05$ olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir.

3. 1. 5. 1. Kalsiyum propionat

Bir gıda koruyucu madde olan kalsiyum propionatın 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile *A. cepa* kök ve ucu hücrelerine uygulanması sonucu elde edilen mitotik safha oranları mitotik indeks oranları kromozon anormalliği tipleri ve toplam normal hücre oranları Tablo 3. 1. 5. 1. de görülmektedir.

Bu kimyasal maddenin test materyali olan *A. cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu mitotik safha oranlarında değişimlerin meydana geldiği tespit edilmiştir. 10 saatlik uygulama periyodunda profaz safhası oranı 56.80 iken bu oran uygulanan beş dozda sırası ile 62.76-59.34-21.85-48.91 ve 43.90 olarak belirlenmiştir. Aynı mitotik safha 20 saatlik uygulama periyodunun kontrol grubunda 59.88 oranında tespit edilmiştir. 20 ppm, 40 ppm ve 100 ppm lik uygulama gruplarında kontrol grubuna nazaran bir azalma gözlenirken 60 ppm ve 80 ppm lik uygulama gruplarında bir artış kaydedilmiştir. Metafaz safhası oranı 10 saat ve 20 saatlik uygulama periyodlarının kontrol gruplarında sırası ile 18.40 ve 12.39 oranlarında tespit edilmiştir. 10 saatlik uygulama periyodunun 20 ppm ve 40 ppm lik dozlarında kontrol grubuna nazaran bir azalma tespit edilirken 60 ppm ,80 ppm ve 100 ppm lik gruplarda kontrol grubuna göre artışların meydana geldiği kaydedilmiştir. 20 saatlik uygulama periyodunda ise 20 ppm, 40 ppm ve 100 ppm lik gruplarda metafaz oranında artış gözlenirken, 60 ppm ve 80 ppm lik gruplarda azalmalar tespit edilmiştir. Anafaz, telefaz safhaları oranları incelendiğinde 10 ve saatlik uygulama gruplarında bu safha oranları sırası ile 24.80 ve 22.74 olarak belirlenmiştir. 10 saatlik uygulama periyodunun 20 ppm ve 40 ppm lik gruplarında anafaz-telefaz safhası azalırken diğer 3 grupta artış tespit edilmiştir. 20 saatlik uygulama periyodunda ise sadece 20 ppm lik uygulama dozunda artma kaydedilmiş olup diğer dört dozda genel olarak bir azalmanın olduğu belirlenmiştir.

Bu kimyasal maddenin farklı doz ve sürelerle test materyaline uygulanması sonucu elde edilen mitotik indeks oranların Tablo 3. 1. 5. 1. de görülmektedir. 10 ve 20 saatlik uygulama periyotlarında kontrol grubuna ait mitotik indeks grupları sırası ile 16.15 ve 22.70 olarak belirlenmiştir. 10 saatlik

uygulama periyoduna ait dozlar kendi aralarında karşılaştırıldığında 40 ppm lik uygulama grubu ile kontrol arasında istatistiksel bir farkın olmadığı tespit edilmiştir. Aynı durum 20 ppm ve 100 ppm lik gruplara ait mitotik indeks oranları içinde geçerlidir. 80 ppm lik gruba ait mitotik indeks oranı tüm diğer gruplardan farklı olarak belirlenmiştir. 20 saatlik uygulama grubu kendi içinde karşılaştırıldığında 20 ppm ve 40 ppm gruplar ve 80 ppm ile 100 ppm gruplar arasında mitotik indeks oranı açısından istatistiksel bir fark bulunamamıştır. 60 ppm lik grup ise diğer tüm gruplardan farklıdır.

Kalsiyum propionatın deneysel dozlarının 10 ve 20 saat süre ile *A. cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu kromozomlarda anormalliklerin meydana geldiği ve bu anormal kromozomu taşıyan hücrelerin oranının kontrol grubu ile karşılaştırıldığında oldukça yüksek oranda olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3. 1. 5. 1.). Her iki uygulama süresine ait kontrol gruplarında hasarlı hücrelere rastlanamamıştır. Her iki uygulama süresine ait dozlar kendi aralarında karşılaştırıldığında tüm dozlara ait hasarlı hücre oranlarının istatistiksel olarak birbirlerinden farklı olduğu belirlenmiştir. Uygulama sürelerine ait dozlar birbirleriyle karşılaştırıldığında ise 10 saatlik uygulama periyoduna ait 20 ppm lik doz arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunamamıştır. Aynı durum 10 saatlik uygulama periyodunun 100 ppm lik dozu ile 20 saatlik uygulama periyodunun 60 ppm lik dozu içinde geçerlidir. Bunların dışındaki gruplar birbirlerinden istatistiksel olarak farklıdırlar.

Yapılan mikroskobik incelemeler sonunda kalsiyum propionatın neden olduğu kromozom anormallikleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir. En çok rastlanılan anormallik C-mitozdur (Şekil 7. 1.). Bunu sırası ile mikronukleus (Şekil 7. 6), anafaz köprüsü (Şekil 7. 2.), kalgın kromozom (Şekil 7. 5), yapışkanlık (Şekil 7. 4) ve binukleus (Şekil 7. 3.) takip etmektedir.

Yapılan incelemelerde C-mitoz yüksek oranda çıkmasına karşılık tüm uygulama gruplarında gözlenmemiştir. Anafaz köprüsü 10 saatlik uygulama periyodunun 20 ppm ve 60 ppm lik dozları hariç tüm gruplarda gözlenmiştir. Kalgın kromozom 20 ppm ve 100 ppm (10 saat) ile 40 ppm (20 saat) hariç tüm dozlarda tespit edilmiştir. Yapışkanlık 20 ppm ve 80 ppm (10 saat) ile 40 ppm ve

100 ppm (20 saat) hariç diğer gruplarda gözlenmemiştir. Binukleus ise 60 ppm ve 100 ppm (10 saat) ile 40 ppm (20 saat) hariç diğer gruplarda tespit edilememiştir.

Tablo 3. 1. 5. 1. Kalsiyum propionatın 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu elde edilen toplam hücre sayısı, bölünen hücre sayısı, mitotik safha ve mitotik indeks oranları

Süre (Saat)	Doz (ppm)	Toplam hücre sayısı	Bölünen hücre sayısı	Profaz±S.H.*	Metafaz±S.H.*	Anafaz-Telofaz±S.H.*	Mitotik indeks±S.H.*
	Kontrol	1030	166	56.80±0.25 a	18.40±1.17 ac	24.80±0.90 a	16.11±0.82 a
	20	1030	106	62.76±0.63 b	17.57±0.52 a	19.67±0.46 b	10.29±0.46 bf
	40	1026	167	59.34±0.58 c	17.83±0.99 a	22.82±0.72 c	16.27±0.29 a
10	60	1024	132	21.85±0.46 d	21.23±1.26 b	26.93±0.15 d	12.89±0.16 c
	80	1036	75	48.91±0.78 e	21.19±0.54 b	29.90±0.16 e	7.23±0.28 d
	100	1016	118	43.90±1.15 f	21.55±0.79 b	24.55±0.45 a	11.61±1.46 bc
	Kontrol	1037	235	59.88±0.18 c	17.39±0.82 a	22.74±0.25 c	22.66±0.75 e
	20	1016	116	55.66±0.95 a	19.26±0.43 c	25.09±0.40 a	11.41±0.93 bc
	40	1010	124	55.66±0.25 a	21.86±0.71 b	22.59±0.64 cg	12.27±0.48 c
20	60	1023	73	63.71±0.64 b	14.99±1.23 d	21.30±0.23 fhj	7.13±0.21 d
	80	1034	96	62.89±0.43 b	15.57±0.59 d	21.54±0.19 gh	9.28±1.11 f
	100	1040	98	52.46±1.10 g	18.25±0.63 ac	20.23±0.22 bj	9.42±0.97 f

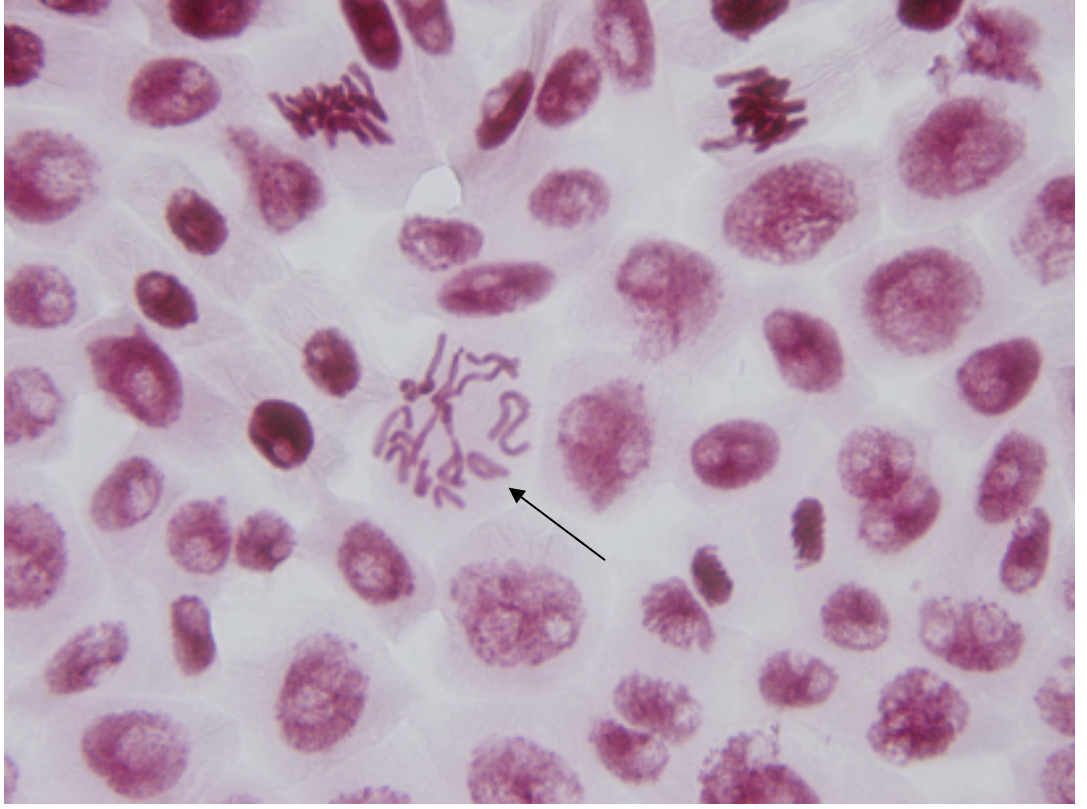
* Her veri üç tekrarin ortalamasıdır. Aynı satırda aynı harflerle belirlenen veriler P> 0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir.

Tablo 3. 1. 5. 2. Kalsiyum propionatın 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu elde edilen toplam hücre sayısı, bölünen hücre sayısı, anormal hücre sayısı ve anormallik tiplerine ait oranlar

Süre (Saat)	Doz (ppm)	Toplam hücre sayısı	Bölünen hücre sayısı	Anafaz köprüsü	C-Mitoz	Kalın	Mik.	Binukleus	Yap.	Toplam hasarlı hücre oranı *
	Kontrol	1030	166	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---- a
	20	1030	106	-----	-----	-----	-----	-----	6.81	6.81 b
	40	1026	167	2.31	2.91	1.70	1.70	-----	-----	8.62 c
10	60	1024	132	-----	-----	3.40	4.94	1.86	-----	10.20 d
	80	1036	75	2.43	17.10	5.10	-----	---	2.43	27.06 e
	100	1016	118	4.57	7.18	-----	2.83	1.96	-----	16.54 f
	Kontrol	1037	235	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---- a
	20	1016	116	2.70	-----	1.90	6.70	-----	-----	11.30 d
	40	1010	124	3.10	-----	-----	11.10	2.10	4.10	20.4 g
20	60	1023	73	6.65	3.22	3.22	2.20	-----	-----	15.29 f
	80	1034	96	5.54	3.32	4.80	-----	-----	-----	13.66 h
	100	1040	98	3.10	15.10	2.10	16.65	-----	3.10	40.05 j

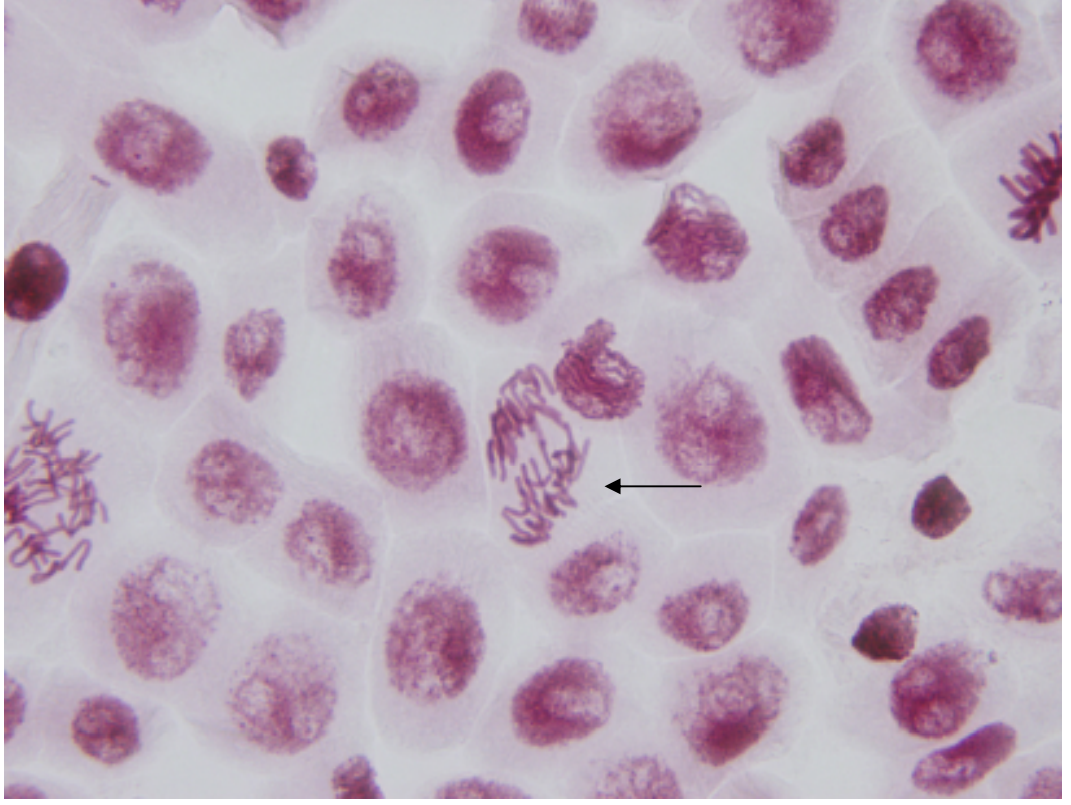
Her veri üç tekrarın ortalamasıdır. Aynı satırda aynı harflerle belirlenen veriler $P > 0.05$ olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir.

Mik.= Mikronukleus, Yap.= Yapışkanlık



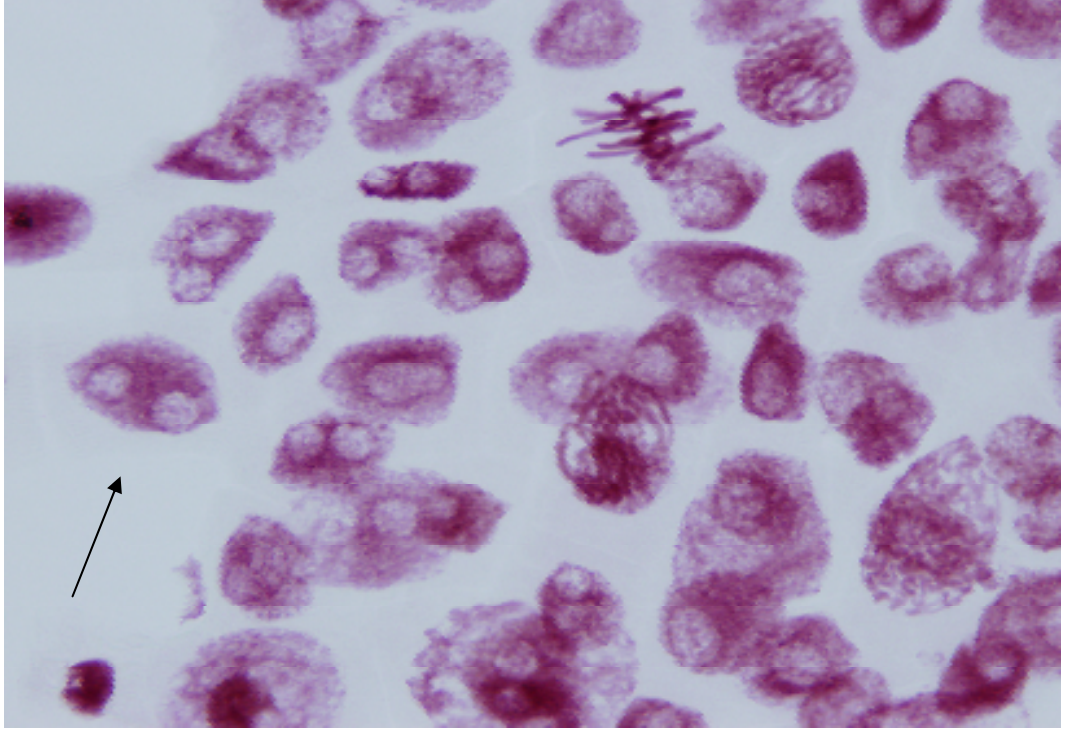
Şekil 3. 1. C-mitoz

Sodyum metabisülfitin farklı dozları ile muamele edilen *A. cepa* kök ucu hücrelerinde gözlenen anormallik tipi (200x)



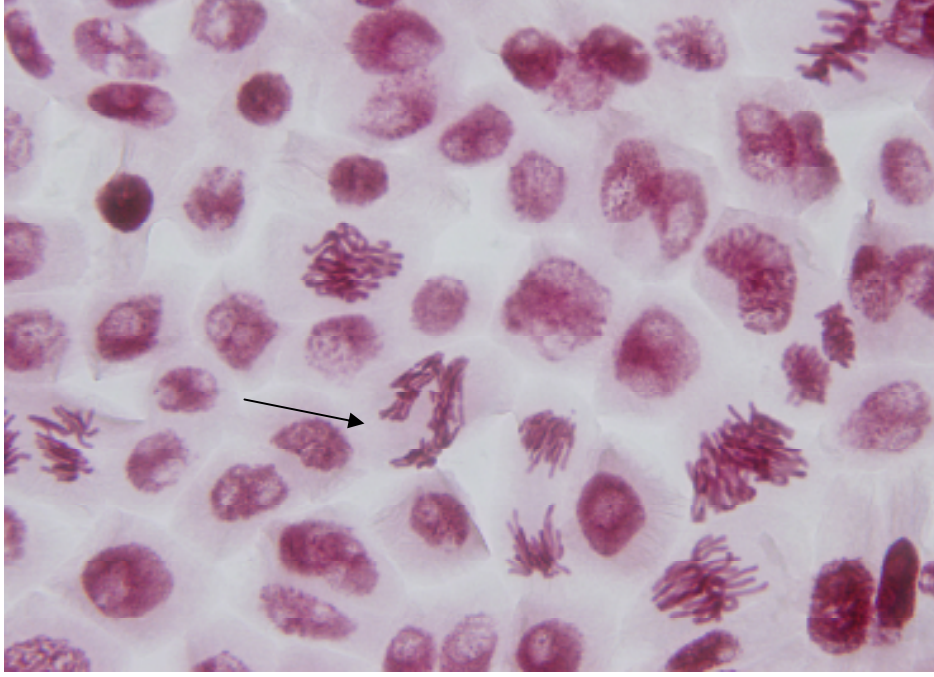
Şekil 3. 2. Anafaz köprüsü

Sodyum metabisülfidin farklı dozları ile muamele edilen *A. cepa* kök ucu hücrelerinde gözlenen anormallik tipi (200x)



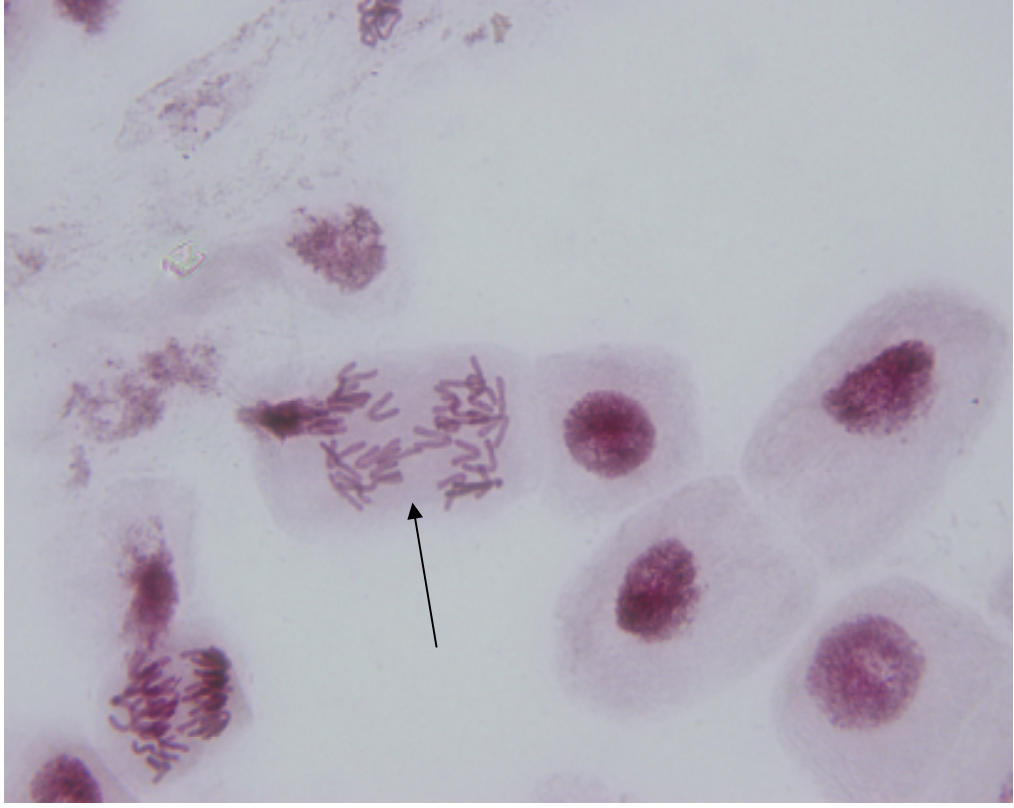
Şekil 3. 3. Binukleus

Sodyum metabisülfidin farklı dozları ile muamele edilen *A. cepa* kök ucu hücrelerinde gözlenen anormallik tipi (200x)



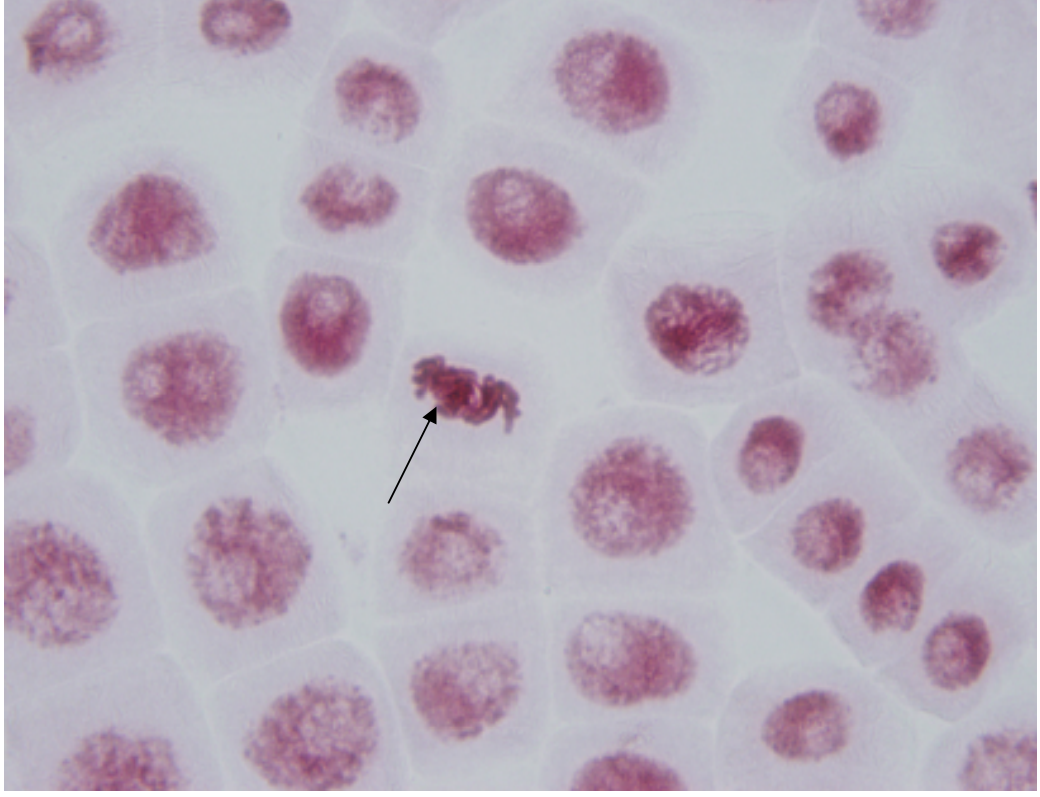
Şekil 3. 4. Yapışkanlık

Sodyum metabisülfidin farklı dozları ile muamele edilen *A. cepa* kök ucu hücrelerinde gözlenen anormallik tipi (200x)



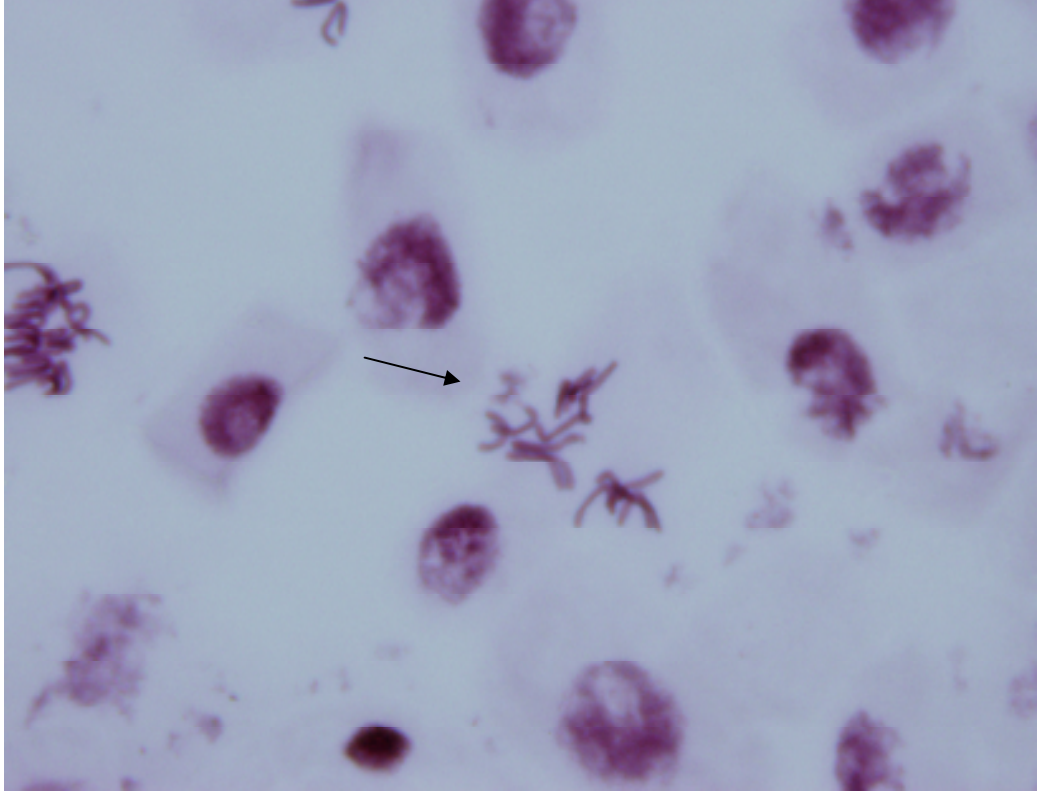
Şekil 4. 1. C-mitoz

Potasyum metabisülfıt, farklı dozları ile muamele edilen *A. cepa* kök ucu hücrelerinde gözlenen anormallik tipi (200x)



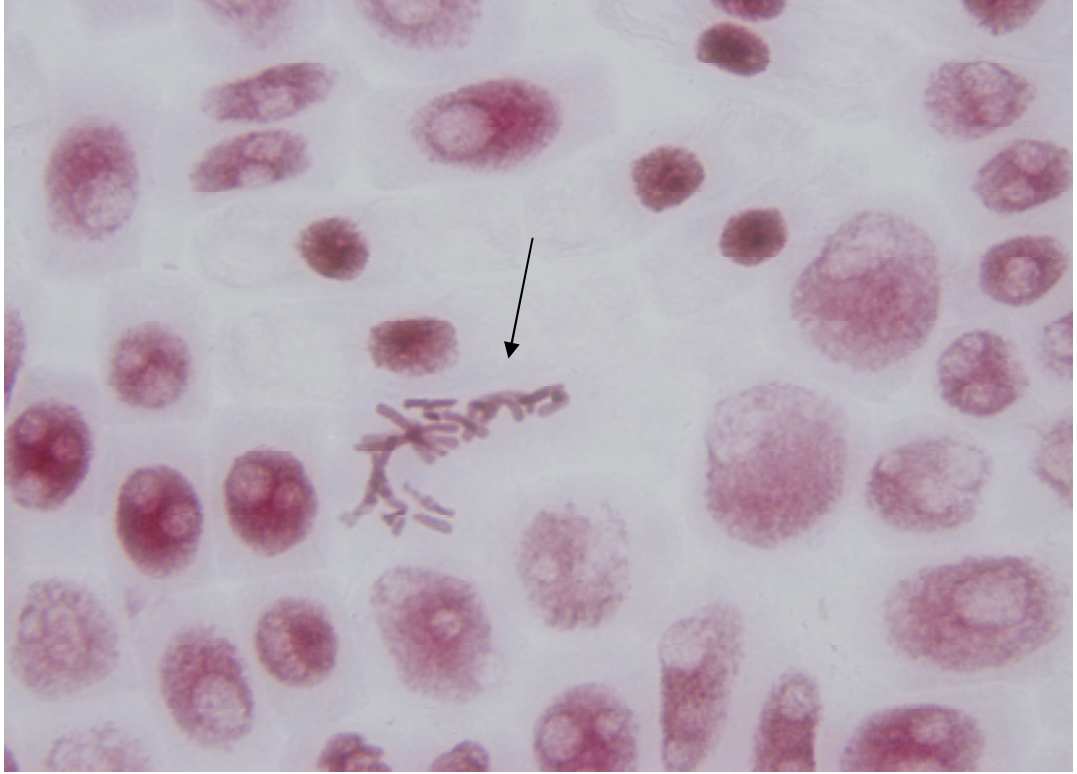
Şekil 4. 2. Yapışkanlık

Potasyum metabisülfid, farklı dozları ile muamele edilen *A. cepa* kök ucu hücrelerinde gözlenen anormallik tipi (200x)



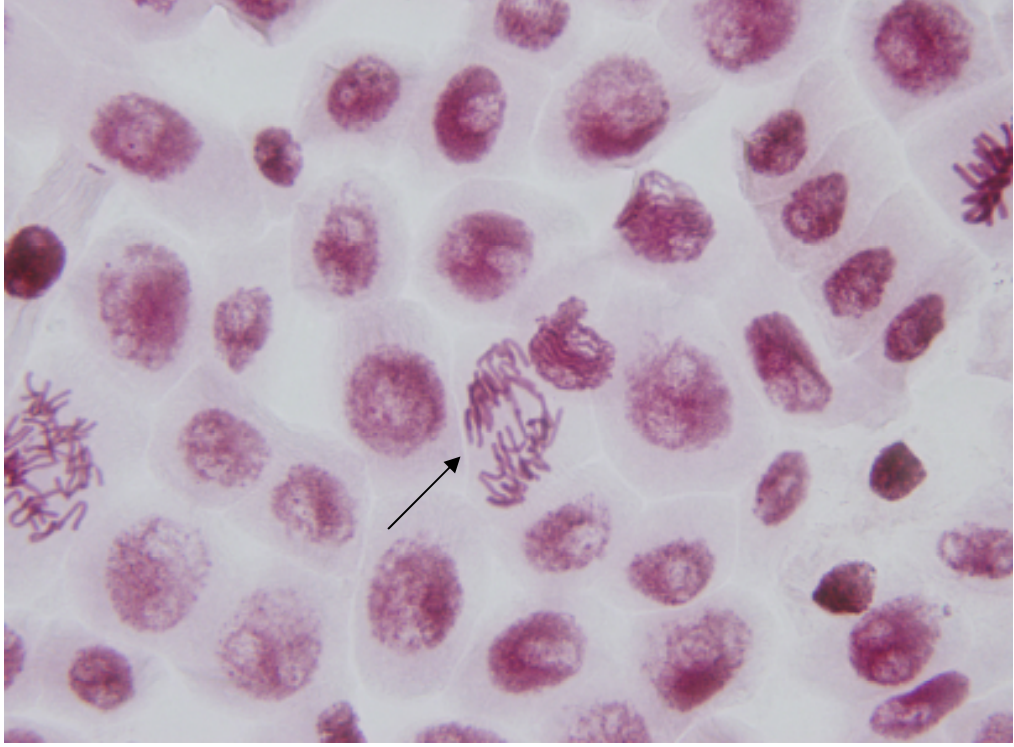
Şekil 4. 3. Düzensiz dağılma

Potasyum metabisülfid, farklı dozları ile muamele edilen *A. cepa* kök ucu hücrelerinde gözlenen anormallik tipi (200x)



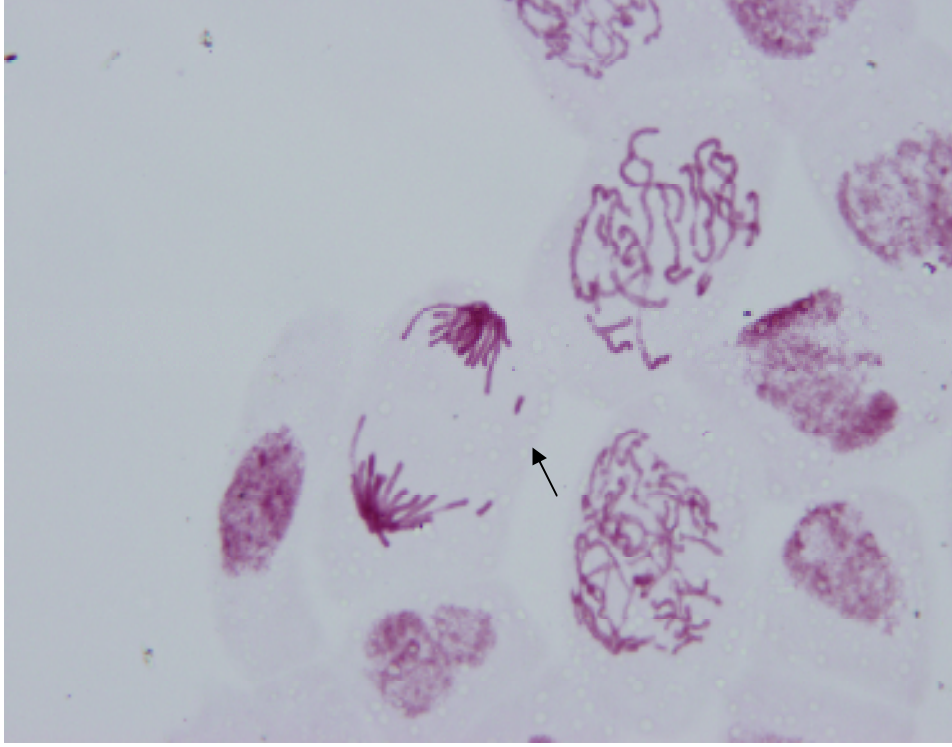
Şekil 5. 1. C-mitoz

Sodyum propionat, farklı dozları ile muamele edilen *A. cepa* kök ucu hücrelerinde gözlenen anormallik tipi (200x)



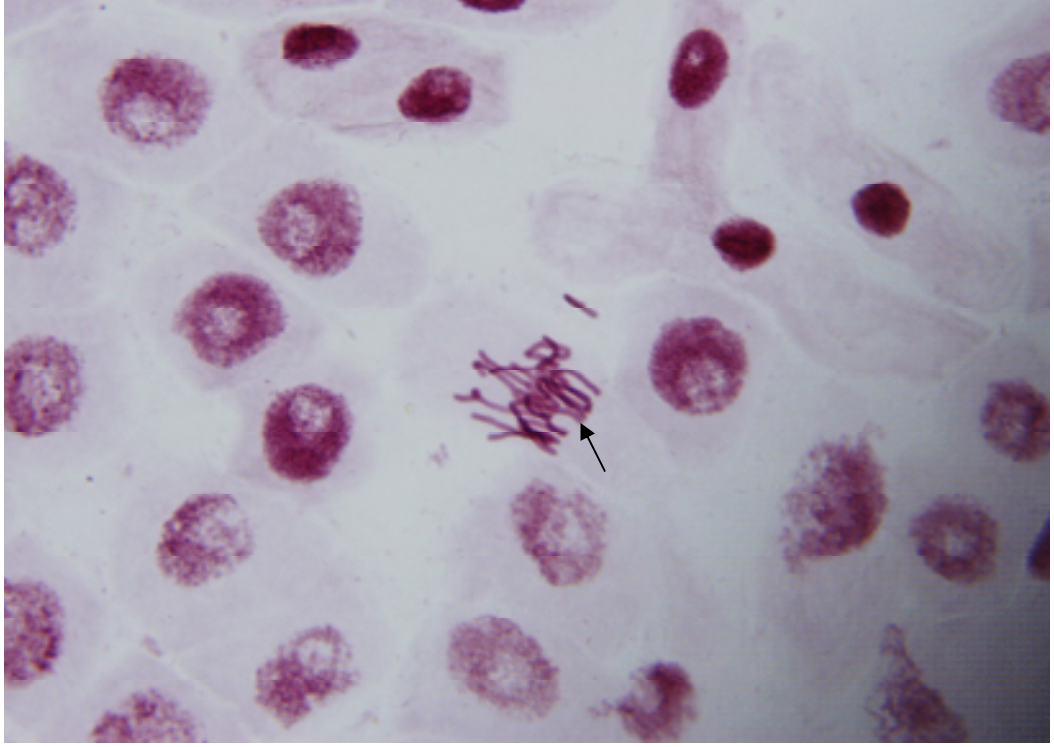
Şekil 5. 2. Anafaz köprüsü

Sodyum propionat, farklı dozları ile muamele edilen *A. cepa* kök ucu hücrelerinde gözlenen anormallik tipi (200x)



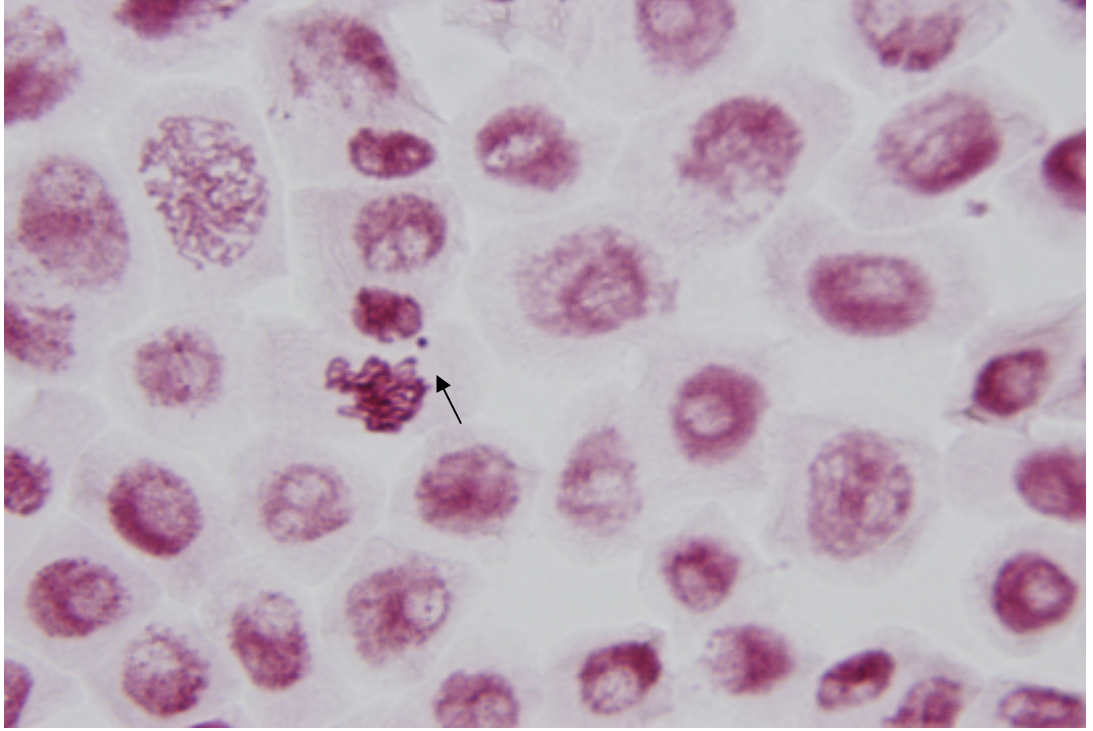
Şekil 5. 3. Kırılma (Kırık)

Sodyum propionat farklı dozları ile muamele edilen *A. cepa* kök ucu hücrelerinde gözlenen anormallik tipi (200x)



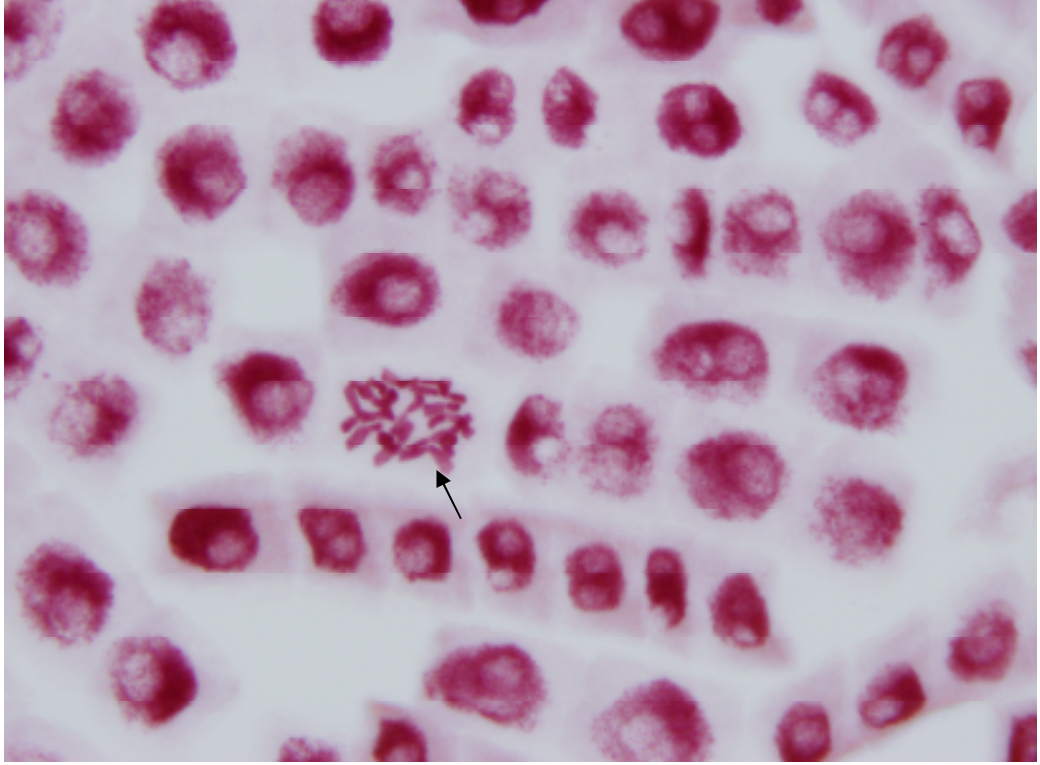
Şekil 5. 4. Kalgın Kromozom

Sodyum propionat, farklı dozları ile muamele edilen *A. cepa* kök ucu hücrelerinde gözlenen anormallik tipi (200x)



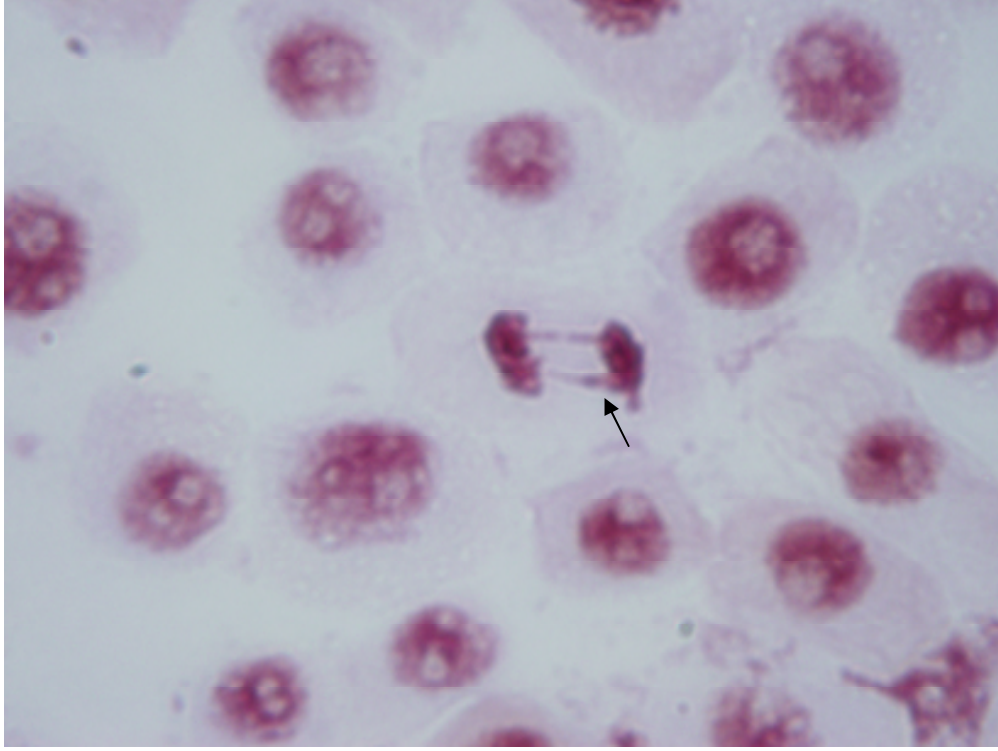
Şekil 5. 5. Mikronukleus

Sodyum propionat, farklı dozları ile muamele edilen *A. cepa* kök ucu hücrelerinde gözlenen anormallik tipi (200x)



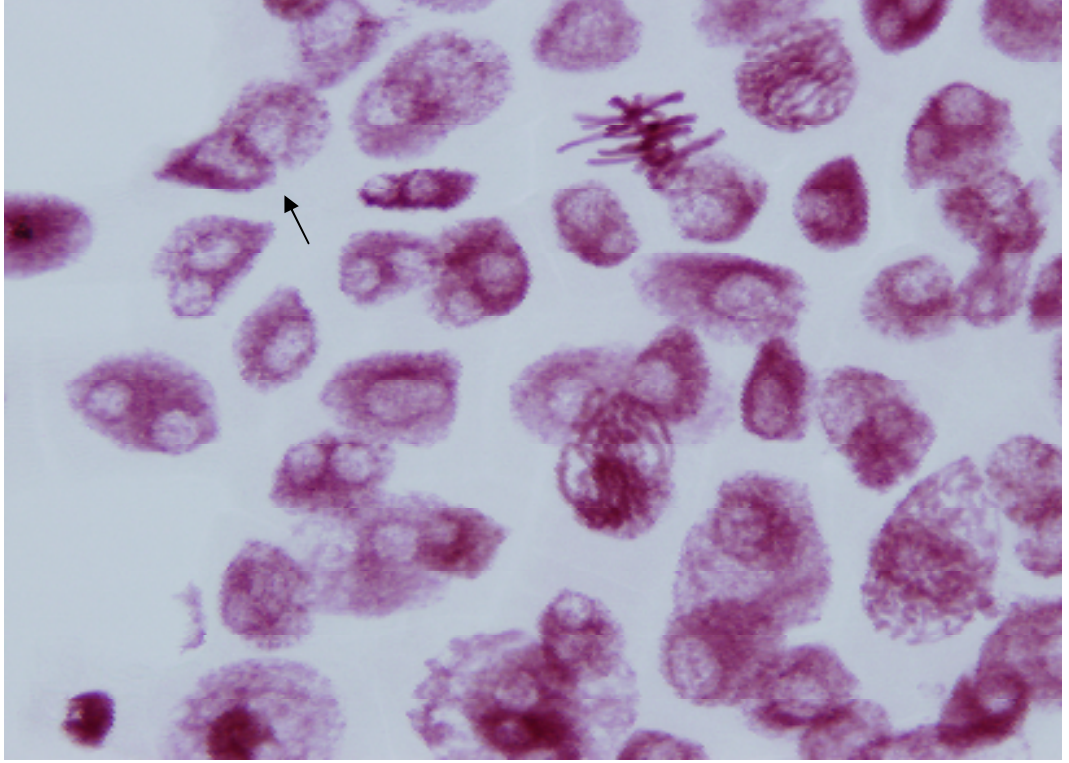
Şekil 6. 1. C-mitoz

Potasyum propionat farklı dozları ile muamele edilen *A. cepa* kök ucu hücrelerinde gözlenen anormallik tipi (200x)



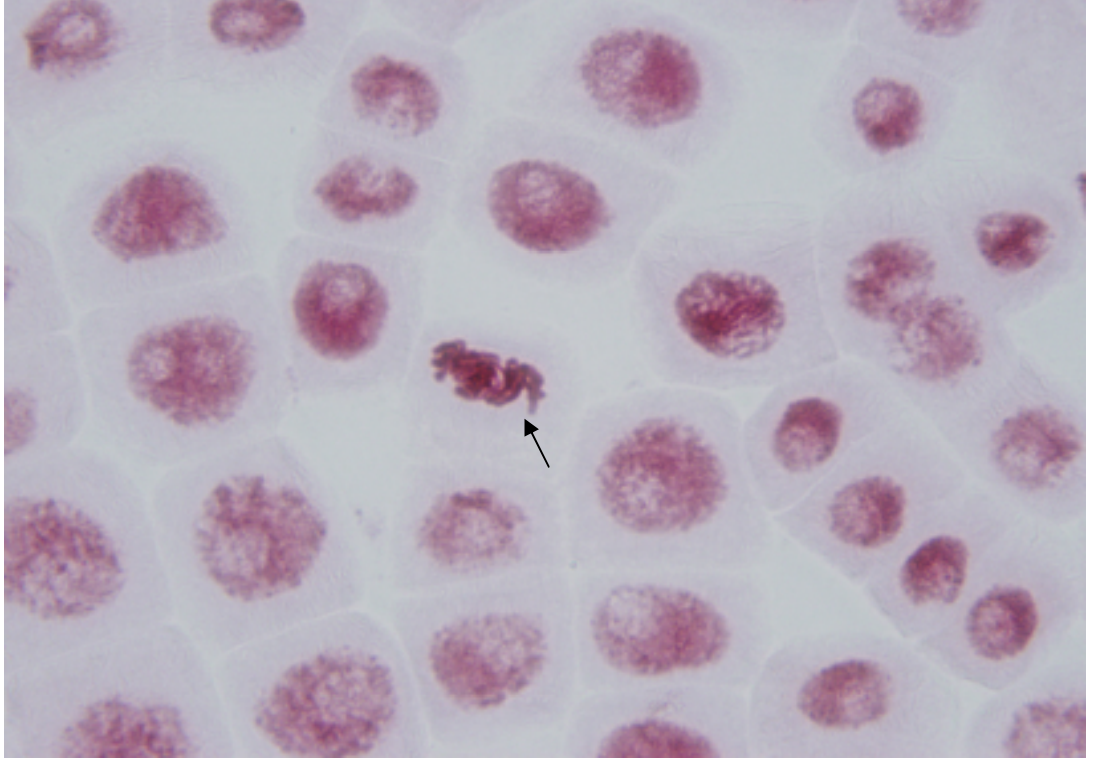
Şekil 6. 2. Anafaz köprüsü

Potasyum propionat farklı dozları ile muamele edilen *A. cepa* kök ucu hücrelerinde gözlenen anormallik tipi (200x)



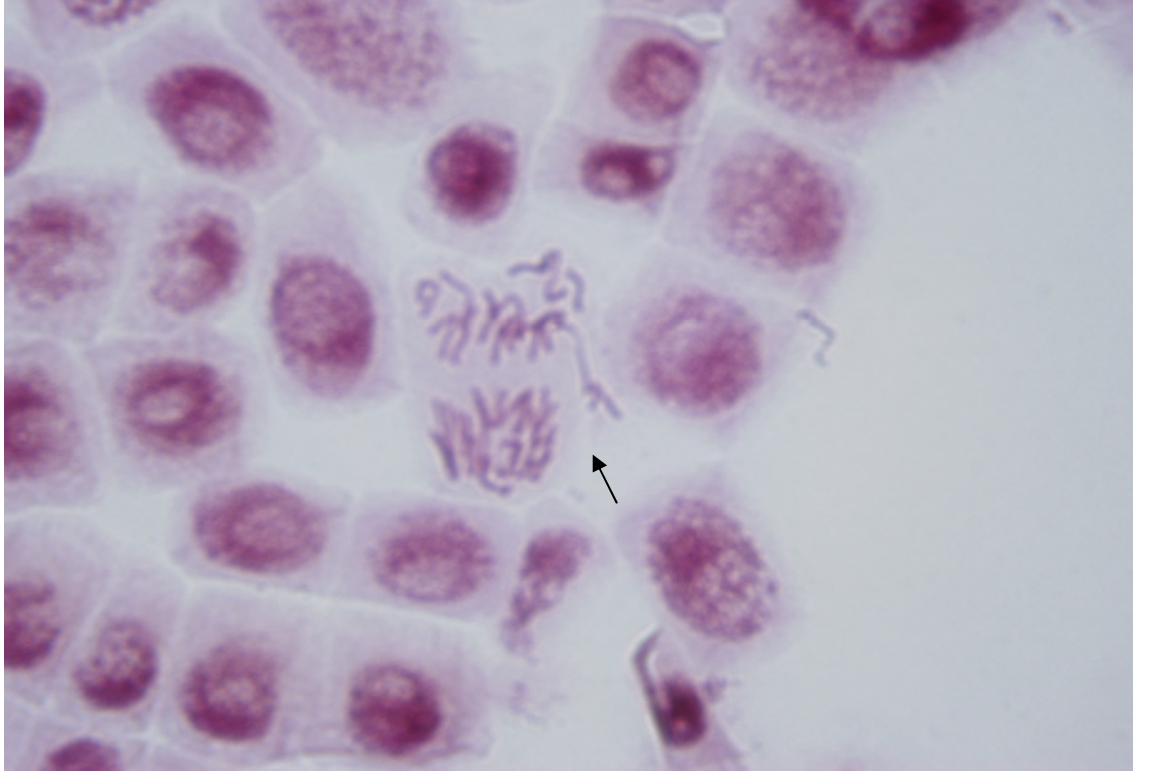
Şekil 6. 3. Binukleus

Potasyum propionat farklı dozları ile muamele edilen *A. cepa* kök ucu hücrelerinde gözlenen anormallik tipi (200x)



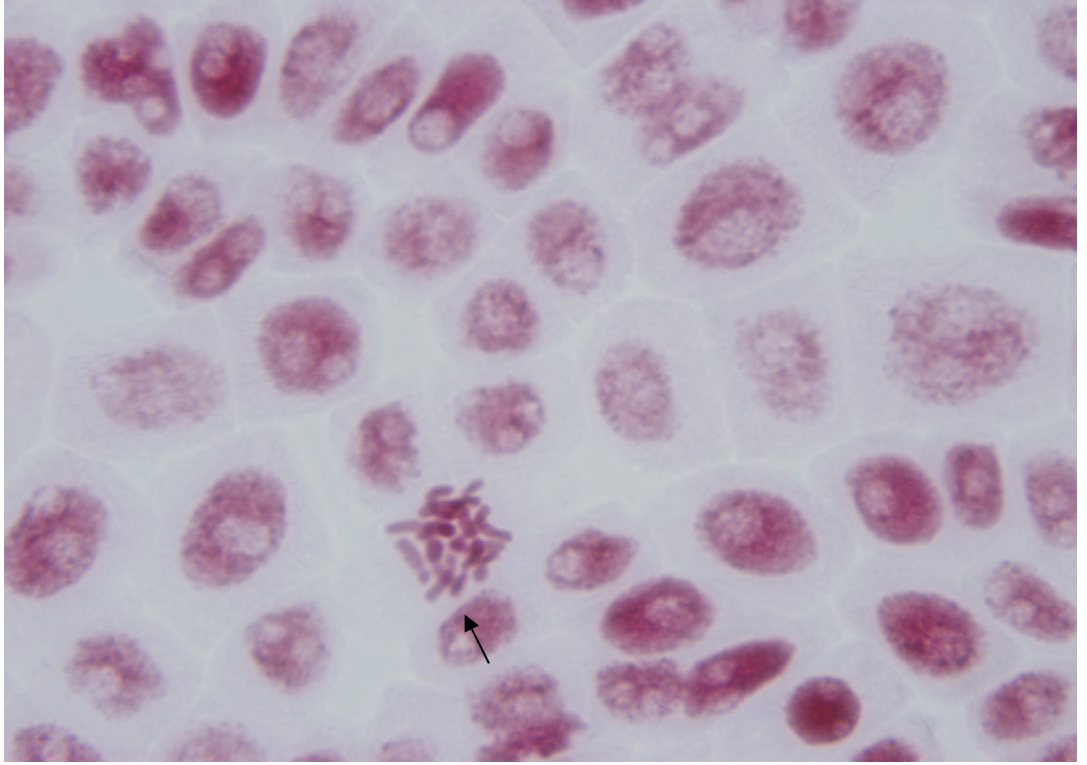
Şekil 6. 4. Yapışkanlık

Potasyum propionat farklı dozları ile muamele edilen *A. cepa* kök ucu hücrelerinde gözlenen anormallik tipi (200x)



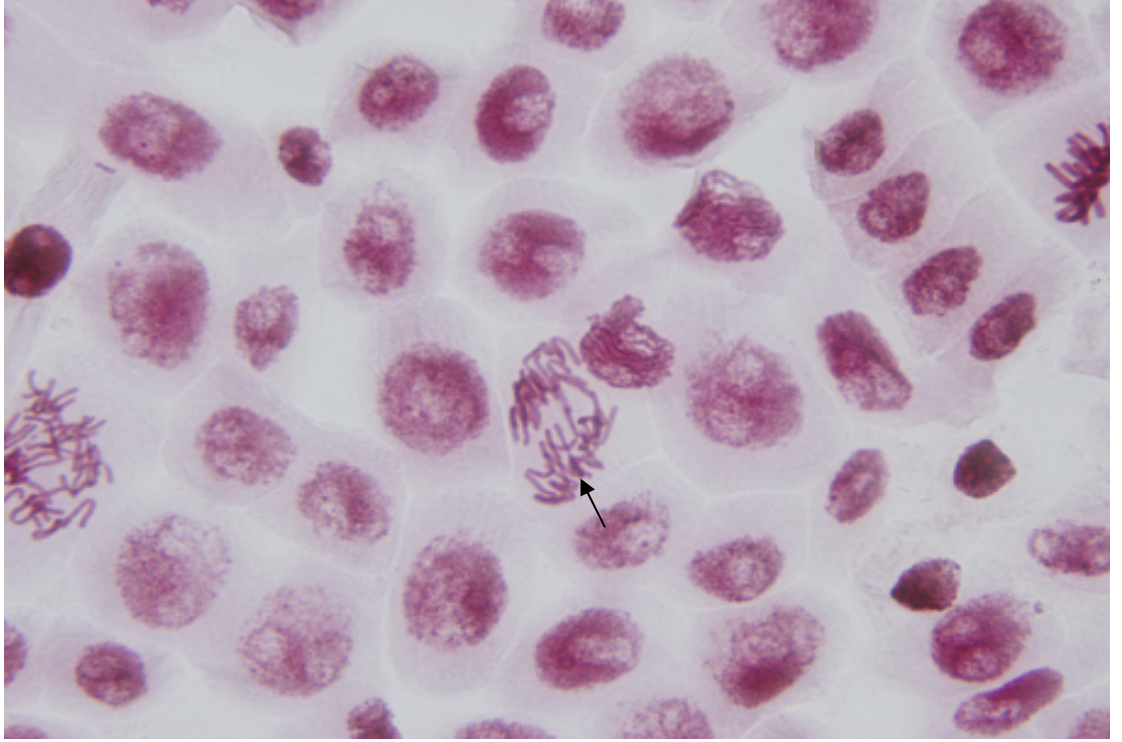
Şekil 6. 5. Düzensiz dağılma

Potasyum propionat farklı dozları ile muamele edilen *A. cepa* kök ucu hücrelerinde gözlenen anormallik tipi (200x)



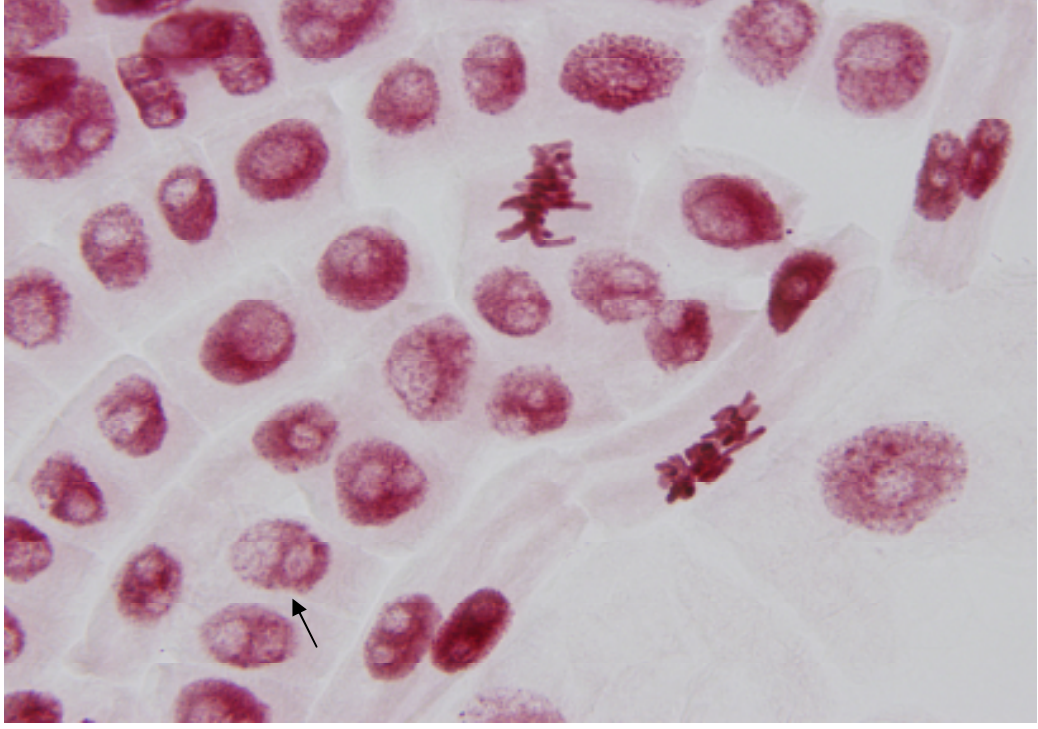
Şekil 7. 1. C-mitoz

Kalsiyum propionatın farklı dozları ile muamele edilen *A. cepa* kök ucu hücrelerinde gözlenen anormallik tipi (200x)



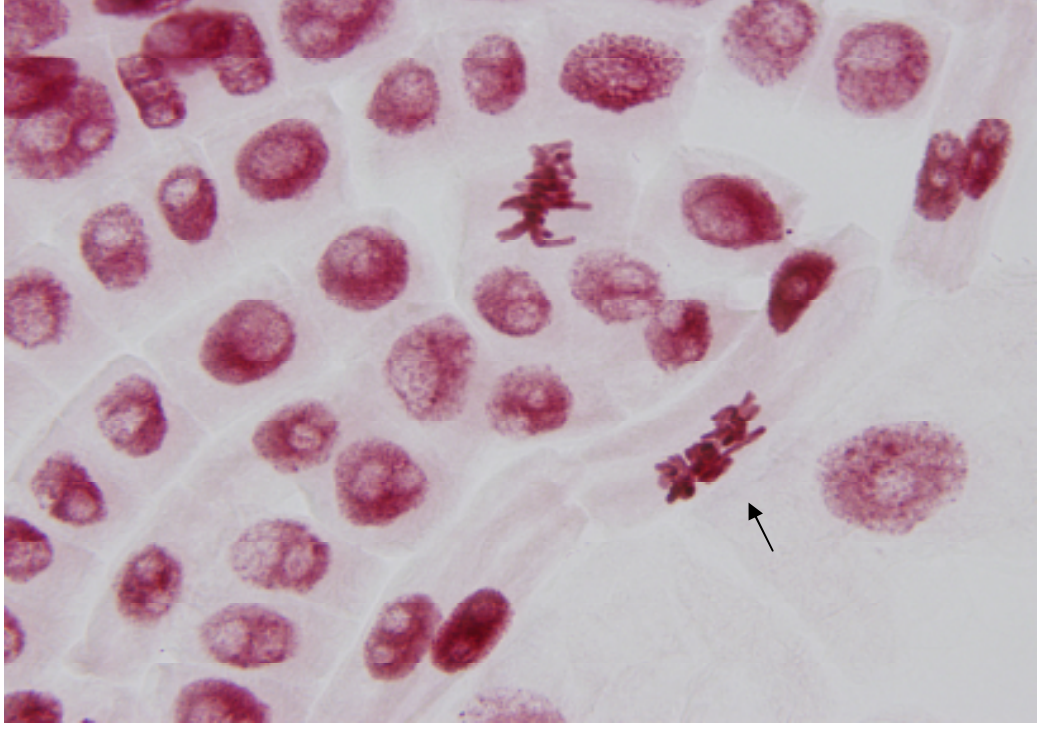
Şekil 7. 2. Anafaz köprüsü

Kalsiyum propionatın farklı dozları ile muamele edilen *A. cepa* kök ucu hücrelerinde gözlenen anormallik tipi (200x)



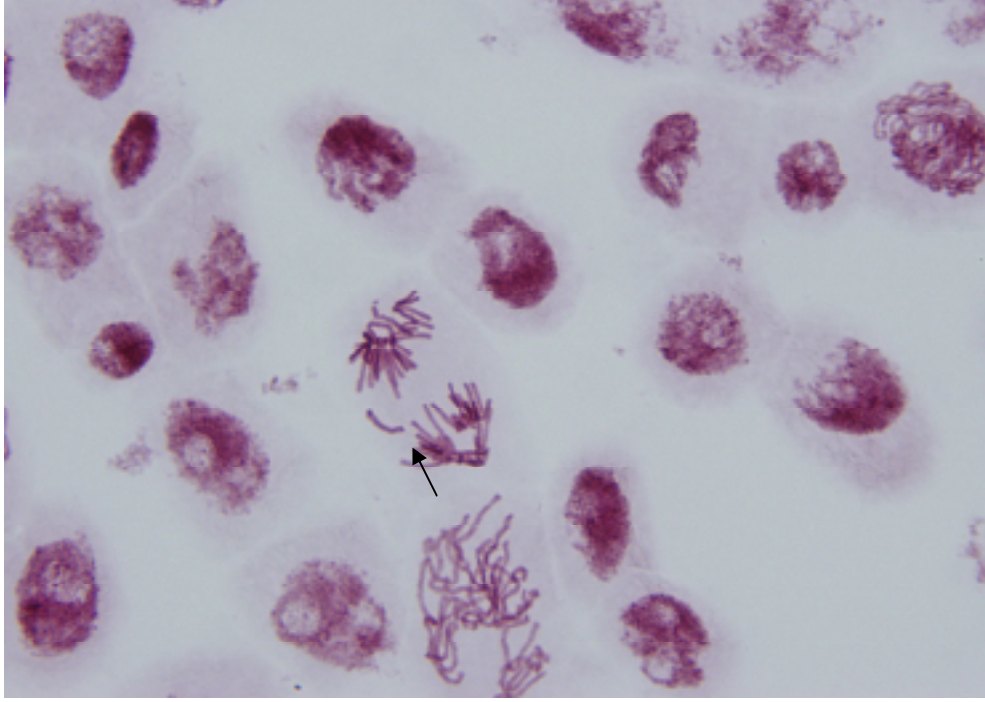
Şekil 7. 3. Binukleus

Kalsiyum propionatın farklı dozları ile muamele edilen *A. cepa* kök ucu hücrelerinde gözlenen anormallik tipi (200x)



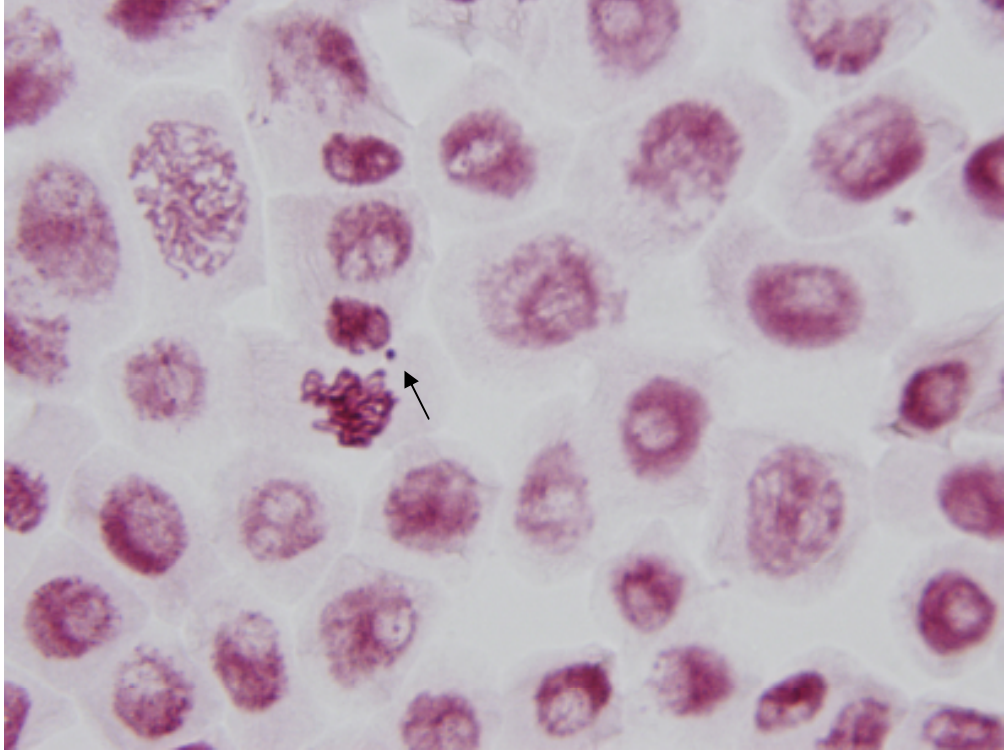
Şekil 7. 4. Yapışkanlık

Kalsiyum propionatın farklı dozları ile muamele edilen *A. cepa* kök ucu hücrelerinde gözlenen anormallik tipi (200x)



Şekil 7. 5. Kalgın Kromozom

Kalsiyum propionatın farklı dozları ile muamele edilen *A. cepa* kök ucu hücrelerinde gözlenen anormallik tipi (200x)



Şekil 7. 6. Mikronukleus

Kalsiyum propionatın farklı dozları ile muamele edilen *A. cepa* kök ucu hücrelerinde gözlenen anormallik tipi (200x)

3. 2. 2C Çekirdek DNA Miktarı Üzerine Etkileri

Sodyum metabisülfite, potasyum metabisülfite, sodyum propionat, potasyum propionat ve kalsiyum propionat ın 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu 2C çekirdek DNA miktarı için elde edilen veriler Tablo 3. 2. 1 de görülmektedir.

Sodyum metabisülfitin yukarıda belirtilen dozlarının 10 ve 20 saat süre ile test materyaline uygulanması sonucu, uygulama grupları kendi aralarında ayrı ayrı karşılaştırıldığında, kontrol grupları ile diğer uygulama grupları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Her iki süreye ait gruplar birbirleri ile karşılaştırıldığında kontrol grupları arasında farkın olmadığı gözlenmiştir. Ayrıca 10 saatlik uygulama periyoduna ait 60 ppm ve 20 saatlik uygulama periyoduna ait 40 ppm lik grup arasında; 10 saatlik uygulama periyoduna ait 80 ppm ve 20 saatlik uygulama periyoduna ait 60 ppm lik grup arasında da istatistiksel olarak önemli bir fark bulunamamıştır. Bunlara ek olarak 100 ppm lik (10 saat için) grup ile 80 ppm lik (20 saat için) grup arasında da bir tespit edilememiştir.

Potasyum metabisülfitin *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu 2C DNA miktarı 90.02 pg dan 20.52 pg a kadar değişim göstermiştir. DNA miktarında genel olarak bir azalmanın meydana geldiği ve bununda doz artışına paralel gerçekleştiği gözlenmiştir. Uygulama sürelerine ait gruplar kendi aralarına ve birbirleriyle karşılaştırılmış ve kontrol grupları ile diğer uygulama grupları arasında istatistiksel olarak fark bulunduğu tespit edilmiştir. Buna karşılık her iki uygulama periyoduna ait kontrol 20 ppm, 40 ppm ve 80 ppm lik dozlar arasındaki farkın önemsiz olduğu da belirlenmiştir.

Sodyum propionata ait veriler incelendiğinde, yine kontrol grupları ile diğer gruplar arasında istatistiksel fark bulunduğu tespit edilmiştir. 10 saatlik uygulama periyoduna ait 40 ppm, 60 ppm ile 20 saatlik uygulama periyoduna ait 20 ppm lik gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı da kaydedilmiştir.

Potasyum propionatın farklı dozlarının 10 ve 20 saat süre ile *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu, kontrol gruplar ile diğer uygulama grupları arasında istatistiksel olarak fark bulunduğu tespit edilmiştir. Buna karşılık her iki süreye ait 20 ppm lik uygulama grupları arasında önemli bir fark bulunmadığı belirlenmiştir. Buna ek olarak 80 ppm (10 saat için) ile 40 ppm (20 saat için) arasında da fark olmadığı gözlenmiştir.

Son madde olan kalsiyum propionatın farklı dozları ile muamele edilen test materyalinde 2C çekirdek DNA miktarı incelendiğinde, diğer dört madde de olduğu gibi, bu maddede de kontrol grupları ile diğer uygulama grupları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. 10 saatlik uygulama periyoduna ait 40 ppm ve 60 ppm lik gruplar hariç diğer tüm gruplar arasındaki farkın da önemli olduğu gözlenmiştir.

Tablo 3. 2. 1. Sodyum metabisülfid, potasyum metabisülfid, sodyum propionat, potasyum propionat ve kalsiyum propionatın 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu elde edilen 2C çekirdek DNA miktarları (mikrogram olarak)

Süre (Saat)	Doz (ppm)	Sodyum metabisülfid ORT.±S. H.*	Potasyum metabisülfid ORT.±S. H.*	Sodyum propionat ORT.±S. H.*	Potasyum propionat ORT.±S. H.*	Kalsiyum propionat ORT.±S. H.*
10	Kontrol	89.66±0.25 a	90.02±0.31 a	81.75±0.14 a	87.13±0.51 a	90.00±0.25 a
	20	68.41±0.15 b	57.40±0.00 b	76.23±0.21 b	84.19±0.65 b	78.63±0.14 b
	40	62.97±0.25 c	50.16±0.34 c	71.42±0.13 c	72.59±1.20 c	73.80±0.40 c
	60	54.75±0.30 d	42.38±0.15 d	70.59±0.90 c	66.25±0.38 d	73.79±0.56 c
	80	50.70±0.10 e	30.27±0.42 e	52.43±0.00 d	63.39±0.49 e	50.00±0.00 d
	100	42.82±0.23 f	27.25±0.11 f	50.51±0.42 e	50.48±0.61 f	42.91±0.50 e
20	Kontrol	89.28±0.52 a	90.14±0.00 a	82.64±0.54 a	89.50±0.10 g	89.97±0.36 a
	20	61.27±0.22 g	56.11±0.43 b	72.01±0.00 c	84.29±0.34 b	69.23±0.14 f
	40	59.21±0.81 d	50.00±0.00 c	68.19±0.71 f	66.35±0.26 d	46.21±0.67 g
	60	50.07±0.08 e	38.10±0.61 g	48.51±0.49 g	60.41±0.14 h	35.92±0.35 h
	80	43.25±0.57 f	30.25±0.19 e	44.00±0.00 h	42.63±0.85 j	25.66±0.09 j
	100	Toksik	22.52±0.18 h	30.15±1.01 j	47.00±0.12 k	28.23±0.42 k

ORT.±S. H.: Ortalama±Standart Hata; *: Her veri üç tekrarı ortalamasıdır. Aynı satırda aynı harflerle belirlenen veriler P> 0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir.

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Gıda katkı maddeleri, gıdalara bazı niteliklerin kazandırılması, bir teknoloji veya modernizasyon gereği katılan maddelerdir. Günümüzde hızla gelişen sanayi paralelinde mikrobiyal ve oksidatif bozulmalara dayanıklı ve kalite özellikleri değişen tüketici gereksinimlerini karşılayacak biçimde formüle edilmiş gıda üretimini sağlamak amacıyla, bu maddelerin kullanımları giderek yaygınlaşmaktadır. Katkı maddelerinin gıdalarda pekçok yararlı işlevi bulunmaktadır. Günümüzde artık insanların çoğunun kırsal bölgelerde yaşamamaları nedeniyle, gıdanın üretildiği yerden çok uzak ülkelere kadar bozulmadan ulaştırılabilmesi ancak katkı maddelerinin kullanımı ile mümkün olabilmektedir. Katkıların, gıdaların dayanıklılıklarını arttırmalarının yanı sıra görünüş, lezzet ve doku gibi duyuşal özelliklerinin düzeltilmesi ve geliştirilmesi, besleyici değerin korunması gıda işlemenin değişik aşamalarında yardımcı olmak gibi pekçok işlevleri bulunmaktadır.

Gıdalarda kullanımına izin verilen katkı maddelerinin denetlenmesi gıda kontrolü açısından önemli olup, katkıların gıda saflığında olmaları, gıdalarda izin verilen sınırları aşmamaları ve taklit gıda yapımında kullanılmalarının engellenmesi gibi konularda denetimin sağlanması gerekmektedir. Dünyadaki tüm gelişmiş ülkelerde yasa ve yönetmeliklerde öngörüldüğü şekilde denetlenen katkı maddesi kullanımı bugün olduğu gibi gelecekte de gıda endüstrisinin önemli bir parçasını oluşturmayı sürdürecektir.

Bu maddeler günlük hayatımızda bu kadar yer tutmalarına karşılık, canlılar üzerine olan etkilerini içeren çalışmalar yeterli değildir. Günümüzde katkı maddelerinin toksikolojik değerlendirmelerde akut, genetik ve farmakokinetik çalışmalara yer verilmekte, üreme organlarına olan teratojenik, mutajenik ve kanserojenik etkileri ile ilgili araştırmalar gerçekleştirilmektedir. Bu araştırmalar ilk etapta deney materyalleri ile gerçekleştirilmekte ve daha sonra elde edilen sonuçlar değerlendirilerek söz konusu maddenin insan gıdalarında katkı maddesi olarak kullanımına karar verilmektedir.

Bu çalışma ile, gıdalarımızda katkı maddesi olarak kullanılan sodyum metabisülfid, potasyum metabisülfid, sodyum propionat, potasyum propionat ve

kalsiyum propinatın bir deney materyali olan *Allium cepa*’ da mitoz bölünme, kromozomlar ve DNA miktarı üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Elde edilen verilerin, bu maddelerin insan gıdalarında kullanımının ne ölçüde güvenilir olacağına dair ön bilgiler vereceği düşünülmektedir.

Sodyum metabisülfite, potasyum metabisülfite, sodyum propionat, potasyum propionat ve kalsiyum propinatın 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu elde edilen mitotik safhaların oranlarına ait veriler Tablo 3. 1. 1. 1, Tablo 3. 1. 2. 1., Tablo 3. 1. 3. 1., Tablo 3. 1. 4. 1 ve Tablo 3. 1. 5. 1. de görülmektedir. Mitotik safha oranlarındaki değişimler, birçok kimyasal maddelerin farklı test sistemlerine uygulanması sonucu, değişik bilimsel çalışmalar sonunda da tespit edilmiştir. El-Khodary ve ark. (1989), bir herbisit olan Garlon4’ ü *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uyguladıkları çalışma sonunda, mitotik safha oranlarının, uygulanan kimyasalın doz ve uygulama sürelerine paralel olarak değiştiğini tespit etmişlerdir. Maddenin düşük dozlarında profaz safhası oranı artarken, yüksek dozlarında metafaz safhası oranının arttığı tespit edilmiştir. El-Ghamery ve Ark. (2000), atrazin herbisitini *Allium cepa* ve *Vicia faba* kök meristemlerine uygulamışlar ve çalışma sonunda her iki bitkide de madde muamelesini takiben profaz safhası oranında bir artma buna karşılık diğer safhaların oranlarında azalma meydana geldiğini belirtmişlerdir. Rencüzoğulları ve ark. (2001a), bir gıda koruyucu madde olan ve bu çalışmada da kullanılan maddelerden biri olan sodyum metabisülfite *Allium cepa* kök ucu hücrelerinde sitogenetik etkilerini incelemişlerdir. Madde uygulanmasını takiben, sodyum metabisülfite kullanılan dozlarının 10 saatlik uygulama periyodu sonunda profaz safhası oranını arttırdığını, anafaz-telofaz safhası oranlarını ise azalttığını belirlemişlerdir. Diğer yandan, sodyum metabisülfite 20 saat süre ile test materyaline uygulandığında, en yüksek dozda profaz safhası oranı artarken, anafaz safhası oranının azaldığı tespit edilmiştir. Telofaz safhası oranı ise tüm konsantrasyonlarda genellikle azalmıştır.

Dönbak ve Ark. (2002) yaptıkları çalışmada, gıda katkı maddesi olan borik asiti 1g/l, 2g/l ve 4g/l’ lik dozlarla 10 ve 20 saat süre ile *Allium cepa* kök uçlarına uygulamışlardır. Araştırmacılar yaptıkları mikroskopik incelemeler sonunda bu

maddenin 10 ve 20 saatlik sürelerle uygulanması sonunda profaz safhası oranının artırdığını, anafaz ve telofaz safhası oranlarını ise azalttığını belirlemişlerdir. Ayrıca aynı uygulama periyotlarında metafaz safhası oranının da önemli bir şekilde azaldığı tespit edilmiştir.

Afegan fungusitinin *Allium cepa* meristematik hücrelerine uygulanması sonucu, 24 saatlik uygulama periyodunda profaz ve telofaz safhası oranlarının önemli şekilde azaldığı buna karşılık 12 ve 24 saatlik uygulamalarda metafaz oranının arttığı tespit edilmiştir (Yüzbaşıoğlu, 2003). İnceer ve Ark.(2003), bakır klorürün farklı dozlarını 24 saat süre ile *Heliantus annuus* bitkisinin kök ucu hücrelerine uygulamışlar ve uygulama sonunda anafaz ve telofaz safhası oranlarının azaldığını, buna karşılık metafaz safhası oranının arttığını belirlemişlerdir. Dinocapın *Allium cepa* kök hücrelerindeki mitoz bölünme üzerine olan etkilerini inceleyen Çelik ve Ark. (2005), bu maddenin mitotik safhalarda birkaç doz hariç önemli oranda değişimlere neden olmadığını tespit etmişlerdir. Gömürgen (2005) gıda koruyucular olan potasyum metabisülfite ve potasyum nitratı *Allium cepa* kök uçlarına uygulamış ve çalışma sonucunda bu iki maddenin uygulama süresine ve konsantrasyonlarına bağlı olarak mitotik safha oranlarını değiştirdiğini belirlemiştir. Türkoğlu (2007), beş farklı gıda katkı maddesini *Allium cepa* köklerine uygulamış ve bu maddelerin mitotik safhaların oranlarında değişimler meydana getirdiğini tespit etmiştir.

Yaptığımız bu çalışma ile, kullandığımız gıda koruyucu maddelerin mitotik safhaların oranlarını değiştirdiğini belirledik. Bulgularımız, yukarıda verilen örneklerin bulguları ile paraleldir. Mitotik safhalardaki değişimler, kullanılan kimyasal maddenin dozlarına bağlı olarak S fazındaki DNA sentezinin inhibisyonuna bağlanabilir. Yine kullanılan maddenin doz ve uygulama süresine bağlı olarak iğ ipliği formasyonunu bloke olması da bu safhaların oranlarında değişimlere neden olabilir.

Sodyum metabisülfite, potasyum metabisülfite, sodyum propionat, potasyum propionat ve kalsiyum propionatın, 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu kaydedilen mitotik indeks oranları Tablo 3. 1. 1. 1., Tablo 3. 1. 2. 1., Tablo

3. 1. 3. 1., Tablo 3. 1. 4. 1 ve Tablo 3. 1. 5. 1. de görülmektedir. Mitotik indekste meydana gelen oransal değişimler, birçok kimyasal madde ile muamele edilen test materyallerinde yapılan farklı çalışmalarla ortaya konmuştur. Njagi ve Gopalan (1982), gıda koruyucu olarak kullanılan sodyum benzoat ve sodyum sülfiti *Vicia faba* kök meristemlerine uygulanmışlardır. Araştırmacıları, bu iki maddenin uygulandığı köklere ait hücrelerdeki mitotik indeks oranlarını kontrol grubu ile karşılaştırmışlar ve mitotik indeksin kontrole göre bir azalma gösterdiğini belirlemişlerdir.

Dursban insektisinin *Vicia faba* köklerindeki mitoz bölünme üzerine olan etkilerinin incelendiği bir çalışmada (Amer ve Farah, 1983), bu maddenin mitotik indeksi etkilemediği tespit edilmiştir. Yine bir insektisit olan olan deltamethrinin *Allium cepa* kök meristemleri üzerine sitolojik etkilerini araştıran başka bir çalışma da (Chayhan ve Ark., 1986), bu maddenin doza bağlı olarak mitotik indeksi azalttığı belirlenmiştir.

(Badr, 1986), Terbutryn herbisitinin, *Allium cepa* kök meristemleri üzerine olan etkilerini incelemişler ve maddenin mitotik indeksi doz ve uygulama süresinin artışına paralel olarak azalttığını tespit etmiştir. Aynı çalışmada DNA ve RNA miktarlarında da azalmaların olduğu kaydedilmiştir. Araştırmacı DNA ve RNA miktarındaki azalmanın mitotik aktivitenin inhibe olmasıyla sıkı bir ilişkisinin olduğunu belirtmiştir. Acrylamidenin *Allium cepa* kök ucu hücrelerindeki sitolojik etkilerini inceleyen Shanker ve Ark. (1987), mitotik indeksin tüm dozlarda azaldığını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar bu maddenin iğ ipliği formasyonunu bozduğunu, bu yapıları inhibe ettiğini ve buna bağlı olarak da mitozu engelleyici bir etki oluşturduğunu ileri sürmüşlerdir.

Badr ve Ibrahim (1987), glean herbisitini *Allium cepa* ve *Vicia faba* kök meristemlerine uyguladıkları çalışmada, herbisitinin mitotik indeksi, DNA ve RNA miktarını azalttığını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar mitotik indeks ve nükleik asitlerin miktarındaki azalmanın doz artışına paralel gerçekleştiğini kaydetmişlerdir. Rencüzoğulları ve Ark. (2001a), gıda koruyucu madde olan sodyum metabisülfiti *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulamışlardır. Yapılan mikroskopik incelemeler sonunda, bu maddenin mitotik indeksi bütün uygulama

gruplarında etkin bir şekilde azalttığı tespit edilmiştir. Ayrıca mitotik indeksteki bu azalmanın doz artışına paralel gerçekleştiği de belirtilmiştir.

Yine bir gıda katkı maddesi olan borik asitin *Allium cepa* köklerine uygulanması sonucu da mitotik indeksin önemli oranda azaldığı ancak bu durumun doz artışına paralel gerçekleşmediği tespit edilmiştir (2002). Meng ve Zhang (1992), sodyum bisülfidin insan lenfositlerinde mitotik indeksi azalttığını rapor etmişlerdir. Gömürgen (2005), potasyum metabisülfid ve potasyum nitratla muamele edilen *Allium cepa* hücrelerinde mitotik indeksin azaldığını belirtmiştir. Araştırmacı mitotik indeksteki bu azalmanın açık bir şekilde doz artışına paralel gerçekleştiğini de göstermiştir. Türkoğlu, 2007 yılında yaptığı çalışmada kullandığı 5 farklı gıda katkı maddesinin, test materyali olan *Allium cepa* da mitotik indeksi kontrol gruplarına nazaran düşürdüğünü tespit etmiştir. Mitotik indeksteki bu azalma doz artışına paralel değildir. Buna karşılık uygulama süresinin 5 saatten 20 saate yükselmesi ile mitotik indeks oranında önemli bir azalmanın olduğunu belirtmiştir.

Yapılan bu çalışmada elde edilen veriler yukarıda açıklanan birçok çalışma sonucu elde edilen verilere paralellik göstermektedir. Mitotik indeks oranındaki azalmalar mitotik inhibisyonlara bağlanabilir. Kimyasal bir madde birkez hücrelerle temas edip, kritik konsantrasyonlarda hücre içinde kalırsa, hücre döngüleri arasında bozulmalara neden olan aktif bir form oluşturabilir. Bu olumsuz etki uygulama periyodunun uzamasına bağlı olarak gittikçe artabilir. Schreiderman ve Ark. (1971) ve Sudhakar ve Ark. (2001) mitotik aktivitedeki azalmanın DNA sentezinin inhibisyonu ile gerçekleşebileceğini ileri sürmektedirler. Van't Hof (1968) hücre siklusunda G₂ fazının bloke olması veya uzaması ile hücrenin mitoz girmesinin engellendiğini veya geciktiğini bunun da mitotik indeksi azalttığını belirtmektedir. Yaptığımız bu çalışma sonunda elde ettiğimiz veriler ışığında, kullandığımız bu beş gıda katkı maddesinin birer antimikotik ajan olduğunu söyleyebiliriz. Bu maddeler mikotik aktivitedeki azaltıcı etkilerini üç şekilde gerçekleştirebilirler;

- (a) Mitozun normal gelişiminin engellenmesi. Bu durum interfaz sırasında mitotik hücre siklusunun bloke edilmesine ve böylece profaza girecek hücre sayısının azalmasına neden olabilir. (Rijstenbil ve Poortuliet, 1992)
- (b) G₂ peryodu ve profaz safhasının süresinin uzaması.
- (c) Bazı hücrelerde mitozun sürekli olarak inhibe edilmesi (Borboa, 1996; Duan ve Warg, 1995)

Bu maddelerin hücre siklusu üzerinde etkili olduklarını ve bunun sonucunda mitotik indeks oranında azalmalara neden olduklarını kabul edebiliriz. Bu çalışma ile elde ettiğimiz verilerin ve ileri sürdüğümüz görüşlerin desteklenebilmesi için moleküler düzeyde çalışmalara ihtiyaç vardır.

Sodyum metabisülfid, potasyum metabisülfid, sodyum propionat, potasyum propionat ve kalsiyum propionatın, 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm ve 100 ppm lik dozlarının 10 ve 20 saat süre ile *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulanması sonucu kromozomlarda anormalliklerin meydana geldiği tespit edilmiştir. Gözlenen anormallikler ve oranları Tablo 3. 1. 1. 2, Tablo 3. 1. 2. 2., Tablo 3. 1. 3. 2., Tablo 3. 1. 4. 2. ve Tablo 3. 1. 5. 2. de görülmektedir. Ayrıca tespit edilen anormalliklere ait fotoğraflar Şekil 3. 1-3. 8 de görülmektedir.

Yapılan incelemeler sonunda gözlenen kromozom anormallikleri en yüksek orandan en düşüğe doğru olmak üzere sırası ile; C-mitoz, anafaz köprüsü, kromozom yapışkanlığı, mikronukleus, binukleus, kalgın kromozom, kromozom kırığı ve kromozomların düzensiz dağılımlarıdır. Tablolardan da görülebileceği gibi bu anormallik tipleri uygulanan maddeye göre oransal değişiklikler göstermiştir.

Mitotik kromozomlarda meydana gelen bu tip anormallikler gerek gıda katkı maddeleri, gerekse pestisitler gibi çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak gerçekleştirilen birçok çalışmada bilim adamları tarafından kaydedilmiştir. Njagi ve Gopalan (1982) tarafından yapılan bir çalışmada, gıda koruyucu maddeler olan sodyum benzoat ve sodyum sülfid *Vicia faba* kök ucu hücrelerine uygulanmıştır. Çalışma sonunda, araştırmacılar bu maddelerin bitki kök ucu hücrelerinde anafaz köprüsü ve mikronukleus oluşumlarına neden olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca

araştırmacılar köprü oluşunun benzoat ve sülfıt anyonları ile ilişkili olabileceğini, sodyum katyonunun rol oynamadığını da belirtmişlerdir. 1983 yılında Amer ve Farah, dursban insektisitini aynı test materyaline uygulamışlar ve düzensiz metafaz ve anafaz safhalarının oluştuğunu, kalgin kromozom, kromozom fragmentasyonu ve mikronukleusların gözlendiğini kaydetmişlerdir. Yine bir insektisit olan deltametrinin *Allium cepa* kök meristemlerine uygulanması sonucu çeşitli mitotik kromozom anormalliklerinin olduğu belirlenmiştir (Chauhan ve Ark., 1986). Bu anormallikler arasında en sık rastlanılanları C-metafaz, kromozom ve kromatid kırılmaları, fragmentasyon ve yapışkanlıktır.

Badr ve Ibrahim (1987) glean herbisitini *Allium cepa* ve *Vicia faba* kök meristemlerine uygulanmışlar ve mitoz bölünme, kromozomlar ve nükleik asitler üzerine olan etkisini incelemişlerdir. Araştırma sonunda, bu herbisitinin neden olduğu kromozomal anormalliklerin oluşum nedeni olarak kullanılan maddenin iğ ipliklerinin yapısını bozduğunu ileri sürmüşlerdir. Rencüzoğulları ve Ark., (2001a) sodyum metabisülfıt ile muamele edilen *Allium cepa* kök ucu hücrelerinde doz artışına bağlı olarak kromozomal anormalliklerin oluştuğunu tespit etmişlerdir. Bu anormallikler arasında C-mitoz, kromozom yapışkanlıkları, anormal anafaz, telofaz ve mikronukleus bulunmaktadır. Araştırmacılar yaptıkları gözlemler sonunda sodyum metabisülfıtın anojenik bir etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Başka bir gıda koruyucu madde olan borik asit yine *Allium cepa* köklerine uygulanmış (Dönbak ve Ark., 2002) ve bu maddenin de anojenik bir ajan olduğu ileri sürölmüştür. 2005 yılında Gömürgen potasyum metabisülfıt ve potasyum nitrat ile muamele edilmiş *Allium cepa* kök hücrelerinde aralarında C-mitoz, kromozom yapışkanlığı, anafaz – telofaz köprüleri ve benzerlerinin olduğu birçok mitotik anormalliğin varlığını göstermiştir ve bu maddelerin klastojenik etkiye sahip olduklarını bildirmiştir. Sodyum benzoat, borik asit, sitrik asit, potasyum sitrat ve sodyum sitratın farklı dozları ile muamele edilen *Allium cepa* kök ucu hücrelerinde de birçok yapısal anormalliğin meydana geldiği tespit edilmiştir (Türkoğlu, 2007). Besin endüstrisinde sıklıkla kullanılan bu gıda katkı maddelerinin kromotoksik etkiye sahip oldukları belirtilmiştir.

Yukarıda verdiğimiz örneklerde kullanılan test materyalleri dışında farklı test materyalleri kullanılarak da gıda katkı maddelerinin genotoksik etkileri incelenmiştir. Hasegawa ve Ark., (1984) Çin hamster hücrelerinde sorbik asit ve tuzlarının kromozom aberasyonları ve kardeş kromatid değişimleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonunda araştırmacılar, bu gıda katkı maddesi ve onun tuzlarının klastojenik etkiye sahip olduklarını belirlemişlerdir. Ayrıca kardeş kromatid değişimlerinin doz artışına paralel gerçekleştiğini de tespit etmişlerdir. Gıda koruyucu madde olan sodyum metabisülfid kültürü yapılmış insan lenfosit hücreleri ile muamele edilmesi sonunda, kromozom bozulmaları ve kardeş kromatid değişimleri üzerine etkileri araştırmıştır (Rencüzoğulları ve Ark., 2001b). Çalışma sonunda bu maddenin kromozom bozukluklarını ve kardeş kromatid değişimlerini uyardığı belirlenmiştir. Bu durumun doz artışına paralel olduğu kaydedilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada sodyum metabisülfid insan lenfosit hücrelerinde kromozom anormalliklerine neden olduğu, kardeş kromatid değişimlerini inkübe ettiği ve mikronukleus oluşumlarına yol açtığı da belirlenmiştir (Meng ve Zhang, 1992). Yine sodyum bisülfid ile muamele edilen *Salmonelle typhimurium* un TA1535 ve TA97 ırklarında zayıf bir mutajenik etki tespit edilmiştir. Buna karşılık aynı bakterinin TA1537 ve TA1538 ırklarında bu maddenin mutajenik olmadığı da aynı çalışma ile kanıtlanmıştır (Pagona ve Zeiger, 1987). Kaya ve Topaktaş (2007), gıda katkı maddesi potasyum bromatın insan periferik lenfositleri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada, kardeş kromatid değişimlerinin uygulamalar sonunda arttığını, önemli oranda kromozom anormalliklerinin meydana geldiğini ve mikronukleuslu hücrelerin oranının arttığını tespit etmişlerdir.

Yaptığımız bu çalışmada, mikroskopik gözlemler sonucu tespit ettiğimiz kromozom anormalliklerinin oluşum nedenleri genel olarak üç grupta toplanabilir (Badr, 1986). İlk grupta, yukarıdaki birçok çalışmada da gözlenmiş olan, kullanılan kimyasal maddelerin iğ ve aster iplikleri gibi mitotik aygıtları etkilemesi sonucu meydana gelen mitotik kromozom anormallikleri sayılabilir. Bu grup içine C-mitoz, çok kutupluluk (multipolarite), poliploidi ve kalgın kromozomlar dahil edilebilir. Gözlenen anormalliklerin dahil olduğu diğer grupta,

bölünme sırasında kromozomlar üzerine fizyolojik bir etkinin sonucu olarak meydana gelen kromozom yapışkanlıkları sayılabilir (Savage, 1975). Üçüncü grupta kromozom bozuklukları olarak kromozom kırılmaları, kromozom köprüleri, fragmentler ve mikronukleuslar sayılabilir (Badr, 1986; El-Ghamery ve Ark., 2000).

C-mitoz sodyum metabisülfid, potasyum metabisülfid, sodyum propionat, potasyum propionat ve kalsiyum propionat ile muamele edilen *Allium cepa* kök ucu hücrelerinde yüksek oranlarda tespit edilen kromozom anormalliklerinden biridir (Tablo 3. 1. 1. 2., Tablo 3. 1. 2. 2., Tablo 3. 1. 3. 2., Tablo 3. 1. 4. 2. ve Tablo 3. 1. 5. 2., Şekil 3. 1). C-mitoz ilk kez Levan (1938) tarafından *Allium cepa* kök uçlarında gözlenmiştir. Metafazda kromozomları düzensiz dağılmış olan hücre devresine C-mitoz denir. Kullanılan kimyasal maddenin etkisi colchicine benzemektedir ve iğ ipliklerinin yapısını bozmaktadır. Bu durum turbgenik etkinin bir göstergesidir (Shahin ve El-Amoodi, 1991). Buna bağlı olarak da sentromer bölünmesi geçikmekte ve kromozomlar replike olmuş fakat birbirlerinden ayrılmamış olarak hücre içinde dağınık durumda kalmaktadırlar. Metafazdaki bu tip bir anormallik mitotik indeksin de azalmasına neden olabilir. C-mitotik hücreler farklı kimyasal maddelerle muamele edilen birçok test materyalinde tespit edilmiştir (El-Ghamery ve Ark., 2003; Rencüzoğulları ve Ark., 2001a; Borah ve Talukdar, 2002; Dönbak ve Ark.,2002; Gömürgen, 2005; Türkoğlu, 2007).

Çalışmamız sırasında, mikroskobik incelemeler sonucu gözlediğimiz bir diğer anormallik tipi anafaz köprüsü idi. Bu anormallik tipi potasyum metabisülfid dışında tüm diğer madde uygulamalarında tespit edilmiştir (Tablo 3. 1. 1.2., Tablo 3. 1. 3. 2., Tablo 3. 1. 4. 2. ve Tablo 3. 1. 5. 2., Şekil 3. 2). Kromozom köprüleri genellikle metafazda kromozomların yapışması veya kullanılan kimyasal maddelerin klastjenik etkisi sonucu kromozomların kırılıp sonra yeniden birleşmesi sonucu meydana gelebilir (Tomkins ve Grak, 1972; Badr 1988). Kromozom segmentlerinin düzensiz translokasyon veya inversiyonları da kromozom köprülerine neden olabilir (Gömürgen, 2005). Klastojenik veya toksik etkiler sonucu oluşan kromozom köprüleri genellikle geri dönüşümsüzdür (Liu ve

Ark.,1996). Kromozom köprüleri veya kromatidler arası bağlantılar metafazda kardeş kromatidlerin birleşimi sonucu oluşan kromatin fiberleri tarafından meydana getirilirler ve bu kromatidler geç anafaz veya telofaza kadar birarada kalırlar. Eğer bu bağlantılar çok gerilirse, kromatidler anafazdaki birleşme noktalarından veya bu noktalara yakın yerlerden kırılabilirler. Bu kırılmalar kardeş kromatidlerin her ikisinde de ayrı noktada meydana gelebilir ve sonuçta kromozom benzeri yapılar olan fragmentlerin oluşumuna neden olabilir. Bu tip kromozom anormalliklerine farklı kimyasallarla yapılan çalışmaların birçoğunda rastlanmıştır (El-Ghamery ve Ark., 2000; 2003, İnceer ve Ark., 2004; Gömürgen ve Ark., 2005; Türkoğlu, 2007).

Bu çalışma sırasında rastlanılan bir diğer kromozomal anormallik yapışkanlıktır. Bu anormallik tipi sodyum propionat hariç diğer tüm gruplarda tespit edilmiştir (Tablo 3. 1. 1. 2, Tablo 3. 1. 2. 2., Tablo 3. 1. 4. 2. ve Tablo 3. 1. 5. 2., Şekil 3. 4). Mikroskopik incelemeler sonunda gözlenen kromozom yapışkanlıkları kromozomların nükleik asitleri üzerine bu kimyasal maddelerin depolimerizasyon etkilerini göstermektedir. Patil ve Bhat (1992), kromozom yapışkanlığını çoğunlukla kromatin materyalinin protein matriksini içine alan fizyolojik bir adezyon tipi olarak tanımlamışlardır. Yapışkanlık DNA' daki fosfat grupları ile komplekslerin formasyonu üzerine veya DNA, protein veya her ikisinin fiziko-kimyasal özellikleri üzerine kimyasal maddelerin etkisi olarak kabul edilebilir (Vallee ve Ulmar, 1972; Karlık ve Ark., 1980). Österberg ve Ark. (1984) krom iyonlarının DNA' yı yoğunlaştırdığını ve bunun kromozomlarda yapışkanlıklara neden olabileceğini belirtirken, Patil ve Bhat (1992) yapışkanlığın kromatid içi ve kromatidler arası bir formasyon sonucu olduğunu ileri sürmüşlerdir. Liu ve Ark. (1995) kromozom yapışkanlığının geri dönüşümsüz hücre ölümüne neden olan bir anormallik tipi olduğunu belirtmişlerdir. Metafazdaki kromozom yapışkanlıkları, kromozomların anafaz safhasına normal olarak girmesini engeller. Bu tip kromozom anormalliğine pestisitlerle (Badr, 1986; Badr ve Ibrahim, 1987; Chauhan ve Ark., 1999; El-Ghamery ve Ark., 2000; Yüzbaşıoğlu ve Ark., 2003) ve gıda katkı maddeleri ile muamele edilen test

materyallerinde (Rencüzoğulları ve Ark., 2001a; Dönbak ve Ark.,2002 ; Gömürgen, 2005; Türkoğlu, 2007) sıklıkla rastlanmıştır.

Mikronukleus bu çalışma sonunda kaydedilen bir diğer anormallik tipidir. Sodyum propionat ve kalsiyum proionat hariç diğer gruplarda gözlenmemiştir (Tablo 3. 1. 3. 2. ve Tablo 3. 1. 5. 2., Şekil 3. 8.). Mikronukleus oluşumunun nedeni asentrik fargmentler veya mitoz sırasında nukleustan uzaklaştırılan kalgın kromozomlar olabilir (Ma ve Ark., 1995). Romagna (1993)' ya göre mikronukleusun varlığı *in vivo* ve *in vitro* genotoksik ajanların potansiyellerini açıklamada önemli rol oynamaktadır. Chauhan ve Sundararaman (1990), mikronukleus taşıyan hücrelerin sonraki mitotik bölünmelerde poliploid ve anoploid hücrelere ve bunun sonucunda da mutasyona neden olabileceklerini rapor etmişleridir.

Sodyum metabisülfid, potasyum propionat ve kalsiyum propionat ile muamele edilen *Allium cepa* kök ucunda binukleuslu hücrelere rastlanmıştır (Tablo 3. 1. 2. 2., Tablo 3. 1. 4. 2. ve Tablo 3. 1. 5. 2., Şekil 3. 3.). Bu hücrelerin oluşum nedeni için kimyasal maddenin sitokinezi inhibe etmesi gösterilebilir. Bu maddelerle muamele edilen hücrelerin çoğunluğunda telofaz safhasını takip eden herhangi bir sitokinez işaretine rastlanmamıştır. Kromozomal gruplar hücrenin karşılıklı kutuplarına gidip, bunu takip eden normal bir sitoplazma bölünmesini gerçekleştirilmekte ve sonuçta oluşan iki kardeş hücre aynı hücre çeperi ile çevrili olarak bir arada kalmaktadırlar. Sitokinezin bu tip bir inhibasyonu ve binukleuslu hücrelerin oluşumu Kaushi (1996) ; Sudhakar ve Ark., (2001) ; Borah ve Talukdar (2002) ; Çelik ve Ark., (2005) ; Gömürgen, (2005) ; Türkoğlu (2008) tarafından da tespit edilmiştir.

Kalgın kromozom, sodyum propionat ve kalsiyum propionat ile muamele edilen test materyalinin hücrelerinde gözlenen bir diğer anormallik tipidir (Tablo 3. 1. 3. 2. ve Tablo 3. 1. 5. 2., Şekil 3. 7). Kalgın kromozom hücrenin farklı kutuplarına hareket etmekte geç kalan kromozomlardan kaynaklanmaktadır. Patil ve Bhat (1992), kalgın kromozomların iğ ipliklerinin organizasyonunda veya fonksiyonlarındaki bir bozukluktan oluşabileceklerini ileri sürmüşlerdir. Ayrıca asentrik fragmentlerde kalgın kromozom olarak kabul edilmektedir. Yaptığımız

bu çalışmada aynı gruplarda mikronukleus oluşumlarına da rastlanmıştır. (Tablo 3. 1. 3. 2. ve Tablo 3. 1. 5. 2., Şekil 3. 8). Ahmad ve Yasmin (1992) mikronukleusun mitotik safhalarda gözlenen kalın kromozomlardan veya asentrik fragmentlerden oluşabileceğini ileri sürmektedir. Gömürgen (2005) yaptığı çalışmada kullandığı gıda koruyucu maddelerin, mikronukleus oluşumlarına neden olduğunu, bunların da kalın kromozomlardan kaynaklanabileceğini belirtmektedir. Türkoğlu (2007, 2008) çalışmalarında kullandığı gıda katkı maddelerinin test materyali olan *Allium cepa*' da kalın kromozomlara neden olduğunu tespit etmiştir. Elde ettiğimiz veriler yukarıda anlatılan çalışmalara paralellik göstermektedir.

Yaptığımız bu çalışmada kaydedilen diğer anormallikler kromozom kırıkları (Tablo 3. 1. 3. 2., Şekil 3. 6) ve kromozomların düzensiz dağılmasıdır (Tablo 3. 1. 2. 2. ve Tablo 3. 1. 4. 2., Şekil 3. 5). Kromozom kırıklarına neden olan kimyasal maddeler klastojenik ajanlar olarak bilinirler ve kromozomlar üzerindeki etkilerini DNA' ya etki ederek gerçekleştirdikleri belirtilmektedir (Grant, 1978; Chauhan ve Sundararaman, 1990). Rieger ve Michaelis (1972), *Vicia faba* da kromozomların bazı bölgelerinin kimyasal maddelerle öncelikle reaksiyona girdiğini ve bu bölgelerin kırılma bölgeleri olduğunu ileri sürmektedirler. Rieger ve Ark. (1976) göre ise kromozomlarda öncelikle kırılan bu bölgeler hetrokromatik yapıdadır. Potasyum metabisülfid ve potasyum propionat da gözlenen kırıklar içinde bu yorum geçerli olabilir. İğ iplikleri üzerindeki herhangi bir bozukluk kromozomların düzensiz dağılmasına neden olabilir. Bu tip anormalliğe farklı kimyasal maddeler ile muamele edilen çeşitli test sistemlerinde rastlanmıştır (Badr, 1986; Badr ve Ibrahim, 1987; Shanker ve Ark. 1987; Borah ve Talukder, 2002; Gömürgen., 2005; Türkoğlu, 2007).

Bu çalışmada kullanılan gıda katkı maddelerinin 2C çekirdek DNA miktarı üzerine olan etkileri Tablo 3. 2. 1. de görülmektedir. Gıda katkı maddelerinin 2C çekirdek DNA miktarı üzerine etkilerini içeren çalışmaları araştırmak amacı ile yapılan literatür taramasında, bu konuya ilişkin çok fazla çalışmaya rastlanmamıştır. Njagi ve Gopalan (1982), sodyum benzoat ve sodyum sülfidit *Vicia faba* kök meristemlerinde DNA sentezini inhibe ettiğini ve bunun

sonucunda da mitotik indekste azalmanın meydana geldiğini belirtmişlerdir. Türkoğlu (2008) propiyonik asitin sodyum, potasyum ve kalsiyum tuzları ile yaptığı çalışma sonunda, bu maddelerin test materyalinde DNA miktarını azalttığını belirlemiştir. Buna karşılık pestisitlerin nükleik asitler ve proteinler üzerine olan etkilerini araştıran çalışmalar bulunmaktadır.

Stomp herbisitini *Allium cepa* kök ucu hücrelerine uygulayan Bilaloğlu (1984), çalışma sonunda bu maddenin kök ucu hücrelerinde DNA miktarını kontrole göre artırdığını saptamıştır. Bu çalışmada stompun iğ iplikleri oluşumunu engelleyerek poliploidi oluşturduğu ve buna bağlı olarak da DNA miktarını artırdığı belirtilmiştir. Fierment ve Gurther (1970), dalaponu *Agropyron repens*' e uygulamışlar ve çalışma sonunda bu maddenin DNA miktarını azalttığını tespit etmişlerdir. Turbutry herbisitinin *Vicia faba* kök uçlarına uygulandığı başka bir çalışmada, tüm uygulamalarda mitotik indeksin baskılandığı ve DNA ve RNA miktarlarında azalmaların meydana geldiği belirtilmiştir (Badr, 1986). Ghand ve Roy (1981), 2,4-dinitrofenolün bitkilerde oksitativ fosforilasyonu azalttığını ve bununla ATP seviyesinde azalmalara neden olduğunu ve sonuçta DNA ve RNA sentezinde inhibisyonların meydana geldiğini ileri sürmüşlerdir. Badr ve Ibrahim (1987), glean herbisitinin *Allium cepa* ve *Vicia faba*'da DNA ve RNA miktarını azalttığını ve bu durumun mitotik indekste düşümlere neden olduğunu belirtmişlerdir. El-Ghamery ve Ark., (2000), atrazin herbisitini *Allium cepa* ve *Vicia faba* kök meristemlerine uygulamışlardır. Çalışma sonunda DNA ve RNA miktarının doz ve uygulama süresinin artışına paralel olarak azaldığını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar DNA sentezindeki inhibisyonun RNA sentezini de baskıladığını ve tüm bunların sonunda mitotik indeksin azaldığını ileri sürmüşlerdir.

Yukarıdaki çalışmalara ek olarak; alüminyumun ($AlCl_3$) düşük bir dozyla muamele edilen *Oryza sativa*' da mitotik ve mayotik aktivite, 4C DNA miktarı ve polen kısırlığını araştıran bir çalışmada, kimyasalın uygulamasını takiben mitotik ve mayotik indekslerde önemli oranlarda azalmaların meydana geldiği, 4C DNA miktarının uygulama görmüş bitki hücrelerinde önemli oranda azaldığı tespit

edilmiştir (Mohanty ve Ark., 2004). Araştırmacılar $AlCl_3$ 'ün DNA çift sarmalına bağlandığını ve DNA sentezini inhibe ettiğini belirtmişlerdir.

Elde ettiğimiz veriler ve bu çalışmalar ışığında, kullandığımız gıda katkı maddelerinin DNA sentezinde inhibisyona neden olarak 2C çekirdek DNA miktarını azalttığını ve bunun sonucunda da mitotik indekste azalmaların meydana geldiğini söyleyebiliriz. Bu maddelerin DNA çift heliksindeki etkilerini daha iyi araştırabilmek için moleküler ve biyokimyasal çalışmalara ihtiyaç vardır.

Yaptığımız bu çalışma sonunda, günlük hayatımızın vazgeçilmez besinleri arasında olan un ve unlu gıdalarda sıklıkla kullanılan ve gıda endüstrisinin temel maddelerinden olan sodyum metabisülfıt, potasyum metabisülfıt, sodyum propionat, potasyum propionat ve kalsiyum propinatın sitotoksik bir etkiye sahip oldukları açıkça ortaya konmuştur. Elde ettiğimiz veriler ışığında, bu maddelerin *Allium cepa*' da mitoz inhibe edici (mitodepresif), klastojenik, mutajenik ve turbojenik etkiler gösterdiklerini söyleyebiliriz.

KAYNAKLAR

- Ahmad, S and Yasmin, R.(1992)** Effects of methyl paration and tri-miltox on the mitosis of *Allium cepa*. Cytologia, 57, 155-160.
- Amer S. M.and Farah O. R. (1983)**, Cytological effects of pesticides XII. effects of the phosphorothioate insecticide dursban on the mitosis of *Vicia faba* Cytologia, 48, 27-33.
- Badr A. (1983)**, Mitodepressive and chromotoxic activities of two herbicides in *Allium cepa*. Cytologia, 48, 451-457.
- Badr A. (1986)**, Effects of the s-triazine herbicide terbutryn on mitosis chromosomes and nucleic acids in root tips of *Vicia faba*, Cytologia, 51, 571-578
- Badr A., Ibrahim A.G. (1987)**, Effects of the herbicide glean on mitosis, chromosomes and nucleic acids in *Allium cepa* and *Vicia faba* root meristems, Cytologia, 52, 293-302.
- Badr A. (1988)**, Cytogenetic activities of some fungicides, Cytologia, 53, 635-640.
- Behera B. N. and Sharma C. B. (1990)**, Cytogenetic hazards from agricultural chemicals. 9. Impact of Fuberidazole, Thiabendazole, Carboxin, Oxycarboxin and Tridemorph in the cytogenetic systems of Barley. Biol. Zent. Bl. 109, 307-311.
- Bennett M. D. and Smith J. B. (1976)**, Nuclear DNA amounts in angiosperms, Phil. Trans. R. Soc. London, Ser. B 274, 227-274.

Bilalaoğlu R. (1984), Stomp ve Hyvar X' in *Allium cepa* L.' de oluşturdukları Mitotik etkileri ve kromozomal değişimler. C. Ü. Fen Ed. Fak. Fen Bil. Der. 2, 53-70.

Borah S. P. and Talukdar J. (2002), Studies on the cytotoxic effects of extract of castor seed (*Ricinus communis* L.), *Cytologia*, 67, 235-243.

Borboa L. and De La Torre C. (1996), The genotoxicity of Zn(II) and Cd(II) in *Allium Cepa* root meristematic cells, *New Phytol.* 134, 481-486.

CAC (1992), Codex Alimentarius-General Requirements. Vol. 1. 2nd Ed. FAO/WHO. Rome. 49-89.

CAC (1997), Report of the twenty-ninth session of the Codex Committee on Food Additives and Contaminants, Joint FAO/WHO Food Standards Programme. Alinorm 97/12A. FAO/WHO. Rome. 194s.

Chambers R. W., Aguyagi S.Y., Furukawa Y., Zawadska H. and Bhanet O.S. (1973), Inactivation of valine acceptor activity by a cytosine into uracil missense change in the anticodon of yeast valine transfer RNA, *J. Biol. Chem.*, 248, 5549-5551.

Chauhan L. K. S., Dikshith T.S.S., Sundararaman V. (1986), Effect of deltamethrin on plantcells. I. Cytological effect on the root meristem cells of *Allium cepa*. *Mutat. Res.*, 171, 25-30.

Chauhan L. K. S. and Sundararaman V. (1990), The effect of substituted ureas on plant cells I. Cytological effects of isoproturon on the root meristem cells of *Allium cepa*. *Cytologia* 55, 91-98.

Chauhan L. K. S., Saxena P. N. And Grupta S. K. (1999), Cytogenetic effects of Cypermethrin and Fenvalerate on the root meristems cells of *Allium cepa*. Environm. Exper. Bot., 42, 181-189.

Çelik M., Yüzbaşıoğlu D., Ünal F., Arslan O. and Kasap R. (2005), Effects of dinocap on the mitosis of *Allium cepa* L., Cytologia 70(1), 13-22.

Degrassi F. and Rizzoni M. (1982), Micronukleus test in *Vicia faba* root tips to detect mutagen damage in fresh water pollution. Mutation Res., 97, 19-33.

Dengate S., Ruban A. (2002), Controlled trial of cumulative behavioural effects of a common bread preservative. J. Paediatr Child Health 38(4), 373-6.

Dönbak L., Rencüzoğulları E., Topaktaş M. (2002), The cytogenetic effects of the food additive boric acid in *Allium cepa* L., Cytologia, 67, 153-157.

Duan C. Q. and Wang H. X. (1995), Cytogenetical toxic effects of heavy metals on *Vicia faba* and inquires into the *Vicia micronukleus*, acta Bot. Sinicia 37, 14-24.

EC (1995), European Parliment and Council Directive, No: 95/2/EC, Official Journal of the European Communities, No: L 61. 40s.

El-Ghamery A. A., El Nahas A. I. and. Mansour M. M. (2000), The action of atrazine herbşçşde as an inhibitor of cell division on chromosomes and nucleic acids content in root meristems of *Allium cepa* and *Vicia faba*. Cytologia 65, 277-287.

El-Ghamery A. A., El-Kholý M. A. and Abou El-Yousser M. A. (2003), Evaluation of cytological effects of Zn²⁺ in relation to germination and root

growth of *Nigella sativa* L. and *Triticum aestivum* L., Mutation Research 537, 29-41.

El-Khodary S., Habib A. and Haliem A. (1989), Cytological effect of the herbicide Garlon-4 on root mitosis of *Allium cepa*. Cytologia 54, 465-472.

Ferment G. And Gunther G. (1970), Nukleinsauruntersuchungen an *Agropyron repens* (L.) Beauv. Unter Berücksichtigung der systemischen Wirkung von Dalopan. Biol. Zbl. 89, 723-733.

Fiskesjo G. (1985), The Allium test as a standard in environmental monitoring. Hereditas, 102, 99-112.

Fiskesjo G. (1988), The Allium test-an alternative in environmental studies, the relative toxicity of metal ions, Mutat. Res. 197, 243-260.

Gömürgen A. N. (2005), Cytological effect of the potassium metabisulphite and potassium bitartrate food preservative on root tips of *Allium cepa* L., Cytologia 70, 119-128.

Grant W. F. (1978), Chromosome aberrations in plants as a monitoring system, Environ. Health Perspect., 27, 37-43.

Grant W. F. (1999), Higher plant assays for the detection of chromosomal aberrations and gene mutations-a brief historical background on their use for screening and monitoring environmental chemicals, Mutat. Res., 426, 107-112.

Hasegawa M. M., Nishi Y., Ohkawa Y., Inui N. (1984), Effects of sorbic acid and its salts on chromosome aberrations, sister chromatid exchanges and

gene mutations in cultured Chinese hamster cells. Food. Chem. Toxicol., 22, 501-507.

Hayatsu H. and Mivra A. (1970), The mutagenic action of sodium bisulphite, Biochem.Biophys. Res. Commun., 39, 156-160.

Hayatsu H., Yusuke W. and Kazushige K. (1970), The addition of sodium bisulphite to uracil and to cytosine, J. Am. Chem. Soc., 92, 724-726.

İnceer H., Eryiğit H. and Beyazoğlu O. (2004), Effects of the herbicide linuron on somatic chromosomes of *Helianthus annuus* L. (Sunflower), Caryologia 57, no 2, 127-132.

Kaya F. F. and Topaktaş M. (2007), Genotoxic effects of potassium bromate on human peripheral lymphocytes in vitro, Mutation Res., 626, 48-52.

Kaushik G. C. (1996), Cytological effects of *Lantana camara* L. leaf extract on *Vicia faba* root tip cells. Advances in Plant Sciences 9, 159-164.

Kihlman B.A. (1975), Root tips of *Vicia faba* for the study of the induction of chromosome aberrations. Mut. Res., 31, 401-412.

Lacombe C., Salvador M. and Georges C. (1976), The action and interaction of three alimentary substances: ethanol, tannic acid and sodium sulphite, on activity of the ATPases in enterocyte borders, life Sci., 18(11), 1245-1253.

Levan A. (1938), The effect of colchicine on root mitoses in *Allium*. Hereditas 24, 471.

Liu D. H., Jiang W. S., Wang C. L. (1996), Effect of Zn^{2+} on root growth, cell division and nucleoli of *Allium cepa* L. J. Environ. Sci. 8. 21-27.

- Luca D., Luca V., Cotor F., Raileanu L. (1987)**, In vivo and in vitro cytogenetic damage induced by sodium nitrite. *Mutation Res.*, 189, 333-339.
- Ma T. H. and W. F. (1982)**, The tradescantias-adventurous plants. *Herbarist* 48, 36-44.
- Ma T. H. (1999)**, The international program on plant bioassays and the report of the follow-up study after the hands-on workshop in China. *Mut. Res.*, 103-106.
- Meng Z. and Zhang L. (1992)**, Cytogenetic damage induced in human lymphocytes by sodium bisulfite. *Mutation Res.*, 298, 63-69.
- Mohanty S., Das A. B., Das P., Mohanty P. (2004)**, Effect of a low dose aluminum on mitotic and meiotic activity, 4C DNA content, and pollen sterility in rice, *Oryza sativa* L. cv. Lalat. *Ecotoxicol. Environ. Safe.* 59, 70-75.
- Moustafa H. H. and Collins E. (1969)**, Effects of selected food additives on growth of *Pseudomonas fragi*, *J. Dairy Sci.*, 52, 335-340.
- Nagl W. (1980)**, Chromosome, organisation, funktion und evolution des chromatins. Verlag Paul Parey Berlin-Hamburg.
- Njagi G. D. E. and Gopalan, H.N.B. (1982)**, Cytogenetic effects of the food preservatives-Sodium benzoate and sodium sulphite on *Vicia faba* root meristems. *Mutation Research/Genetic Toxicology* 102(3), 213-219
- Österberg R., Persson D., Bjursell G. (1984)**, The condensation of DNA by chromium (111) ions, *J. Biomol. Struc. Dyn.* 2, 285-290.

Pagona D.A. and Zeiger E. (1987), Conditions affecting the mutagenicity of sodium bisulfite in *Salmonella typhimurium*. Mutation Res., 179, 159-166.

Patil B.C. and Bhat T.G.I. (1992), A comparative study of MH and EMS in the induction of chromosomal aberrations on lateral root meristem in *Clitoria termata* L., Cytologia 57, 259-264.

Rencüzoğulları E., İla H. B., Karayıldız A. and Topaktaş, M. (2001a), Chromosome aberrations and sister chromatid ex-changes in cultured human lymphocytes treated with sodium metabisulfite a food preservative. Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis 490(2), 107-112

Rencüzoğulları E., Karayıldız A., İla H. B., Çakmak T. and Topaktaş, M. (2001b), The cytogenetical effects of sodium metabisulfite, a food preservative in root tip cells of *Allium cepa* L. Turk J. Biol. 25, 361-370

Rieger R. And Michaelis A. (1972), Effects of chromosome repottering in *Vicia faba* L. aberration, distribution, aberration spectrum and karyotype sensitivity after treatment with ethanol of differently reconstructed chromosome complements. Biol. Zbl. 91, 151-169.

Rieger R., Michaelis A. and Green M. M. (1976), A Glossary of genetics and cytogenetics. Springer-Verlag, Berlin.

Rijstenbil J.W. and Poortvliet T.C.W. (1992), Copper and zinc in estuarine water: chemical speciation in relation to bioavailability to the marine planktonic diatom *Ditylum brightwellii*, Environ. Toxicol. Chem 11, 1615-1625.

Romanga F. (1993), Mikrokerntestsysteme. Mutationforschung und genetisch Toxicologie. Herausgeber von Rudolf Fahrig, Wissenschaftliche Buchgesellschaft-Darmstad.

Savage J. R. K. (1975), Classification and relationships of induced chromosomal structural changes. J. Med. Genet., 12, 103-122.

Schneiderman M. H., Dewey W. C., Highfield D. P. (1971), Inhibition of DNA synthesis in Synchronized Chinese hamster cell treated in G₁ with cycloheximide, Exp. Cell Res., 67, 147-155

Shahin S. A. and El-Amoodi K. H. H. (1991), Induction of numerical chromosomal aberrations during DNA synthesis using the fungicides nimrod and rubigan-4 in root tips of *Vicia faba* L. Mutat. Res., 261, 169-176.

Shanker R., Chauhan L.K.S., Prahlad K.S. (1987), Cytological effect of the herbicide Garlon-4 on root mitosis of *Allium cepa*, Cytologia, 54, 465-472.

Sudhakar R., Gowda N., Venu G. (2001), Mitotic abnormalities induced by silk dyeing industry effluents in the cells of *Allium cepa*, Cytologia, 66, 235-239.

Summers I. A. and Drake J. W. (1971), Bisulphite mutagenesis in bacteriophage T4, Genetics, 68, 603-607.

Sümbüloğlu K. and Sümbüloğlu V. (1989), Bioistatistik. Hatipoğlu Yayınları, 265.

TGKY (1997), Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği. T.C. Resmi Gazete. 16 kasım 1997. Sayı: 23172. Ankara.

The Ministry of Agriculture of Turkey. Food Codeks Instructions. Dünya Publications. 19/pp. (1997)

Thompson J.R. and Pace D. M. (1962), The effects o sulphur dioxide upon established cell lines cultured in vitro, Can. J. Biochem. Physiol., 40, 207-217.

Tomkins D. J. and Grant W. F. (1972), Comparative cytological effects of pesiticides menazon, metrobromuron and tetrachloro isophthalo nitrile in *Hordeum* and *Tradescantia*. Can. J. Genet. Cytol. 14: 245-256.

Timson J. and Price D. J. (1970), Use of thymine to increase the yield of mitosis in lymphocyte cultures. Lancet, 1, 1397-1398.

Timson J. (1973), Action of sodium sulphite on the mitosis of human lymphocytes, Chromosomes Todat, 4, 21-214.

Türkoğlu Ş. (2007), Genotoxicity of five food preservatives tested on root tips of *Allium Cepa*L.. Mutation Research 626, 4-14.

Türkoğlu Ş. (2008), Evaluation of genotoxic effects of sodium sulphite, potassium sulphiteand calcium sulphite on the root meristem cells of *Allium cepa*, food and Chemical Toxicology 46, 2035-2041.

Valle B. L. and Ulmer D. D (1972), Biochemical effects of mercury, cadmium and lead, Ann. Rev. Biochem. 41, 92-128.

Van't Hof J. (1968), the action of IAA and kinetin on the mitotic cycle of proliferative and stationary phase excised root meristem. Exp. Cell Res. 51, 167-176.

Yokoto K., Chen R. Y. and Sakaguchi O. (1972), Food hygienic studies of sulphites, Jpn. J. Hyg., 26(8), 481-485.

Yüzbaşıoğlu D., Ünal F., Sancak C. and Kasap R. (2003), Cytological effects of herbicide racer 'fluorochloridone' on *Allium cepa*. Caryologia 56: 97-105.

6. ÖZGEÇMİŞ

03.11.1980' de Sivas' ta doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Sivas'ta tamamladı. 1999 yılında C. Ü. Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji bölümüne girerek 2004 yılında tamamladı.

2005 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilimdalı' nda yüksek lisans eğitimine başladı.

2005 yılında özel bir eğitim kurumunda biyoloji öğretmeni olarak çalışmaya başladı. Bugün de bu görevini sürdürmektedir.