



Tarım Bilimleri Dergisi
Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:
www.agri.ankara.edu.tr/journal

Bazı Lahanagil (*Cruciferae*) ve Baklagil (*Fabaceae*) Türlerinin Tohum Filizlerindeki Kimyasal Özelliklerin Değişimi ve Beslenme Değeri

Levent ARIN^a, Muhammet ARICI^b, Serdar POLAT^a, Ertan ATEŞ^c

^aNamık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 59030, Tekirdağ, TÜRKİYE

^bYıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 34220, Esenler-İstanbul, TÜRKİYE

^cNamık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 59030, Tekirdağ, TÜRKİYE

ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Sorumlu Yazar: Levent ARIN, E-posta: larin@nku.edu.tr, Tel: +90 (282) 250 20 54

Geliş Tarihi: 26 Eylül 2013, Düzeltmelerin Gelişi: 27 Aralık 2013, Kabul: 07 Şubat 2014

ÖZET

Cruciferae ve *Fabaceae* familyasına ait bazı türlerin tohumları (Brokoli, Brüksel lahanası, Soya ve İran üçgülü) filiz tüketimi amacıyla ışık, 12 saat ışık + 12 saat karanlık ve tamamen karanlık koşullarda ayrı ayrı ya da karışımlar halinde bitki büyüme kabiniinde 20 ± 1 °C'de 5 gün süreyle çimlendirilmiştir. Işık koşullarında çimlendirilen tüm filizlerin protein, şeker ve C vitamini içeriği, karanlıkta yetiştirilenlere göre daha yüksek bulunmuştur. Protein içeriği 2.21 g 100 g⁻¹ (Brüksel lahanası) ile 8.49 g 100 g⁻¹ (soya) arasında değişmiştir. Filizlerin tohumlara göre daha yüksek şeker içerdiği ve filizlerin C vitamini kapsamının tohumlarla karşılaştırıldığında yaklaşık 3 ile 9 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Kalsiyum, fosfor ve potasyum seviyeleri bakımından tohumlar ve filizler arasında farklılık görülmemiştir.

Anahtar Kelimeler: Brokoli; Brüksel lahanası; Soya; İran üçgülü; Tohum filizi; Çimlendirme koşulları

Changes in Chemical Properties of Seed Sprouts of Some *Cruciferae* and *Fabaceae* Species and Their Nutritional Value

ARTICAL INFO

Research Article

Corresponding Author: Levent ARIN, E-mail: larin@nku.edu.tr, Tel: +90 (282) 250 20 54

Received: 26 September 2013, Received in Revised Form: 27 December 2013, Accepted: 7 February 2014

ABSTRACT

The seeds of some species in *Cruciferae* and *Fabaceae* (Broccoli, Brussels sprout, soybean, Persian clover) were germinated for sprout consumption either alone or as mixtures under the full day light, 12 hours light + 12 hours darkness and fully darkness conditions in growth chamber at 20 ± 1 °C for 5 days. Protein, sugar and vitamin C contents in all sprouts germinated under light conditions were higher than that of grown under dark conditions. Protein content was between 2.21 g 100 g⁻¹ (Brussels sprouts) and 8.49 g 100 g⁻¹ (soybean). The sprouts contained higher amount of sugar than seeds. Vitamin C content of sprouts were approximately three to nine fold higher than their seeds. No significant differences were found between sprouts and their seeds for calcium, phosphorus and potassium contents.

Keywords: Broccoli; Brussels sprout; Soybean; Persian clover; Seed sprout; Germination conditions

1. Giriş

Gıda olarak tohum filizi kullanımı, Uzak Doğu orijinlidir ve son yıllarda minimum seviyede işlenmiş, katkısız, doğal, besleyici ve sağlıklı gıdalara yönelim nedeniyle batı dünyasında da yaygınlaşmıştır (Plaza et al 2003; Weiss & Hammes 2005). Örneğin, Amerikalıların % 10'u düzenli olarak tohum filizi tüketmektedir. ABD'de üretilen tohum filizi yaklaşık 300.000 tona ve 250 milyon dolarlık bir pazar değerine ulaşmaktadır (Kurtzweil 1999). Kore'de ise temel gıdalar arasında yer alan soya filizinin yıllık üretimi yaklaşık 480.000 ton ve pazar payı 360-480 milyon dolar arasındadır (No et al 2003; Kim et al 2006). Genel olarak, su kapsamı düşük ve besin içeriği yüksek olan tohumların çimlendirilmesi ile protein, vitamin ve diğer besin elementlerinin biyolojik yararlılığı yükselmekte, toksin ve enzim inhibitörlerinin etkinliği azalıp sindirilebilirliği artmaktadır. Tohumlar, serbest radikallerin olumsuz etkilerini azaltan antioksidanlar bakımından zengindir. Ayrıca, zararlı kolesterolü azaltıcı ve diyabetiklerin yaşam kalitesinin iyileştirici, ileri yaşlarda bir göz kusuru olan makular dejenerasyonu geciktirici ve başta kanser olmak üzere birçok hastalığı önleyici etkilere sahip oldukları belirtilmektedir (Zielinski et al 2005; PHY 2014).

Tohum filizi üretiminde genellikle buğdaygil (*Gramineae*) ve baklagil (*Fabaceae*) tohumları kullanılmaktadır. Baklagiller içerisinde en çok üretilen ve bilineni, fenolik bileşiklerce zengin olan soya filizidir (Kim et al 2006). Soya, yüksek kalitede protein ve amino asit içeriği nedeniyle de birçok araştırmaya konu olmuştur. Doğu ülkelerinde akciğer, kolon, prostat kanseri, osteoporosis ve kalp-damar hastalıklarının ender görülmesinin yoğun soya ve soya ürünleri tüketimi ile ilişkili olabileceği bildirilmektedir (Plaza et al 2003). Son yıllarda fonksiyonel gıda arayışına paralel olarak hastalıkların önlenmesi ve tedavisindeki olumlu etkileri nedeniyle lahanagil (*Cruciferae*) familyası türlerine de artan bir ilgi görülmektedir. Bu türlerin tüketilmesiyle, DNA zararlanmasının azalabileceği, deoksifatif enzim seviyesinin artabileceği ve içerdikleri methylsulphinylalkyl glucosionalat'tan

oluşan isothiocyanatın kanser riskinin azaltılmasında önemli olabileceği öne sürülmektedir (Faulkner et al 1998). Ayrıca, üç günlük brokoli filizinin normal sebze göre çok fazla sulforaphane içerdiği ve az miktarda filiz tüketiminin çok fazla sebze tüketilmesine karşılık gelecek şekilde kansere karşı etkili olabileceği (Fahey et al 1997), çimlenen brokoli tohumunun antikanser enzim üretimini stimüle ettiği (Fahey 2005), filizlerin sulforaphana dönüşebilen glucoraphanini yüksek düzeyde içerdiği (Farnham 2005) ifade edilmektedir. Tek türden elde edilen filizlerin besin değeri, biyoaktif bileşenler ve mineral madde kapsamına, tohumların ıslatılma ve çimlendirme süresine, ortam sıcaklığı ve nemine, kullanılan tohum ve çeşide, muhafaza ve depolama koşullarına göre farklılık gösterebilmektedir (Krug 1991; Plaza et al 2003; Kim et al 2006; Billings 2014).

Ülkemizde tohum filizine ancak büyük tüketim merkezlerindeki bazı marketlerde ve sınırlı sayıda türde rastlanılmaktadır. Toplumumuz için oldukça yeni sayılabilecek tohum filizi konusunda yapılan bilimsel araştırmalar ve veri kaynakları yok denecek kadar azdır (Arın 1997; Orhun & Arın 2008). Bu çalışma, lahanagil ve baklagil familyalarına ait bazı türlerin (brokoli, Brüksel lahanası, soya ve İran üçgülü) tohumlarının ayrı ayrı ve karışımlar halinde farklı ışık koşulları altında çimlendirilmesinin tohum filizinin protein, şeker, C vitamini, kalsiyum, fosfor ve potasyum içeriği üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Ayrıca ülkemizde konuyla ilgili ileride yürütülecek çalışmalar için ön bilgilere ulaşılması hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Bitkisel materyal

Çalışma, Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü'nde yürütülmüştür. Bitkisel materyal olarak tohum filizinin üretiminde yaygın olarak kullanılan türler seçilmiştir; brokolinin (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) Jade F₁ çeşidi, Brüksel lahanasının (*Brassica oleracea* L. var. *gemmifera*) Nautic F₁ çeşidi, aynı Fakültenin Tarla Bitkileri Bölümü tarafından saf hat

seleksiyonu ile geliştirilen soyanın (*Glycine max.* L.) YM hattı ve İran üçgülünün (*Trifolium resupinatum* L. var. *majus* Boiss.) S üçgül hattı kullanılmıştır. Brokoli, soya ve İran üçgülünde o yılın herhangi bir koruyucu kimyasal ya da pestisit ile muamele edilmemiş tohumları kullanılmıştır. Bu nitelikte tohum bulmanın güç olduğu Brüksel lahanasında ise organik tohumlar kullanılmıştır. Tohumlar tek veya karışım halinde çimlendirilmiştir. Tohum ve tohum karışım oranları ve uygulama kodları çizelge 1’de verilmiştir. Ağırlık bazında her bir tohum ve tohum karışımından 8 g kullanılmıştır.

2.2. Tohumların hazırlanması ve çimlendirme

Deneme başlangıcında tohum örneklerinin çimlenme oranları, protein, toplam şeker, C vitamini, kalsiyum (Ca), fosfor (P) ve potasyum (K) içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 2). Uygulama öncesinde tohumlar önce suda yıkanarak yabancı

materyallerden arındırılmış, 20.000 ppm’lik $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ çözeltisinde 5 dakika tutularak yüzey sterilizasyonu yapılmış (Söylemez et al 2001; Weiss & Hammes 2005), yıkanmış ve 5 saat süreyle ıslatmaya bırakılmıştır. Tohumlar, 17 x 12 x 6 cm boyutlarındaki hijyenik gıda kapları ve kaplara uygun sökülebilir nitelikte tel ızgaralar üzerine serilerek bitki büyüme kabinine alınmıştır. Çimlendirmeye alınan tohumlara üç farklı ışıklenme süresi uygulanmıştır; (1) 24 saat aydınlık (ışık), (2) 12 saat aydınlık + 12 saat karanlık (ışık+karanlık) ve (3) tamamen karanlık. Bitki büyüme kabininde ışık yoğunluğu 17.000 lüks, ortam sıcaklığı 20 ± 1 °C ve oransal nem % 60 ± 5 koşulları sağlanmıştır. Tohumlar beş gün süreyle çimlendirilmiştir. Bu süre içinde tohumların suları günde iki kez drene edilmiş, tohumlar akan su altında yıkanmış ve yeniden bitki büyüme kabinine alınmıştır.

Çizelge 1- Uygulama kodları, tohumları çimlendirilen türler ve karışım oranları

Table 1- Name of species, mixing ratios and treatment codes

Uygulama numarası	Tür / Karışım	Karışım oranı
I	Brokoli	
II	Brüksel lahanası	
III	Soya	
IV	İran üçgülü	
V	Brokoli+Brüksel lahanası	1:1
VI	Soya+İran üçgülü	1:1
VII	(Brokoli+Brüksel lahanası) + (Soya+İran üçgülü)	1:1
VIII	(Brokoli+Brüksel lahanası) + (Soya+İran üçgülü)	3:1
IX	(Brokoli+Brüksel lahanası) + (Soya+İran üçgülü)	1:3

Çizelge 2- Brokoli, Brüksel lahanası, soya ve İran üçgülü tohumlarının protein, toplam şeker, C vitamini, kalsiyum, fosfor, potasyum içerikleri ve çimlenme oranı

Table 2- Germination percentages and protein, total sugar, vitamin C, calcium, phosphorus and potassium contents of broccoli, Brussels sprouts, Persian clover and Soybean seeds

Ürün	Çimlenme oranı (%)	Protein (g 100 g ⁻¹)	Şeker (g 100 g ⁻¹)	C vitamini (mg 100 g ⁻¹)	Kalsiyum (mg 100 g ⁻¹)	Fosfor (mg 100 g ⁻¹)	Potasyum (mg 100 g ⁻¹)
Brokoli	75	2.51	1.67	27.10	35.7	65.5	322.7
B. lahanası	92	2.49	3.01	25.10	47.1	55.5	312.7
Soya	90	9.51	1.71	3.70	162.8	64.7	439.8
İran üçgülü	73	6.17	0.98	1.20	112.7	47.0	86.8

2.3. Kimyasal analizler

Çimlendirme sonrasında, tohum filizleri havlu kağıt üzerinde yaklaşık iki saat süreyle bekletilmiş ve fazla suyun uzaklaşması sağlanmıştır. Cam petri kapları içine alınan filizler 55 °C'lik etüvde ağırlıkları sabit kalıncaya kadar kurutulmuş, öğütülerek ağızları kilitli hava geçirmez plastik poşetlere alınmış ve analiz yapılmaya kadar buzdolabında 5 ± 1 °C'de muhafaza edilmiştir. Tohum filizi örneklerinde mikro Kjeldahl yöntemiyle protein (g 100 g⁻¹), TOKB (1988)'e göre toplam şeker (g 100 g⁻¹), Pearson (1970)'a göre C vitamini (mg 100 g⁻¹) ve spektrofotometrik olarak kalsiyum, fosfor ve potasyum miktarları (mg 100 g⁻¹) belirlenmiştir (AOAC 1999). Deneme, faktöriyel düzende tesadüf parselleri deneme deseninde üç tekerrürlü olarak yürütülmüş, veriler TARİST (Açıkgöz et al 1994) paket programı ile varyans analizine (ANOVA) tabii tutulmuş ve LSD testi gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Protein

Tohum filizlerindeki protein içeriği açısından uygulamaların ana etkileri ile interaksiyon önemli bulunmuştur ve ışıklanma süresinin değişimi ile farklı türlerin tohum filizlerinin protein içeriği değişim göstermiştir ($P < 0.01$). Işık süresinin azalmasına paralel olarak protein içeriğinin azaldığı belirlenmiştir. En yüksek protein miktarı ışık koşullarında yetiştirilen filizlerde (5.02 g 100 g⁻¹),

en düşük değer ise tamamen karanlıkta yetiştirilen filizlerde (4.31 g 100 g⁻¹) tespit edilmiştir (Çizelge 3). Öte yandan, çimlendirme öncesi tohumların sahip oldukları protein içeriklerine paralel olarak (Çizelge 2), en yüksek protein kapsamı soya filizlerinde (8.49 g 100 g⁻¹) belirlenmiş ve bunu üçgül-soya karışımı (1:1) izlemiştir. İnteraksiyon açısından değerlendirildiğinde, en yüksek protein kapsamı bütün ışıklanma koşullarında (ışık, ışık+karanlık, karanlık) en yüksek değer veren soya filizlerinden elde edilmiştir (sırasıyla 8.99, 8.46 ve 8.02 g 100 g⁻¹). En düşük protein kapsamı ise 1.99 g 100 g⁻¹ ile karanlıkta çimlendirilen Brüksel lahanası filizlerinde tespit edilmiştir.

Genel olarak, bütün türlerin tohum ve karışımlarda ışıktan karanlığa doğru gidildikçe düzenli azalış görülmüştür. Bu sonuç, filizlerdeki protein metabolizmasının ışık koşullarda daha hızlı çalışması ile ilişkilidir. Ayrıca tohumların başlangıçta sahip oldukları protein içeriklerini çimlendirme sonrası da yaklaşık olarak korudukları gözlenmiştir. Örneğin, soyada çimlendirme öncesi ve sonrasında protein içeriği sırasıyla 9.51 g 100 g⁻¹ ve 8.49 g 100 g⁻¹ olmuştur. Baklagil türlerinin lahanagil türlerine göre daha yüksek protein içerdiğiyle ilgili bilinen genel durum tohumların çimlendirilmesi sonrası da ortaya çıkmış ve tohum karışımlarında da görülmüştür. Bu çalışmada, ışık koşulları ve türlere göre değişmekle birlikte 8.99 g 100 g⁻¹ (soya-ışık) ile 1.99 g 100 g⁻¹ (Brüksel lahanası-karanlık) arasında protein miktarı tespit edilmiştir. Sonuçlar, turpta 1.4 g ve soyada

Çizelge 3- Tohum karışımları ve ışıklanmanın filizlerin protein içeriği üzerine etkileri (g 100 g⁻¹)

Table 3- Effect of light and seed mixture on protein content (g 100 g⁻¹) of sprouts

Işık koşulları	Protein miktarı (g 100 g ⁻¹)									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Ortalama
Işık	2.56 q	2.39 s	8.99 a	5.70 ı	2.53 qr	7.58 p	5.40 j	3.78 n	6.28 g	5.02 a
Işık+Karanlık	2.39 s	2.25 t	8.46 b	5.19 k	2.44 rs	6.80 e	5.06 l	3.48 o	5.86 h	4.66 b
Karanlık	2.21 t	1.99 u	8.02 c	4.80 m	2.07 u	6.41 f	4.69 m	3.23 p	5.39 j	4.31 c
Ortalama	2.38 g	2.21 h	8.49 a	5.23 d	2.35 g	6.93 b	5.05 e	3.50 f	5.84 c	

Tohum filizi karışımları, $LSD_{0.01} = 0.087$; ışık koşulları, $LSD_{0.01} = 0.050$; interaksiyon, $LSD_{0.01} = 0.115$

9.0 g protein olduğunu bildiren No et al (2003) ile turp, kolza ve hardal gibi lahanagil türlerinin tohumlarında 2.16-2.86 g ve filizlerinde 2.08-3.27 g arasında protein bulunduğunu, ayrıca tohuma göre filizlerde bazen az, bazen çok ama genel olarak birbirine yakın değerlerde protein olduğunu ifade eden Zielinski et al (2005)'ın bulgularıyla benzerlik göstermektedir. Farklı ışıklandırma sürelerine bağlı olarak soya filizlerinde belirlediğimiz protein miktarı (8.02-8.99 g 100 g⁻¹), soya filizinde 0.7-2.0 g protein bulunduğunu belirten Krug (1991)'a ve aynı türde protein miktarının 5.8 g olduğunu bildiren Liebster (1991)'a göre daha yüksektir. Bu farklılığın çeşit, tohumun iriliği, ağırlığı ve kimyasal kompozisyonu, ıslatma süresi, sıcaklık vb. (No et al 2003; Plaza et al 2003) faktörlerden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

3.2. Toplam şeker

Toplam şeker içeriği bakımından uygulamaların ana etkileri ve interaksiyon önemli çıkmıştır (P<0.01). Protein içeriğine benzer şekilde, en yüksek şeker miktarı ışık koşullarında (2.43 g 100 g⁻¹) tespit edilmiş ve ışık azaldıkça şeker miktarı da azalmıştır (Çizelge 4). Türler açısından, çimlendirme öncesi en yüksek şeker (3.01 g 100 g⁻¹) içeriğine sahip Brüksel lahanası tohumları (Çizelge 2) çimlendirme sonrasında da ortalama 3.62 g 100 g⁻¹ ile en büyük değeri vermiştir. Işık ve türler birlikte değerlendirildiğinde, en yüksek şeker içeriği (3.88 g 100 g⁻¹) ışık koşullarında çimlendirilen Brüksel lahanasında bulunmuş ve bunu sırasıyla yine karanlık ve ışık+karanlık koşullarında çimlenen filizleri

izlemiştir. En düşük şeker seviyesi ise İran üçgülünün ışık + karanlık ve karanlık uygulamalarından elde edilmiştir. Işık koşullarda çimlendirilen tohumların, yarı ışık ve karanlık koşullarda çimlendirilenlere göre daha yüksek şeker içeriğine sahip olmasının filizlerin fotosentez yapması, böylece karbonhidrat birikiminin ve sekonder metabolit oluşumunun hızlı gerçekleşmesi ile ilişkili olduğu belirtilmektedir (Kim et al 2006). Bütün türlerin filizlerinde, tohumların başlangıç şeker içeriklerine göre az da olsa artış belirlenmiştir. Öte yandan tohumların şeker içeriklerindeki sıralama, filizlerine de yansımıştır. Örneğin tohumunda 3.01 g ile en yüksek şekerde sahip Brüksel lahanası, çimlendirme sonrası 3.62 g ile en büyük değeri vermiştir. Zielinski et al (2005)'da lahanagillerden findık turpu, iri turp, kolza ve hardalda karbonhidratlar bakımından çimlendirme ile tohuma göre sırasıyla % 35, 27, 38 ve 4'lük artışlar belirlediğini bildirmektedir.

3.3. C vitamini

Çizelge 5'ten de görüleceği gibi C vitamini içeriği üzerine tür ve ışıklandırma süresi uygulamalarının ana etkileri ve interaksiyon önemli bulunmuştur (P<0.01). Işıktaki çimlendirilen tohum filizleri, karanlıkta çimlendirilenlere göre daha yüksek C vitaminiye sahip olmuştur. C vitamini kapsamı bakımından en yüksek değer ortalama 72.26 mg 100 g⁻¹ ile brokoli filizlerinden elde edilmiş, bunu yine brokolinin yer aldığı lahanagiller karışımı izlemiş (64.01 mg 100 g⁻¹) ve en düşük C vitamini miktarı İran üçgülünde (10.45 mg 100 g⁻¹) saptanmıştır. Tür ve karışımları ile ışık uygulamaları arasındaki

Çizelge 4- Tohum karışımları ve ışıklandırmanın filizlerin toplam şeker içeriği üzerine etkileri (g 100 g⁻¹)

Table 4- Effect of light and seed mixture on total sugar content (g 100 g⁻¹) of sprouts

Işık koşulları	Toplam şeker (g 100 g ⁻¹)									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Ortalama
Işık	2.15 h	3.88 a	2.59 e	1.21 d	2.99 c	1.82 m	2.35 g	2.73 d	2.17 h	2.43 a
Işık+Karanlık	1.95 kl	3.43 b	2.48 f	1.09 p	2.67 de	1.69 n	2.07 ij	2.60 e	2.02 jk	2.23 b
Karanlık	1.87 lm	3.52 b	2.42 fg	1.00 p	2.67 de	1.62 n	1.88 lm	2.41 fg	1.98 jk	2.15 c
Ortalama	1.99 f	3.62 a	2.50 d	1.10 h	2.78 b	1.71 g	2.10 e	2.58 c	2.06 e	

Tohum filizi karışımları, LSD_{0.01} = 0.065; ışık koşulları, LSD_{0.01} = 0.037; interaksiyon, LSD_{0.01} = 0.897

etkileşime bakıldığında, en fazla C vitamini ışık koşullarında çimlendirilen brokolide elde edilmiş (78.77 mg 100 g⁻¹), bunu sırasıyla brokolinin ışık+karanlık uygulaması (74.73 mg 100 g⁻¹), brokoli ve Brüksel lahanası karışımının ışık (69.30 mg 100 g⁻¹) ve ışık + karanlık (64.33 mg 100 g⁻¹) uygulamaları izlemiştir. En düşük C vitamini miktarı ise 9.84 mg 100 g⁻¹ ile karanlık koşullarda çimlendirilen İran üçgülünde tespit edilmiştir. Tohum filizinin C vitamini içeriği, ürünün besin ve satış değerini etkileyen ana faktörlerden biridir (Lee et al 2005). Aydınlik ortamda çimlendirilen tohumlarda askorbik asit biyosentezi oldukça yüksek seviyede gerçekleşmektedir (Plaza et al 2003). Çalışmamızda buna paralel olarak, ışık koşullarında çimlenmiş tohum filizlerinde ışık+karanlık ve karanlık uygulamalarına göre daha yüksek C vitamini tespit edilmiş (Çizelge 5) ve ışıkta çimlendirme karanlıkta çimlendirmeye göre ortalama % 20.15'lik artış sağlamıştır. Xu et al (2005) benzer şekilde soyada farklı 6 ışık kalitesi ile kontrol (karanlık) arasında C vitamini içeriği bakımından % 77'ye varan farklılıklarının olduğunu bildirmektedir. Soya filizlerinde C vitamini 4.76 ile 22.04 mg arasında değişim göstermektedir (No et al 2003). Çalışmamızda, filizlerde C vitamini içeriği açısından tohuma göre % 229.9 (Brüksel lahanası) ile % 870.8 (İran üçgülü) arasında artışlar meydana gelmiştir. Benzer şekilde Krug (1991), çimlendirme ile C vitamini içeriğinin 3-35 kat artabileceğini ifade etmektedir. Plaza et al (2003) de C vitamini miktarının çimlendirilen buğdayda 1.5, soyada 3, yoncada 10 kat arttığını tespit etmiştir. Çalışmamızda

türler içinde brokoli en yüksek C vitaminini (72.26 mg 100 g⁻¹) vermiş, bunu lahanagil karışımı (64.01 mg 100 g⁻¹) ile Brüksel lahanası (57.71 mg 100 g⁻¹) takip etmiştir (Çizelge 5). Yine çalışmamızda, çimlendirme beş gün süreyle devam etmiştir. Oysa, Orhun & Arın (2008) turpta çimlendirme ortamı ve süresine bağlı olarak 62.1 ile 162.7 mg arası C vitamini olduğunu ve çimlendirme süresinin 2 günden 5 güne çıkarılması ile C vitamininde azalış meydana geldiğine dikkat çekmiştir. Sonuçlarımız, insan sağlığı açısından, özellikle lahanagillerin filizlerinin ve onların karışımlarının, farklı yaş ve cinsiyet gruplarına göre 45-90 mg olarak önerilen günlük C vitamini gereksinimini (IOM 2008; ANVY 2008), 100 g yenmesi halinde tek başına karşılayabilecek nitelikte olduğunu göstermektedir.

3.4. Kalsiyum

Tohum filizlerinin Ca içeriği üzerine, uygulamaların ana etkileri ve interaksyonun önemli olduğu saptanmıştır (P<0.01). Işıklanma süresi bakımından, ışık ve ışık+karanlık uygulamaları arasındaki farklılık önemli çıkmış ancak farklılık çok küçük olmuştur (Çizelge 6). Türler açısından incelendiğinde genel olarak baklagil filizlerinin lahanagil filizlerine göre daha fazla Ca içerdiği görülmüştür. Bu açıdan soya fasulyesi filizleri 162.52 mg 100 g⁻¹ ile en yüksek Ca içeriğine sahip iken Brüksel lahanası 36.04 mg 100 g⁻¹ ile en düşük değeri vermiştir. Öte yandan, uygulamalar birlikte değerlendirildiğinde en yüksek Ca içeriği (163.10 mg 100 g⁻¹) ışıkta çimlendirilen soya fasulyesi filizlerinde elde edilmiş, Brüksel lahanası ise tüm

Çizelge 5- Tohum karışımları ve ışıklandırmanın filizlerin C vitamini içeriği üzerine etkileri (mg 100 g⁻¹)

Table 5- Effect of light and seed mixture on vitamin C content (mg 100 g⁻¹) of sprouts

Işık koşulları	C vitamini (mg 100 g ⁻¹)									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Ortalama
Işık	78.77 a	61.93 d	14.87 m	11.37 np	69.30 c	13.63 mn	43.63 h	56.83 ef	27.90 j	42.03 a
Işık+Karanlık	74.73 b	57.43 e	13.07 mo	10.13 p	64.33 d	11.77 np	43.23 h	54.17 fg	24.30 k	39.24 b
Karanlık	63.27 d	53.77 g	11.30 np	9.84 p	58.40 e	10.77 op	34.03 ı	52.13 g	21.40 l	34.98 c
Ortalama	72.26 a	57.71 c	13.08 g	10.45 h	64.01 b	12.03 g	40.30 e	54.38 d	24.53 f	

Tohum filizi karışımları, LSD_{0.01} = 1.573; ışık koşulları, LSD_{0.01} = 0.908; interaksyon, LSD_{0.01} = 2.809

ışıklanma koşullarında en düşük Ca içermiştir. Plaza et al (2003) tohumların çimlendirilmesi ile Ca içeriğinde kuru ağırlık bazında 3 kat artış olduğunu, Zielinski et al (2005) de kolza, turp, hardal gibi lahanagillerde tohuma göre Ca miktarının % 12 oranında arttığını belirtmiştir. Oysa bu çalışmada, farklı ışık koşulları filizlerin Ca içeriğinde belirleyici olmamış ve çimlendirme sonrasında tohumların çimlendirme öncesindeki Ca içeriğine paralel değerler elde edilmiştir (Çizelge 2, 6). Bu sonuçlar, diğer çalışmalarda da belirtildiği gibi tür, çeşit, çimlendirme ortamı, süresi, yıkama suyu gibi faktörlerden kaynaklanabilmektedir (Billings, 2014).

3.5. Fosfor

Türler ve karışımları arasında görülen farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$, Çizelge 7). En yüksek P içeriğini 66.22 mg 100 g⁻¹ ile soya fasulyesi vermiş, bunu 65.42 mg 100 g⁻¹ ile brokoli izlemiştir. Bu sonuçlar, brokolide 66

mg P bulunduğunu ifade eden Lorenz ve Maynard (1988)'ın ve soya filizinin 58 mg P içerdiğini bildiren Liebster (1991)'ın sonuçlarına paralellik göstermektedir. Tohum filizlerinin P içerikleri de tohumların P içeriğine yakın olmuş, soya ve brokolinin P içerikleri diğerlerine göre daha yüksek bulunmuştur.

3.6. Potasyum

Tohum filizlerinin K içeriği üzerine tohum karışımları ve ışıklanma süresi istatistikî önemde etkili olmuştur (Filiz için $P<0.05$, Işık için $P<0.01$, Çizelge 8). En yüksek K içeriği soya fasulyesinde (439.30 mg 100 g⁻¹) belirlenmiş ve bunu 320.96 mg 100 g⁻¹ ile brokoli izlemiştir. Benzer şekilde Lorenz ve Maynard (1988), brokolide 325 mg, Liebster (1991) ise soyada 418 mg K bulunduğunu ifade etmiştir. En düşük K içeriğini ise 87.12 mg 100 g⁻¹ ile İran üçgülü vermiştir. Karışımların ise, karışımı oluşturan her bir türün ayrı ayrı içerdiği K miktarı ile orantılı olarak K ihtiva

Çizelge 6- Tohum karışımları ve ışıklanmanın filizlerin kalsiyum içeriği üzerine etkileri (mg 100 g⁻¹)

Table 6- Effect of light and seed mixture on calcium content (mg 100 g⁻¹) of sprouts

Işık koşulları	Kalsiyum (mg 100 g ⁻¹)									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Ortalama
Işık	47.87 l	36.13 o	163.10 a	112.97 f	41.93 n	137.57 cd	92.27 ı	64.93 j	133.33 ef	90.01 a
Işık+Karanlık	47.43 lm	35.97 o	162.00 b	112.17 g	41.80 n	136.93 d	92.53 ı	64.33 jk	113.77 e	89.66 b
Karanlık	47.03 m	36.03 o	162.47 ab	113.13 ef	42.00 n	137.13 c	93.37 h	64.23 k	113.40 ef	89.93 ab
Ortalama	47.44 g	36.04 ı	162.52 a	112.76 d	41.91 h	137.41 b	92.72 e	64.50 f	113.50 c	

Tohum filizi karışımları, $LSD_{0.01} = 0.498$; ışık koşulları, $LSD_{0.01} = 0.288$; interaksiyon: $LSD_{0.01} = 0.637$

Çizelge 7- Tohum karışımları ve ışıklanmanın filizlerin fosfor içeriği üzerine etkileri (mg 100 g⁻¹)

Table 7- Effect of light and seed mixture on phosphorus content (mg 100 g⁻¹) of sprouts

Işık koşulları	Fosfor (mg 100 g ⁻¹)									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Ortalama
Işık	65.83	55.83	67.27	47.33	60.87	43.83	53.70	56.90	48.20	55.53 ns
Işık+Karanlık	65.20	55.70	65.87	47.10	60.53	43.87	54.20	57.03	48.10	55.30 ns
Karanlık	65.23	55.67	65.53	47.33	60.60	43.90	54.00	56.80	47.37	55.16 ns
Ortalama	65.42 b	55.73 e	66.22 a	47.26 g	60.67 c	43.87 h	53.97 f	56.91 d	47.89 g	

Tohum filizi karışımları, $LSD_{0.01} = 0.696$; ns, önemli değil

Çizelge 8- Tohum karışımları ve ışıklanmanın filizlerin potasyum içeriği üzerine etkileri (mg 100 g⁻¹)Table 8- Effect of light and seed mixture on potassium content (mg 100 g⁻¹) of sprouts

Işık koşulları	Potasyum (mg 100 g ⁻¹)									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Ortalama
Işık	322.47	317.00	439.27	87.20	319.90	259.90	287.77	303.83	274.63	290.22 a
Işık+Karanlık	320.43	317.03	438.73	87.17	318.97	257.83	287.07	305.27	273.87	289.60 b
Karanlık	319.97	283.57	439.90	87.00	319.53	257.23	287.13	304.53	274.53	285.93 c
Ortalama	320.96 b	305.87 d	439.30 a	87.12 ı	319.47 c	258.32 h	287.32 f	304.54 e	274.34 g	

Tohum filizi karışımları, LSD_{0,05} = 0.722; ışık koşulları, LSD_{0,01} = 0.417

ettiği görülmüştür. Ayrıca, filizlerin K içeriği ile tohumlarının K içeriği yaklaşık aynı seviyede olmuştur (Çizelge 2). Örneğin, 439.8 mg 100 g⁻¹ ile tohumlar arasında en yüksek K miktarının görüldüğü soyanın, filizlerinin 439.30 mg 100 g⁻¹ değerini verdiği, tohumu en az K içeren İran üçgülünün (86.8 mg 100 g⁻¹) de filizler arasında en düşük (87.12 mg 100 g⁻¹) K değerini gösterdiği dikkati çekmektedir.

4. Sonuçlar

Lahanagil ve baklagil familyalarındaki 4 tür ve tür karışımlarına ait tohumların tam gün ışıklanma koşullarında çimlendirilmesi, fotosenteze bağlı olarak, karanlığa göre filizlerin daha yüksek protein, şeker ve C vitamini içeriğine sahip olmasını sağlamıştır. Bununla birlikte her ne kadar duyuşanal analizler yapılmamış olsa da ışık koşullarında üretilen filizlerde doku sertleşmesi gözlenmiştir. Tohumların çimlendirmesi öncesi ve sonrası karşılaştırıldığında genel olarak protein miktarı değişmemiş, şeker bir miktar, C vitamini ise önemli oranda artmış, Ca, P ve K içeriğinde ise tohuma göre farklılık görülmemiştir. Sonuçlar, tohumların özelliklerini karışımlara bağlı olmaksızın çimlendirme sonrası da korumaları nedeniyle, filizlerin ayrı ayrı üretilip tüketim aşamasında karıştırılabileceğini göstermektedir. Fonksiyonel gıda kapsamında lahanagiller ve özellikle de brokoli ile ilgili çalışmalara devam edilmesinde yarar vardır.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenmiş olup 107O266 nolu projenin bir bölümüdür. Katkılarından dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Açıkgöz N, Akbaş M E, Moghaddam A & Özcan K (1994). PC'ler için veri tabanı esaslı türkçe istatistik paketi: TARİST, *Türkiye I. Tarla Kongresi*, 24-28 Nisan, İzmir, s. 264-267
- ANYV (2008). Recommended dietary allowance of vitamins and other nutrients. www.anyvitamins.com/rda.htm (Access Date: 22 January 2014)
- AOAC (1999). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC., pp. 1141
- Arın L (1997). Sebze olarak çimlendirilmiş tohum nedir? *Hasad* **144-145**: 41-43
- Billings T E (2014). Sprouting: A Brief Overview. <http://www.living-foods.com/articles/sprouting.html> (Access Date: 03 January 2014)
- Fahey J W (2005). Role of glucoraphanin/sulfurophane from broccoli and broccoli sprouts in protection against cancer and other oxidative and degenerative diseases. *2005 IFT Annual Meeting*, July 15-20, New Orleans, Louisiana
- Fahey J W, Zhang Y & Talalay P (1997). Broccoli sprouts: An exceptionally rich source of inducers of enzymes that protect against chemical carcinogens. *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA* **94**: 10367-10372

- Farnham M W, Stephenson K K & Fahey J W (2005). Glucoraphanin level in broccoli seed is largely determined by genotype. *HortScience* **40**(1): 50-53
- Faulkner K, Mithen R & Williamson G (1998). Selective increase of the potential anticarcinogen 4-methylsulphinylbutyl glucosinolate in broccoli. *Carcinogenesis* **19**(4): 605-609
- IOM (2008). Dietary reference intakes. www.iom.edu/Object.File/Master/21/372/0.pdf (Access Date: 22 January 2008)
- Kim E H, Kim S H, Chung J I, Chi H Y, Kim J A & Chung I M (2006). Analysis of phenolic compounds and isoflavones in soybean seeds (*Glycine max* (L) Merrill) and sprouts grown under different conditions. *European Food Research and Technology* **222**: 201-208
- Krug H (1991). *Gemüseproduktion*, 2. Auflage. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg
- Kurtzweil P (1999). Questions keep sprouting about sprouts. FDA Consumer, January-February, pp. 18-22
- Lee Y S, Kim Y H & Kim S B (2005). Changes in the respiration, growth, and vitamin C content of soybean sprouts in response to chitosan of different molecular weights. *HortScience* **40**(5): 1333-1335
- Liebster G (1991). *Warenkunde, Gemüse*, Band 2. Morion Verlagproduktion GmbH, Düsseldorf
- Lorenz O A & Maynard D N (1988). *Knott's Handbook for Vegetable Growers* (Third Edition). Wiley-Interscience Publication, New York
- No H K, Lee K S, Kim I D, Park M J, Kim S D & Meyers S D (2003). Chitosan treatment affects yield, ascorbic acid content, and hardness of soybean sprouts. *Journal of Food Science* **68**(2): 680-685
- Orhun G E & Arın L (2008). Determining the best sprouting conditions for germination of radish (*Raphanus sativus*) seeds consumed as vegetables. *Journal of Food, Agriculture & Environment* **6**(1): 123-127
- Pearson D (1970). Analysis. Determination of L. Ascorbic Acid. International Federation of Fruit-Juice Producers, No: 17
- PHY (2014). Phytochemicals. www.phytochemicals.info/plants/broccoli.php (Access Date: 03 January 2014)
- Plaza L, Ancos B & Cano M P (2003). Nutritional and health-related compounds in sprouts and seeds of soybean (*Glycine max*), wheat (*Triticum aestivum* L.) and alfalfa (*Medicago sativa*) treated by a new drying method. *European Food Research and Technology* **216**: 138-144
- Soylemez G, Brashears M M, Smith D A & Cuppett S L (2001). Microbial quality of alfalfa seeds and sprouts after a chlorine treatment and packaging modifications. *Journal of Food Science* **66**(1): 153-157
- TOKB (1988). *Gıda Maddeleri Muayene ve Analiz Metodları*. Tarım, Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Koruma ve Kontrol Müdürlüğü, Bursa
- Weiss A & Hammes W P (2005). Efficacy of heat treatment in the reduction of salmonellae and *Escherichia coli* O157: H⁻ on alfalfa, mung bean and radish seeds used for sprout production. *European Food Research and Technology* **221**: 187-191
- Xu M J, Dong J F & Zhu M Y (2005). Effects of germination conditions on ascorbic acid level and yield of soybean sprouts. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **85**(6): 943-947
- Zielinski H, Frias J, Piskula M K, Kozłowska H & Vidal-Valverde C (2005). Vitamin B₁ and B₂, dietary fiber and minerals content of *Cruciferae* sprouts. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **221**: 78-83