



## Biber Türlerinin Olgunlaşma Dönemlerindeki Makro ve Mikro Element İçerikleri

Ümit Haydar EROL<sup>1\*</sup>, Bekir Bülent ARPACI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kilis 7 Aralık Üniversitesi, İleri Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi, Kilis

<sup>2</sup>Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Kilis

\*Sorumlu Yazar (Corresponding author): [umith.erol@kilis.edu.tr](mailto:umith.erol@kilis.edu.tr)

### Özet

Biber meyvelerinin element içerikleri türlere ve meyve olgunlaşma dönemlerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Biber meyvelerinin element içeriğinin bilinmesi insan beslenmesi açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmada, farklı biber türlerinin olgunlaşma süreçlerindeki makro ve mikro besin elementlerinin niceliksel değişimi incelemiştir. *C. annuum*, *C. baccatum* ve *C. chinense* türlerinden alınan meyve örnekleri, çiçeklenme sonrası 20., 40. ve 60. günlerde analiz edilmiştir. Meyvenin olgunlaşma süreciyle birlikte, *C. annuum* ve *C. chinense* türlerinde azot dışındaki makro besin elementleri maksimum seviyeye çiçeklenme sonrası 40. günde ulaşmıştır. *C. baccatum* türünde K, Ca ve Mg'un içeriği çiçeklenme sonrası 40. günde maksimum seviyeye ulaşmıştır. *C. baccatum* türünde P içeriği çiçeklenme sonrası 60. günde, diğer türlerde ise çiçeklenme sonrası 20. günde maksimum seviyeye ulaşmıştır. Maksimum mikro besin element birikimi, *C. annuum* ve *C. chinense* türlerinde çiçeklenme sonrası 20. günde *C. baccatum* türünde ise çiçeklenme sonrası 40. günde ölçülmüştür. Olgunlaşma ile birlikte biber meyvelerinin makro ve mikro element içeriklerinde genel olarak bir azalma meydana geldiği, meyvelerin en yüksek besin elementi içeriğine çiçeklenmeyi takip eden 40. günde ulaştıkları görülmüştür.

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi :05.03.2023  
Kabul Tarihi :09.04.2023

### Anahtar Kelimeler

*Capsicum* spp.  
olgunlaşma dönemleri  
makro ve mikro elementler  
AAS

## Macro and Micro Element Contents of Pepper Species at Maturation Periods

### Abstract

The elemental content of pepper fruits varies depending on the species and fruit ripening periods. Knowledge of the elemental content of pepper fruits is crucial for human nutrition. In this study, the quantitative changes of macro and micronutrients during ripening of different pepper species were investigated. Fruit samples from *C. annuum*, *C. baccatum* and *C. chinense* species were analyzed on the 20<sup>th</sup>, 40<sup>th</sup> and 60<sup>th</sup> days after flowering. With the ripening process of the *C. annuum* and *C. chinense* fruit, the maximum level of macronutrients reached at 40 days after flowering except nitrogen. In *C. baccatum* species, the content of K, Ca and Mg reached the maximum level on the 40<sup>th</sup> day after flowering. The content of P in *C. baccatum* reached the maximum level on the 60<sup>th</sup> day after flowering and in the other species on the 20<sup>th</sup> day after flowering. Maximum micronutrient accumulation was measured on the 20<sup>th</sup> day after flowering in *C. annuum* and *C. chinense* species and on the 40<sup>th</sup> day after flowering in *C. baccatum* species. Overall, macro and micro element contents of pepper fruits decreased with ripening, and fruits reached their highest level of nutrients 40 days after flowering.

### Research Article

### Article History

Received :05.03.2023  
Accepted :09.04.2023

### Keywords

*Capsicum* spp.  
ripening periods  
macro and micro elements  
AAS

## 1. Giriş

Domates, petunya ve patates gibi bitkilerle birlikte Solanaceae familyasına ait olan biber (*Capsicum* spp.), dünya genelinde ve Türkiye’de en çok üretilen sebzelerden biridir. Biberler, insan sağlığına olumlu katkılarda bulunan zengin besin içeriğine sahip olan *Capsicum* cinsine ait bitkilerin meyveleridir. Biber uygun agroklimatik koşulların bulunduğu dünyanın birçok ülkesinde yetiştirilmektedir (Mamedov ve ark., 2015). Türkiye’de 802.389 dekar alanda yetiştirilerek, 3.018.775 ton üretimle domatesten sonra ikinci sırada yer almakta ve meyvesi için yetiştirilen sebzelerin %9.6’sını oluşturmaktadır (Anonim, 2022). Dünyada yaygın olarak tüketilen biber meyveleri yüksek besin değeri, lezzeti, kokusu ve aroması sayesinde tüketiciler tarafından tercih edilmektedir. Biber meyveleri, tat, aromatik özellikler ve sağlık açısından çeşitli faydalar sunmaktadır (Cervantes-Hernández ve ark., 2019).

Meyvelerinin içerdikleri besin maddeleri arasında karbonhidratlar, proteinler, lifler ve yağlar yer almakta ve bu bileşenler sağlıklı beslenme için önemli roller oynamaktadır (Liu, 2013). *Capsicum* meyvelerinde kapsaisinoidler, karotenoidler (provitamin A), flavonoidler, uçucu yağlar, C ve E vitaminleri, çeşitli antifungal ve antibakteriyel bileşikler ile mineral elementler gibi sağlığa faydalı kimyasal bileşikler de bulunmaktadır. Bu metabolitler, türler arasında olduğu kadar aynı türün genotipleri arasında da değişkenlik gösterebilmekte ve meyve gelişim aşamalarında farklı birikim düzeyleri sergileyebilmektedirler (Wahyuni ve ark., 2011). Bu bileşenlerin günlük olarak yeterli miktarda alınması sağlık açısından gereklidir (Sies, 1991). Na, P, K, Ca ve Mg insan vücudu için en değerli makro besin elementleri arasında

yer almaktadır (Cole ve ark., 2016). İnsanın doğru metabolik işlevselliği için gerekli olan bazı mineral elementlerin (Ca, K, Mg, Na, Cu, Cr, Mn, Se ve Zn) konsantrasyonundaki değişikliklere katkıda bulunabilecek en önemli faktörler arasında sıcaklık, nem, hasat sayısı ve olgunlaşma durumu bulunmaktadır (Sevgi ve ark., 2015). Biberlerin içerdikleri besin maddeleri ve elementler dengeli beslenmeye ve sağlıklı bir yaşam tarzına destek olmaktadır. Bu nedenle, biberlerin diyetlerde düzenli olarak yer alması önemlidir. Biberlerde bulunan çeşitli elementler bitkinin yetiştiği toprak ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir (Olatunji ve Afolayan, 2018). Biber meyveleri kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), potasyum (K), demir (Fe) ve diğer mineraller gibi sağlığa faydalı elementler açısından zengindir ve insan beslenmesi için önemli birer makro ve mikro besin kaynağıdır (Satheesh ve Workneh Fanta, 2020; Sun ve ark., 2007; Ahmad ve ark., 2021). Bitkilerin makro ve mikro elementlerle dengeli beslenmesi yeşil aksamlarının gelişimi, fizyolojik ve biyokimyasal bileşimi açısından büyük öneme sahiptir. Dengeli mikro element içeriği, bitkilerdeki fizyolojik süreçlerin düzenlenmesine yardımcı olurken, eksiklikleri bitkilerde hastalıklara ve gelişim bozukluklarına neden olabilmektedir. Ayrıca, bitkilerdeki mikro elementlerin dengeli bir şekilde alınması verimi arttırmakta ve verimle ilişkili organomineral komplekslerin oluşumuna yardımcı olabilmektedir. Mikro elementlerin dengeli kullanımı aynı zamanda bitkileri olumsuz koşullara karşı daha dayanıklı hale getirebilmektedir (Ibourki ve ark., 2022). Yapılan çalışmada, aynı şartlarda yetiştirilen biber türlerinin olgunlaşma zamanlarındaki mineral element (makro ve mikro elementler) içerikleri araştırılmıştır. Çiçeklenmeyi takip eden 20, 40 ve 60.

günlerde hasat edilen biber meyvelerinin element içerikleri spektroskopik yöntem kullanılarak belirlenmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Bitkisel materyallerin yetiştirilmesi

Kilis 7 Aralık Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi seralarında 2021 yılı Mart-Eylül ayları arasında yetiştirilen bitkisel materyallerin aksesyon numaraları ve orijin bilgileri Tablo 1'de yer almaktadır.

**Tablo 1.** Çalışmada kullanılan biber türleri

NO	AKSESYON NO	TAKSONOMİSİ	MENŞEİ
1	PI439381	<i>Capsicum baccatum</i> L.	Meksika
2	PI152225	<i>Capsicum chinense</i> Jacq.	Peru
3	PI636147	<i>Capsicum annuum</i> L.	Hindistan

Tohumlar, 3:1 oranında torf-perlit karışımı içeren 150 gözlü viyollere ekilmiştir. Bitkiler, iki gerçek yaprak oluşturuncaya kadar plastik sera koşullarında yetiştirilmiştir. Mayıs ayında, dikime hazır hale gelmiş olan fideler, her biri Tablo 2'de belirtilen yetiştirme toprağıyla doldurulmuş 10 litrelik

saksılara ve her saksıda sadece bir bitki olacak şekilde dikilmiştir. Bitkiler yetiştirme sezonu boyunca düzenli sulanmış ve kültürel işlemler gerçekleştirilmiştir. Her sulama işleminde bitkiler, toprağın su tutma kapasitesinin %80'ine denk gelen 1.6 litre su ile sulanmıştır.

**Tablo 2.** Çalışmada kullanılan toprağın analiz sonuçları

pH	6.20
EC (dS/m)	0.26
Bünye	Tınlı
Organik Madde (%)	2,07
Azot (%)	0,36
Fosfor (mg kg <sup>-1</sup> )	3.40
Potasyum (mg kg <sup>-1</sup> )	349.08
Kalsiyum (mg kg <sup>-1</sup> )	2942.83
Magnezyum (mg kg <sup>-1</sup> )	429.91
Sodyum (mg kg <sup>-1</sup> )	49.02
Bakır (mg kg <sup>-1</sup> )	1.079
Demir (mg kg <sup>-1</sup> )	3.10
Mangan (mg kg <sup>-1</sup> )	18.24
Çinko (mg kg <sup>-1</sup> )	0.98

### 2.2. Bitki örneklerinin mikrodalga yöntemiyle yakılması ve element analiz koşulları

Çiçeklenme sonrasında farklı zamanlarda hasat edilen yaş meyveler, 72°C'de basınçlı hava fırınında kurutulmuş ve kurutulan örnekler havan yardımıyla toz haline getirilmiştir. Her biri 0.25 g ağırlığında alınan kuru meyve örnekleri 9 mL HNO<sub>3</sub> ve 3 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile karıştırılarak mikrodalga fırında (Cem,

Mars 6 model) 200W güç altında 30 dakika süresince yakılmıştır (Mengel ve ark., 1984). Yakılan örnekler, Whatman No:1 filtre kâğıdı kullanılarak süzölmüş ve son hacmi 25 mL olacak şekilde saf su eklenerek seyreltilmiştir. Kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), demir (Fe), mangan (Mn), çinko (Zn) ve bakır (Cu) içerikleri Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (Perkin Elmer marka, 240 FS AA model) kullanılarak, sodyum (Na) ve potasyum (K) içerikleri ise Alev Fotometresi

(Jenway marka, PFP 7 model) kullanılarak belirlenmiştir. Azot (N) ve fosfor (P) içeriği ise UV-spektrofotometrede (Biocrome marka, Libra S70 model) belirlenmiştir (Tefera ve Chandravanshi, 2018). Tüm analizler üçer kez tekrarlanmıştır.

### 2.3. İstatistiksel analiz

Çalışma, tüm hasat dönemleri için üç tekerrür ve her tekerrürde dört bitki olacak şekilde tasarlanmıştır. Elde edilen tüm verilerin varyans analizi ve çoklu karşılaştırma testleri JMP 14 istatistiksel analiz programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çoklu karşılaştırmalar için Student t-testi yöntemi uygulanmıştır. Varyans analizi sürecinde, 0.05 altındaki her p değeri istatistiksel olarak anlamlı olarak kabul edilmiştir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Farklı olgunluk dönemlerinde hasat edilen farklı türlere ait olan meyve örneklerindeki N, P, K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn ve Cu element içerikleri kantitatif olarak tespit edilmiştir. Ölçüm sonuçları, azot (N), fosfor (P), potasyum (K), magnezyum (Mg) ve kalsiyum (Ca) için  $\text{mg g}^{-1}$ ; sodyum (Na), bakır (Cu), demir (Fe), mangan (Mn) ve çinko (Zn) için ise  $\text{mg kg}^{-1}$  birimlerinde hesaplanmış ve bu sonuçlar Tablo 3 ve Tablo 4'te sunulmuştur.

Çalışmada elde edilen verilere göre, azot içerikleri *C. annuum*, *C. baccatum* ve *C. chinense* türleri için çiçeklenme sonrası 20. günde sırasıyla en yüksek seviyede tespit edilmiş ( $14.92 \text{ mg g}^{-1}$ ;  $22.40 \text{ mg g}^{-1}$ ;  $18.48 \text{ mg g}^{-1}$ ), ancak 40. günde tüm türlerde

(sırasıyla  $13.40 \text{ mg g}^{-1}$ ;  $18.06 \text{ mg g}^{-1}$ ;  $15.42 \text{ mg g}^{-1}$ ) azalmıştır. 60. güne gelindiğinde *C. annuum* ( $16.79 \text{ mg g}^{-1}$ ) ve *C. chinense* ( $18.12 \text{ mg g}^{-1}$ ) türlerinde azot içeriklerinde artış görülürken, *C. baccatum* ( $13.46 \text{ mg g}^{-1}$ ) türünde 20. günde ölçülen azot değerinden ( $22.40 \text{ mg g}^{-1}$ ) daha az miktarlarda azot saptanmıştır. Türler ve olgunluk dönemlerine göre elementlerin miktarlarındaki değişimler grafiksel olarak Şekil 1'de gösterilmiştir. Fosfor içeriği, *C. baccatum* türünde, çiçeklenme sonrası 20. günden ( $2.94 \text{ mg g}^{-1}$ ) 60. güne ( $3.90 \text{ mg g}^{-1}$ ) artış göstermiş, *C. annuum* ve *C. chinense* türlerinde ise 40. güne ( $3.8 \text{ mg g}^{-1}$ ;  $3.38 \text{ mg g}^{-1}$ ) kadar artış görülürken, 60. günde ( $3.28 \text{ mg g}^{-1}$ ;  $3.47 \text{ mg g}^{-1}$ ) düşüş yaşanmıştır. Potasyum içerikleri, üç türde de çiçeklenme sonrası 40. güne kadar artış gösterirken, olgunlaşmanın ilerlemesi ile potasyum içeriğinin azaldığı belirlenmiştir. Kalsiyum ve magnezyum içeriği çiçeklenme sonrası 40. güne kadar artarken, olgunlaşma ile birlikte element birikiminin azaldığı görülmüştür. Özetle N dışındaki makro besin elementlerinin *C. annuum* türünde en yüksek seviyede bulunduğu dönem çiçeklenme sonrası 40. gün olarak ölçülmüştür. *C. baccatum* türünde ise makro besin elementlerinden K, Ca ve Mg'un çiçeklenme sonrası maksimum seviyeye ulaştığı dönem çiçeklenme sonrası 40. gün olarak gözlenirken, N birikimi çiçeklenme sonrası 20. günde ve P birikimi ise çiçeklenme sonrası 60. günde maksimum seviyeye ulaşmıştır. *C. chinense* türünde ise makro besin elementlerinin maksimum seviyelerde bulunduğu dönem *C. annuum* türü ile benzerlik göstermektedir.

**Tablo 3.** Farklı biber türlerinde çiçeklenme sonrası farklı günlere ait makro besin elementlerindeki değişimler

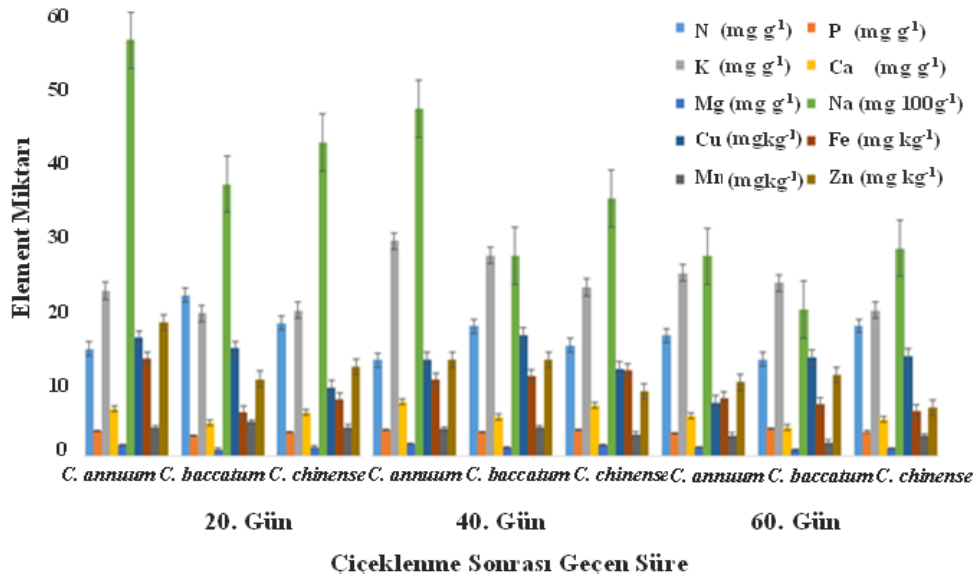
Çiçeklenme Sonrası Geçen Süre	Türler	N	Ortsüre	P	Ortsüre	K	Ortsüre	Ca	Ortsüre	Mg	Ortsüre
20. gün	<i>C. annuum</i>	14.92 g		3.58 d		22.99 cde		6.69 c		1.56 b	
	<i>C. baccatum</i>	22.40 a	<b>18.6 A</b>	2.94 h	<b>3.30 B</b>	19.84 e	<b>21.05 C</b>	4.70 h	<b>5.84 B</b>	1.04 f	<b>1.32 B</b>
	<i>C. chinense</i>	18.48 b		3.38 f		20.31 f		6.14 d		1.36 c	
40. gün	<i>C. annuum</i>	13.40 i		3.67 c		29.89 a		7.61 a		1.78 a	
	<i>C. baccatum</i>	18.06 d	<b>15.63 B</b>	3.46 e	<b>3.62 A</b>	27.92 ab	<b>27.10 A</b>	5.49 e	<b>6.74 A</b>	1.21 de	<b>1.53 A</b>
	<i>C. chinense</i>	15.42 f		3.73 b		23.49 cd		7.11 b		1.58 b	
60. gün	<i>C. annuum</i>	16.79 e		3.28 g		25.49 bc		5.62 f		1.31 cd	
	<i>C. baccatum</i>	13.46 h	<b>16.12 B</b>	3.90 a	<b>3.55 A</b>	24.07 c	<b>23.28 B</b>	4.03 i	<b>4.95 C</b>	0.89 g	<b>1.12 C</b>
	<i>C. chinense</i>	18.12 c		3.47 e		20.27 de		5.19 g		1.15 ef	
Ortür	<i>C. annuum</i>	<b>15.04 C</b>		<b>3.51 A</b>		<b>26.12 A</b>		<b>6.64 A</b>		<b>1.55 A</b>	
	<i>C. baccatum</i>	<b>17.97 B</b>		<b>3.43 B</b>		<b>23.94 B</b>		<b>4.74 B</b>		<b>1.04 C</b>	
	<i>C. chinense</i>	<b>18.30 A</b>		<b>3.52 A</b>		<b>21.36 C</b>		<b>6.14 A</b>		<b>1.36 B</b>	

Harfler arasındaki farklılıklar ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark olduğunu ( $p < 0.05$ ) göstermektedir

**Tablo 4.** Farklı biber türlerinde çiçeklenme sonrası farklı günlere ait mikro besin elementlerindeki değişimler

Çiçeklenme Sonrası Geçen Süre	Türler	Na	Ortsüre	Cu	Ortsüre	Fe	Ortsüre	Mn	Ortsüre	Zn	Ortsüre
20. gün	<i>C. annuum</i>	577.34 a		16.45 a		13.59 a		3.97 c		18.62 a	
	<i>C. baccatum</i>	377.66 d	<b>463.51 A</b>	14.99 b	<b>13.67 B</b>	6.07 f	<b>9.20 B</b>	4.83 a	<b>4.30 A</b>	10.73 d	<b>13.94 A</b>
	<i>C. chinense</i>	435.52 c		9.58 e		7.93 d		4.11 b		12.48 bc	
40. gün	<i>C. annuum</i>	482.77 b		13.48 bc		10.7 c		3.81 d		13.45 b	
	<i>C. baccatum</i>	278.71 g	<b>372.98 B</b>	16.84 a	<b>14.17 A</b>	11.09 c	<b>11.23 A</b>	4.01 bc	<b>3.65 B</b>	13.42 b	<b>11.98 B</b>
	<i>C. chinense</i>	357.45 e		12.19 d		11.92 b		3.14 e		9.07 e	
60. gün	<i>C. annuum</i>	278.02 g		7.49 f		8.13 f		2.97 f		10.32 de	
	<i>C. baccatum</i>	204.17 h	<b>256.93 C</b>	13.76 c	<b>11.74 C</b>	7.24 e	<b>7.25 C</b>	1.99 g	<b>2.62 C</b>	11.35 cd	<b>9.49 C</b>
	<i>C. chinense</i>	288.61 f		13.98 bc		6.37 d		2.91 f		6.81 f	
Ortür	<i>C. annuum</i>	<b>446.04 A</b>		<b>12.47 B</b>		<b>10.81 A</b>		<b>3.58 A</b>		<b>14.13 A</b>	
	<i>C. baccatum</i>	<b>286.85 C</b>		<b>15.20 A</b>		<b>8.13 B</b>		<b>3.61 A</b>		<b>11.83 B</b>	
	<i>C. chinense</i>	<b>360.53 B</b>		<b>11.92 C</b>		<b>8.74 B</b>		<b>3.38 B</b>		<b>9.45 C</b>	

Harfler arasındaki farklılıklar ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark olduğunu ( $p < 0.05$ ) göstermektedir



**Şekil 1.** Biber türlerinde çiçeklenme sonrası farklı günlere ait makro ve mikro besin elementlerindeki değişimler

*C. annuum* türü için mikro besin elementlerinden bakır, demir, mangan, çinko ve sodyum içerikleri çiçeklenme sonrası 20. günden itibaren azalmaya başlamış ve 60. güne gelindiğinde minimum seviyelere düşmüştür. Bu süreçte, belirtilen elementler için minimum ve maksimum değerler sırasıyla şu şekildedir: Bakır 16.45-7.49 mg kg<sup>-1</sup>, demir 13.59-8.13 mg kg<sup>-1</sup>, mangan 3.97-2.97 mg kg<sup>-1</sup>, çinko 18.62-10.32 mg kg<sup>-1</sup> ve sodyum 577.34-278.02 mg kg<sup>-1</sup>. *C. baccatum* türünde ise mangan ve sodyum içerikleri olgunlaşma ile birlikte azalmıştır. Bununla birlikte, bakır, demir ve çinko element içerikleri çiçeklenme sonrası 20. günden 40. güne kadar artış göstermiş, olgunlaşmanın ilerlemesi ile tekrar azalmıştır. Bu türde bakır, demir, mangan, çinko ve sodyum için minimum ve maksimum element miktarları sırasıyla şu şekildedir: Bakır 16.84-13.76 mg kg<sup>-1</sup>, demir 11.09-6.07 mg kg<sup>-1</sup>, mangan 4.83-1.99 mg kg<sup>-1</sup>, çinko 13.42-10.73 mg kg<sup>-1</sup> ve sodyum 377.66-204.17 mg kg<sup>-1</sup>. *C. chinense* türü için ise mangan, çinko ve sodyum içerikleri olgunlaşma ile birlikte azalış göstermiştir. Ancak, bakır içeriği her üç dönemde de artmış, demir içeriği ise çiçeklenme sonrası 40. güne kadar artmış ve

maksimum değere ulaşmıştır. 40. günden 60. güne kadar demir içeriğinde önemli düşüşler gözlenmiştir. *C. chinense* türünde bakır, demir, mangan, çinko ve sodyum için minimum ve maksimum element içerikleri şu şekildedir: Bakır 12.19-9.58 mg kg<sup>-1</sup>, demir 11.92-6.37 mg kg<sup>-1</sup>, mangan 4.11-2.91 mg kg<sup>-1</sup>, çinko 12.48-6.81 mg kg<sup>-1</sup> ve sodyum 435.52-288.61 mg kg<sup>-1</sup>. Sarpras ve ark., (2019) farklı olgunluk dönemlerinde *C. annuum*, *C. chinense* ve *C. frutescens* türlerine ait biberlerde makro ve mikro element seviyelerini incelemiştir. Bu çalışmada, makro elementlerin olgun dönemde daha yüksek birikim gösterdiği, mikro element birikiminin ise erken dönemde daha fazla olduğu ifade edilmiştir. Bu sonuçlar, çalışmamızla paralellik göstererek, araştırmacıların olgun dönemi çiçeklenme sonrası 40-50. günler olarak tanımladığını göstermektedir. Elde edilen veriler doğrultusunda, meyvelerdeki makro ve mikro besin elementlerinin en yüksek seviyelere ulaştığı dönemlerin, literatürde yapılan diğer çalışmalarla kısmen uyumlu olduğu görülmüştür. Rubio ve ark., (2002), *C. annuum* türüne ait biber meyvelerinde olgunlaşma ile K, Mg ve P makro element içeriklerinde önemli artışların meydana

geldiğini tespit etmişlerdir. Diğer çalışmalarda ise olgunlaşma ile Na ve Ca miktarları (Biurrun ve ark., 1991) ile, K ve P miktarlarının (Bergholm, 1982) arttığı bildirilmiştir. Bunların aksine Na, Ca, Mg ve P miktarlarının olgunlaşma ile azaldığının belirlendiği çalışmalara da rastlanmıştır (Sanchez-Castillo ve ark., 1998). Zou ve ark., (2015) bazı makro ve mikro element seviyelerinin en yüksek düzeye ulaştığı olgunlaşma dönemlerinin biber türlerine ve yetiştirilen bölgenin ekolojik koşullarına bağlı olarak farklılık gösterebileceği belirtmiştir. Bu nedenle, biber meyvelerinin besin element içeriklerinin türlere ve yetiştirme dönemlerine bağlı olarak değişebileceği ve bu durum çalışmadaki sonuçların literatürde yapılan diğer çalışmalarla kısmen uyumlu olabileceğini göstermektedir.

### 3. Sonuçlar

Makro ve mikro element analizlerine göre, 20., 40. ve 60. günlerde hasat edilen 3 farklı biber türünün meyvelerinde bulunan element içerikleri arasında anlamlı farklar tespit edilmiştir. Verilerin tür ve çiçeklenme sonrası geçen süreler açısından istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Elementlerin miktarlarında zamanla değişen eğilimler gözlemlenmiş, bu da meyvelerin gelişim evrelerinin element içerikleri üzerinde etkili olduğu sonucunu doğrulamaktadır. Bununla birlikte, farklı biber türleri arasında da element içerikleri açısından önemli farklılıklar saptanmıştır. Bu sonuçlar, türlerin genetik özellikleri, beslenme gereksinimleri ve adaptasyon kabiliyetleri gibi faktörlerin element içeriğini belirlemede kritik birer rol oynadığını göstermektedir. Özellikle, farklı türlerin element biriktirme yetenekleri ve toprakla etkileşimleri bu sonuçların arkasındaki temel sebeplerden biri olabilir. Bu bulgular, farklı biber türlerinin farklı olgunluk dönemlerindeki makro ve mikro besin element

içeriklerinin çiçeklenme sonrası değişimini açıklamak için değerli bir katkı sağlamaktadır. Biberlerin gelişim evrelerine özel besleme programları geliştirilerek optimum element içeriklerini sağlamak, bitki sağlığı ve verimliliğini artırmak için önemlidir. Özellikle, farklı biber türlerinde bitkilerin besin içeriği üzerine yapılan çalışmalar, beslenme alışkanlıklarının iyileştirilmesi ve sağlıklı beslenmeye yönelik daha etkili politikaların geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

### Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

### Açıklama

Bu çalışma, ilk yazarın doktora tezinden özetlenmiştir.

### Kaynaklar

- Ahmad, I., Rawoof, A., Dubey, M., Ramchiary, N., 2021. ICP-MS based analysis of mineral elements composition during fruit development in Capsicum germplasm. *Journal of Food Composition and Analysis*, 101: 103977.
- Anonim, 2022. Bitkisel Üretim İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu, (<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2022-45504>), (Erişim Tarihi: 29.03.2023).
- Bergholm, A.J., 1982. Halter av mineraler i frukt och grönsaker på den svenska marknaden (Contents of minerals in fruits and vegetables on the swedish market). *Vår Föda*, 34:59–78.

- Biurrun, M.C.Y., Barrera, P.B., Barrera, A.B., 1991. Determinación de sodio y calcio en frutas y hortalizas por espectrofotometría de absorción atómica. *Alimentaria: Revista de Tecnología e Higiene de Los Alimentos*, (222): 53-56.
- Cervantes-Hernández, F., Alcalá-González, P., Martínez, O., Ordaz-Ortiz, J. J., 2019. Placenta, pericarp, and seeds of tabasco chili pepper fruits show a contrasting diversity of bioactive metabolites. *Metabolites*, 9(10): 206.
- Cole, J.C., Smith, M.W., Penn, C.J., Cheary, B.S., Conaghan, K.J., 2016. Nitrogen, phosphorus, calcium, and magnesium applied individually or as a slow release or controlled release fertilizer increase growth and yield and affect macronutrient and micronutrient concentration and content of field-grown tomato plants. *Scientia Horticulturae*, 211: 420–430.
- Ibourki, M., Ait Bouzid, H., Bijla, L., Sakar, E.H., Asdadi, A., Laknifli, A., Gharby, S., 2022. Mineral profiling of twenty wild and cultivated aromatic and medicinal plants growing in Morocco. *Biological Trace Element Research*, 1-10.
- Liu, R.H., 2013. Health-promoting components of fruits and vegetables in the diet. *Advances in Nutrition*, 4(3): 384-392.
- Mamedov, M.I., Pyshnaya, O.N., Dzhos, Y. A., Matyukina, A.A., Golubkina, N.A., Nadezhkin, S.M., Pivovarov, V.F., 2015. Quality characteristics of paprika pepper varieties (*Capsicum annum* L.) under Moscow Oblast conditions. *Russian Agricultural Sciences*, 41(5): 326-330.
- Mengel, K., Özbek, H., Kaya, Z., Tamcı, M., 1984. Bitkinin beslenmesi ve metabolizması. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:162, Ders Kitabı:12, Adana.
- Olatunji, T.L., Afolayan, A.J., 2018. The suitability of chili pepper (*Capsicum annum* L.) for alleviating human micronutrient dietary deficiencies: A review. *Food Science & Nutrition*, 6(8): 2239-2251.
- Rubio, C., Hardisson, A., Martín, R., Báez, A., Martín, M., Álvarez, R., 2002. Mineral composition of the red and green pepper (*Capsicum annum*) from Tenerife Island. *European Food Research and Technology*, 214: 501-504.
- Sanchez-Castillo, C.P., Dewey, P.J., Aguirre, A., Lara, J.J., Vaca, R., de la Barra, P.L., James, W.P.T., 1998. The mineral content of Mexican fruits and vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis*, 11(4): 340-356.
- Sarpras, M., Ahmad, I., Rawoof, A., Ramchiary, N., 2019. Comparative analysis of developmental changes of fruit metabolites, antioxidant activities and mineral elements content in Bhut jolokia and other Capsicum species. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 105: 363-370.
- Satheesh, N., Workneh Fanta, S., 2020. Kale: Review on nutritional composition, bio-active compounds, anti-nutritional factors, health beneficial properties and value-added products. *Cogent Food & Agriculture*, 6(1): 1811048.
- Sevgi Kirdar, S., Kose, Ş., Gun, İ., Ocak, E., Kursun, Ö., 2015. Do consumption of Kargi Tulum cheese meet daily requirements for minerals and trace elements?. *Mljekarstvo/Dairy*, 65(3).
- Sies, H., 1991. Oxidative stress-from basic research to clinical-application. *The American Journal of Medicine*, 91: 31-38.



- Sun, T., Xu, Z., Wu, C.T., Janes, M., Prinyawiwatkul, W., No, H.K., 2007. Antioxidant activities of different colored sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Food Science*, 72(2): 98-102.
- Tefera, M., Chandravanshi, B.S., 2018. Assessment of metal contents in commercially available ethiopian red pepper. *International Food Research Journal*, 25(3): 25-27.
- Wahyuni, Y., Ballester, A.R., Sudarmonowati, E., Bino, R.J., & Bovy, A.G., 2011. Metabolite biodiversity in pepper (*Capsicum*) fruits of thirty-two diverse accessions: Variation in health-related compounds and implications for breeding. *Phytochemistry*, 72(11-12), 1358-1370.
- Zou, Y., Ma, K., Tian, M., 2015. Chemical composition and nutritive value of hot pepper seed (*Capsicum annuum*) grown in Northeast Region of China. *Food Science and Technology*, 35: 659-663.

---

<b>Atıf Şekli</b>	Erol, Ü.H., Arpacı, B.B., 2023. Biber Türlerinin Olgunlaşma Dönemlerindeki Makro ve Mikro Element İçerikleri. <i>ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 7(3):508-516. DOI: <a href="https://doi.org/10.18016/10.5281/zenodo.8303821">https://doi.org/10.18016/10.5281/zenodo.8303821</a> .
<b>To Cite</b>	Erol, Ü.H., Arpacı, B.B., 2023. Macro and Micro Element Contents of Pepper Species at Maturation Periods. <i>ISPEC Journal of Agricultural Sciences</i> , 7(3):508-516. DOI: <a href="https://doi.org/10.18016/10.5281/zenodo.8303821">https://doi.org/10.18016/10.5281/zenodo.8303821</a> .

---