

## Patates Kızartmalarında Akrilamid Oluşumuna Geven (*Astragalus Bisculcatus*) ve Sarımsak (*Allium Satium L.*) Bitkilerinin Etkilerinin Araştırılması

Özge ELİTAŞ<sup>1</sup>, Ebru ÇÖTELİ<sup>1</sup>, Fikret KARATAŞ<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, 23119, Elazığ, Türkiye  
fkaratas@firat.edu.tr

(Geliş/Received: 23.01.2018; Kabul/Accepted: 17.08.2018)

### Özet

Bu çalışmada patatesin değişik yağlar ve kızartma sürelerinde oluşabilecek akrilamid miktarları HPLC ile belirlendi. Kızartma ortamına katılan sarımsak (*Allium satium L.*) ve keven (*Astragalus bisculcatus*) bitkilerindeki selenyum miktarları ise Florimetre ile tayin edildi. Patatesin değişik kızartma sürelerinde (6-15 dk) 1. marka, 2. marka ve 3. marka yağlar ile kızartmalarında oluşan akrilamid miktarının sırasıyla  $4.93 \pm 0.20$  -  $13.94 \pm 0.78$   $\mu\text{g/g}$ ;  $3.33 \pm 0.22$  -  $11.49 \pm 0.50$   $\mu\text{g/g}$ ;  $3.02 \pm 0.14$  -  $10.62 \pm 0.44$   $\mu\text{g/g}$  arasında değiştikleri gözlemlendi. Akrilamid oluşumuna selenyumun etkisini belirlemek amacıyla 12 dakikalık kızartma yağına sarımsak, kevenin çiçek ve dalları ilave edilerek patates kızartma işlemleri gerçekleştirildi. Ayrıca sarımsak ile kevenin çiçek ve dal kısımlarındaki selenyum miktarı ise sırasıyla  $181 \pm 17.05$   $\mu\text{g/g}$ ;  $396 \pm 41.70$   $\mu\text{g/g}$  ve  $604.30 \pm 53.85$   $\mu\text{g/g}$  kuru ağırlık olarak belirlendi. Sarımsak ile kevendeki selenyumun akrilamid oluşumuna etkisini gözlemek için patatesin kızartıldığı üç farklı yağ ortamına 3,3-DAB ile Se-DAB kompleksi ilave edilerek kızartma işlemleri gerçekleştirildi. Bulgulardan patates kızartmasında hem yağ hem de kızartma süresinin akrilamid oluşumunu etkilediği belirlendi ( $p < 0.005$ ). Ayrıca sarımsak ve kevenin kızartma ortamına katılmasıyla akrilamid oluşumunda azalma gözlenmiştir ( $p < 0.005$ ). Keven dalı ve Se-DAB kompleksinin katılarak gerçekleştirildiği kızartmalarda akrilamid miktarlarının birbirine yakın olduğu gözlenmiştir ( $p > 0.05$ ).

**Anahtar Kelimeler:** Akrilamid, selenyum, sarımsak (*Allium Satium*), keven (*Astragalus bisculcatus*)

## Investigation of the Effects of *Astragalus Bisulcatus* and *Allium Satium L.* Plants on the Formation of Acrylamide in French Fries

### Summary

In this study, the amounts of formed acrylamide in potatoes with different oils and frying times was determined by HPLC. The amounts of selenium in the *Allium satium L.* and *Astragalus bisculcatus* plants added to the roasting environment were determined by the fluorimeter. The amount of acrylamide formed during frying time (6-15 min), of brands 1st, 2nd and 3rd oils were found to be  $4.93 \pm 0.20$  -  $13.94 \pm 0.78$   $\mu\text{g/g}$ ;  $3.33 \pm 0.22$  -  $11.49 \pm 0.50$   $\mu\text{g/g}$ ;  $3.02 \pm 0.14$  -  $10.62 \pm 0.44$   $\mu\text{g/g}$ , respectively. In order to determine the effect of selenium on the acrylamide formation, 12 minutes of frying oil was fried *Allium satium L.*, with flower and branch of *Astragalus bisculcatus* added. Also, the amount of Se in *Allium satium L.* and flower and branch of *Astragalus bisculcatus* was  $181 \pm 17.05$   $\mu\text{g/g}$ ;  $396 \pm 41.70$   $\mu\text{g/g}$  and  $604.30 \pm 53.85$   $\mu\text{g/g}$  dry weight, respectively. These results indicate that both frying times and frying oil effect the acrylamide formation in the potatoes ( $p < 0.005$ ). In addition, decrease of acrylamide formation was observed by adding *Allium satium L.* and *Astragalus bisculcatus* to frying medium ( $p < 0.005$ ). It was observed that the amounts of acrylamide were found to be similar when branch of *Astragalus bisculcatus* and Se-DAB complex were added ( $p > 0.05$ ).

**Keywords :** Acrylamide, Selenium, *Allium sativum L.*, *Astragalus bisulcatus*

### 1. Giriş

Akrilamid doymamış çift bağ içeren amid yapılı bir molekül olup [1] bilinen diğer şekilleri etilen karboksamid, vinil amid, akrilik asit amid

ve propenoikasid amid'dir [2]. Akrilamid aynı zamanda  $120^\circ\text{C}$ 'nin üzerindeki sıcaklıklara maruz kalan gıdalarda, glukoz veya fruktoz gibi monosakkarit bileşikleriyle ile asparajin aminoasitleri arasında Maillard reaksiyonu

sonucunda da meydana geldiği belirtilmektedir [3, 4]. Maillard reaksiyonu serbest haldeki asparajin aminoasidi ile reaktif karbonil içeren indirgen şekerler arasında oluşmaktadır [5]. Bununla birlikte, karbonil bileşiklerinin varlığı, akrilamid'e dönüşümü hızlandırmakta olup, karbonil bileşikleri arasında, lipid oksidasyonundan indirgeyici şekerler, hidroksikarbonil, dikarbonil, hidroksimetil-furfural ve alkadienaller, ısıtma sırasında akrilamid oluşumunu tetiklediği rapor edilmektedir [6, 7]. İndirgen şekerler, kızartılmış patates ve fırın ürünlerinin başlıca karbonilleri olduklarından, akrilamid oluşumundaki rolü kanıtlanmıştır [8, 9]. Patateslerin ısıtma işlemi uygulanmış ürünleri, bilhassa patates cipsleri ve derin yağda kızartılan patatesler akrilamid açısından oldukça zengindir [10]. Ayrıca bu ürünlerin dışında diğer ısıtma işlemi uygulanmış gıdalardan kızarmış ekmek, bisküvi, krakerler, kurabiye, tost, kahvaltılık tahıllar, fırın ürünleri, unlu mamuller, kavrulmuş kuruyemişler, şerbetli tatlılar, patlamış mısır, kavrulmuş kahve vb. daha birçok gıda ürünleri yüksek akrilamid içeriğine sahip gıdalardır [11-13]. Akrilamid, patates, buğday ve çavdar ürünleri gibi asparajin bakımından zengin gıdaların yüksek sıcaklıkta işlenmesi sırasında oluşan muhtemel bir kanserojendir [14]. İsviçre ve İtalya'da yapılan çalışmada, haşlanmış ve kızarmış patateslerin kanser oluşumu ile ilgileri incelenmiştir. Çalışma sonucu kanserli hücrelerin oluşma durumuna göre gırtlak, kalın barsak, ağız boşluğu ve yutak, yemek borusu, meme dokusu ve yumurtalık dokularının etkilendiği rapor edilmektedir [15]. Patates kızartılması sırasında kızartma ortamına flavonoidce zengin ekstraktlar katıldığında akrilamid oluşumunun önemli ölçüde azaldığı rapor edilmiştir [16]. Yine kızartma ortamına flavon ve izoflavonların eklenmesi sonucu akrilamid oluşumunun % 19.6-52.1 arasında inhibe edildiği belirtilmektedir [17]. Yine içme sularına akrilamid katılan Wistar sıçanlarının kan serumunda kontrol grubuna göre Se düzeylerinde azalma olduğu da rapor edilmektedir [18]. Bu durum akrilamid oluşumu ile selenyum arasında bir ilişkinin olabileceği sorusunu akla getirmiştir.

Bu çalışmada ise patates kızartmalarında oluşan akrilamid miktarını azaltmak amacıyla, kızartma ortamına Se bakımından zengin başta keven (*Astragalus bisculcatus*) ve sarımsak

(*Allium satium L.*) bitkileri katılması, ayrıca selenyumun buradaki net etkisini belirlemek için kızartma ortamına 3,3-DAB ile Se-DAB kompleksi katılarak kızartma işlemlerinin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada Elazığ ilinin Sivrice ilçesinde yetişmiş olan patates, keven ve sarımsak bitkileri kullanıldı. 01.09.2016 tarihinde toplanan kevenlerin tür teşhisi Fırat Üniversitesi Biyoloji Bölümü Botanik Anabilim dalında Prof. Dr. Şemsettin CİVELEK tarafında yapıldı ve toplanan bu örnekler hemen gerekli işlemlere tabii tutuldu.

### 2.2. Metot

Patatesin kızartılma işlemleri Boskou ve arkadaşları [19]'nın uyguladıkları metot aşağıda belirlendiği şekilde modifiye edilerek uygulandı. Bu işlem için taze patates örnekleri 0.7-1.0 cm kalınlığında dilimlendi. Daha sonra çelik bir tavaya 50 mL yağ alındı. Küçük piknik tüpü (bütan gazı kullanılarak) üzerinde ısıtma işlemi gerçekleştirildi. Yaklaşık 100 gram patates örneği tavadaki yağ içerisine alındı. Daha sonra değişik yağlarda ve sürelerde kızartma işlemleri yaklaşık 180°C derecede bütün yağlarda aynı sıcaklıkta olacak şekilde gerçekleştirildi. Kızartma işlemlerinde piyasada yoğun olarak kullanılan 1. marka, 2. marka ve 3. marka yağları kullanıldı. Patates cipsi üretiminde, kızartma süresinin akrilamid oluşumunun artışına sebep olduğu rapor edilmektedir [20]. Bu literatür bilgileri ışığında kızartma süresi 6, 9, 12 ve 15 dakika olmak üzere dört farklı kızartma süresi tercih edildi.

#### 2.2.1. Selenyum tayini

Homojenizatör içerisine konulan yaklaşık 1.0 g sarımsak ve keven bitki örnekleri (1:5 v/v) oranında perklorik asit (HClO<sub>4</sub>) ve nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) karışımıyla teflon bomba içerisnde parçalanması gerçekleştirildi. Daha sonra Karataş [21]'in modifiye ettiği metot uygulanarak Se-DAB kompleksi oluşturulup, standart ekleme

yöntemi uygulanarak örneklerdeki selenyum miktarları florimetrik olarak tayin edildi. Perkin-Elmer LS 55 floresans spektrofotometresinde 420 nm uyarılarak 570 nm emisyon şiddeti belirlendi [21-23].

### 2.2.2. Diaminobenzidin çözeltisinin hazırlanması

Selenyum yağda çözünmediğinden dolayı yaptığımız çalışmada Se'un yağda çözünebilen 3,3'-diaminobenzidin (3,3'-DAB) ile Se-DAB kompleksi hazırlandı. Bu işlemler Se tayinindeki işlemler uygulanarak 3,3'-diaminobenzidin (3,3'-DAB) çözeltisi hazırlandı [21, 22]. Daha sonra ayırma hunisine alınarak üzerine 15 mL kızartma yağı ilave edilerek iyice çalkalandı ve bu şekilde 3,3'-DAB yağa ekstrakte edilmiş oldu. Bu ekstraksiyon işlemi iki kez tekrarlanarak yağlar birleştirildi. Daha sonra bu yağ 50 mL toplam hacme tamamlanarak kızartma işleminde kullanıldı.

### 2.2.3. Kızartma yağlarına katılan Se-DAB kompleksinin hazırlanması

4.0 N HCl ile konsantrasyonu 1.0 g/mL olan, 100 mL Se çözeltisi hazırlandı. Hazırlanan bu Se çözeltisinden 1.0 mL alınarak üzerine taze hazırlanmış 1.0 g/mL derişimindeki 3,3'-DAB çözeltisinden 3.0 mL katıldı. 3,3'-DAB çözeltisinin reaksiyon ortamına fazla katılmasının nedeni tüm Se'un reaksiyona girmesini sağlamaktır. Bu amaçla karışım üzerine 2.5 M formik asitten 2 mL ve 0.1 M EDTA çözeltisinden 4.0 mL katıldı. 4.0 N HCl ile karışımın pH'ı 1.7'ye ayarlandı. Daha sonra kompleks oluşumunun tamamlanması için karanlıkta 1 saat bekletildi ve bu sürenin sonunda 4.0 N NH<sub>3</sub> çözeltisi ile ortamın pH'ı = 4'e ayarlandı [21-23].

Çözelti ayırma hunisine alınarak üzerine 15 mL kızartma yağı ilave edilerek iyice çalkalandı. Oluşan Se-DAB kompleksi yağa ekstrakte edilmiş oldu. Bu ekstraksiyon işlemi iki kez tekrarlanarak yağlar birleştirildi. Daha sonra bu yağ 50 mL toplam hacme tamamlanarak, 20 µg/mL konsantrasyonunda Se-DAB kompleksi hazırlandı. Bu şekilde hazırlanmış olan yağlar ile gerçekleştirilen patates kızartmalarında Se'un akrilamid oluşumuna net etkisi gözlemlendi. Bu işlemler ile Se ile 3,3'-DAB kompleksleştirilerek

yağda çözünür hale getirilmiş oldu. Oluşan Se-DAB kompleksi florimetrede ölçülerek kompleksin yağ fazına ekstraksiyonu test edildi.

### 2.2.4. Kızartma ortamına sarımsak ve kevenin dal ve çiçeklerinin katılması

Değişik kızartma yağlarının 50 mL'sine ezilerek iyice parçalanmış 1.5 g sarımsak katılarak, 12 dk süre ile patates kızartma işlemi gerçekleştirildi. Aynı şekilde iyice kurutulmuş kevenin dal kısmı ufalanarak havanda parçalandı. Ufalanmış dal parçasından 1.5 g tartılarak, 50 mL'lik kızartma yağına katıldı aynı süre ile kızartma işlemleri gerçekleştirildi. Yine 50 mL'lik kızartma yağına iyice ufalanarak parçalanmış kevenin çiçek kısmından 1.5 g katılarak, aynı süre ile kızartma işlemleri gerçekleştirildi.

### 2.2.5. Akrilamid tayini

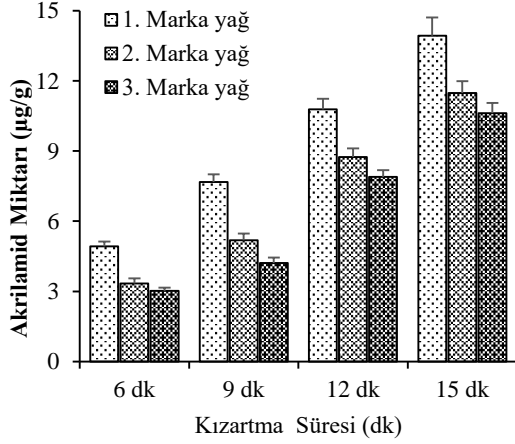
Kızartma işlemi sonrası analizlenecek olan patates örnekleri mikserde iyice parçalandı. Parçalanmış örnekten 0.5 gram alınarak toplam hacmi saf su ile 7.0 mL'ye tamamlandı ve ultrasonik su banyosunda 15 dk bekletildikten sonra 4500 rpm'de 10 dk santrifüjlendi. Santrifüjlenen örneğin üstteki süzütüsünden 0.5 mL HPLC viallerine alındı. HPLC'de kolon Inertsil ODS-4 (5µm x 4.6mm ID x 150mm) mobil faz su: metanol (98: 2) karışımı ve 215 nm dalga boyunda tayin edildi [5, 24].

Akrilamid analizi CECİL 1100 Serisi HPLC ile gerçekleştirildi. Ayrıca çalışmada kullanılan kimyasallar analitik saflıkta olup Merck firmasından temin edildi ve analizlerde bidistile su kullanıldı.

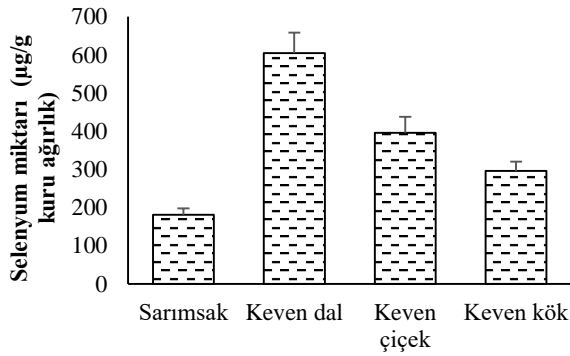
### 2.2.6. İstatistiksel değerlendirme

Çalışmadaki istatistiksel değerlendirmeler SPSS 17.0 bilgisayar programı ile yapıldı. Veriler aritmetik ortalama ± standart hata olarak verildi. Independent-Samples T-testi kullanıldı ve p< 0.05 anlamlılık düzeyi olarak kabul edildi.

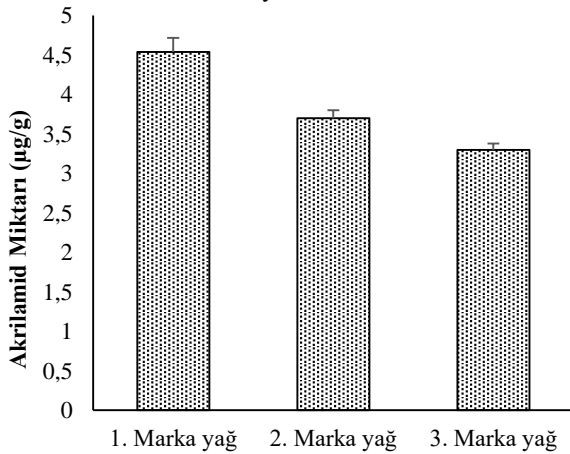
### 3. Sonuçlar



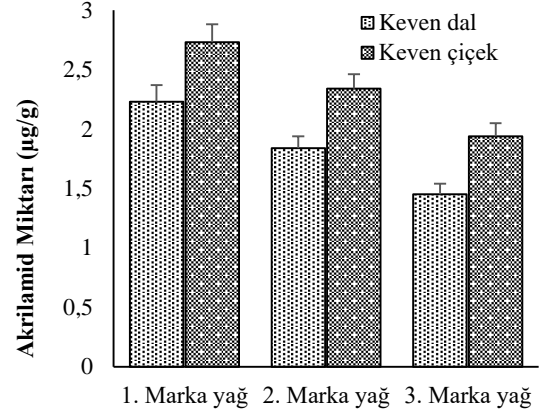
Şekil 1. Patatesin farklı marka yağlarda değişik sürelerde kızartılması sonucu oluşan akrilamid miktarları



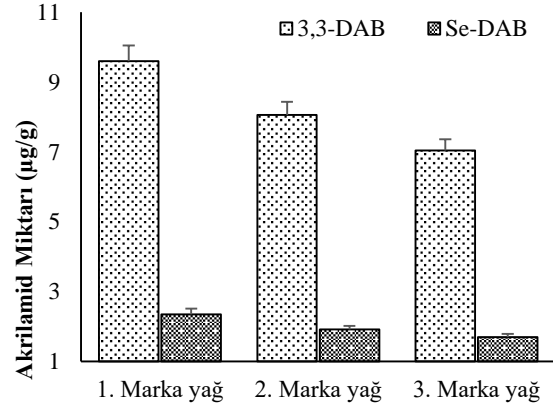
Şekil 2. Sarımsak ve kevenin kısımlarındaki selenyum miktarları



Şekil 3. Patatesin farklı marka yağlarda 12 dakika süresince kızartılması sırasında ortama sarımsak katılması sonucu oluşan akrilamid miktarları



Şekil 4. Patatesin farklı marka yağlarda 12 dakika süresince kızartılması sırasında ortama kevenin dal ve çiçeklerinin katılması sonucu oluşan akrilamid miktarları



Şekil 5. Patatesin farklı marka yağlarda 12 dakika kızartılması sırasında ortama 3,3-DAB ve Se-DAB kompleksinin katılması sonucu oluşan akrilamid miktarları

### 4. Tartışma

Patates çipsi üretiminde akrilamid oluşumunun artışına, kızartma süresi [20] ile kızartma sıcaklığının artırılmasının önemli iki faktör olduğu rapor edilmektedir [25].

Bu çalışmada patatesin 6, 9, 12 ve 15 dakika sürelerde 1. marka yağ ile kızartılması sonucu oluşan akrilamid miktarları  $4.93 \pm 0.20 - 13.94 \pm 0.78 \mu\text{g/g}$  arasında iken, 2. marka yağda  $3.33 \pm 0.22 - 11.49 \pm 0.50 \mu\text{g/g}$  arasında olup, 3. marka yağ ile kızartmada ise  $3.02 \pm 0.14 - 10.62 \pm 0.44 \mu\text{g/g}$  arasında değiştiği belirlendi (Şekil 1). Bu sonuçlardan akrilamid oluşumunun hem yağın markası hem de kızartma süresine bağlı olarak değişiklik gösterdiği saptandı ( $p < 0.005$ ).

Değişik gıdalardaki akrilamid miktarlarının araştırılması ile ilgili yapılmış olan araştırma sonuçlarına göre kızartma işlemine maruz kalmış patates örneklerinde meydana gelen akrilamid miktarları 330-3700 ng/g arasında tespit edilmiştir [26]. Patates kızartmalarında oluşan akrilamid miktarları literatür değerleri ile uyumlu olduğu söylenebilir.

Troxell ve Posnick [27] yaptıkları araştırmada sıcaklığı sabit tutup değişik sürelerde kızartma işlemleri gerçekleştirmişlerdir. Sıcaklığı 180 °C sabit tutarak 3,5. dk, 4. dk ve 5. dk'da ki kızartma süreleri esas alınarak yapılan kızartma işlemlerinde patateslerde oluşan akrilamid miktarlarının 12, 46, 227 ve 973 µg/kg düzeylerinde olduğu rapor edilmiştir. Bulgularımızın literatür değerleri arasında olduğu görülmektedir.

Sarımsak ve keven bitkilerinin selenyum depolama özelliğine sahip oldukları [28, 29], keven bitkisindeki Se miktarının 15.000 mg/kg kuru ağırlık Se biriktirdiği rapor edilmekte olup bu miktarın topraktaki Se miktarı ve mevsimsel etkilere bağlı olarak değişebileceği vurgulanmıştır [29, 30].

Daha sonra kızartma sırasında akrilamid oluşumuna selenyumun etkisini belirlemek için selenyumca zengin olan sarımsak ve kevenin kısımlarındaki Se miktarları belirlendi (Şekil 2). Bulgularımıza göre sarımsak ile keven bitkisinin kök, çiçek ve dal kısımlarındaki Se miktarları sırasıyla 181 ± 17.05 µg/g; 295.67 ± 24.97 µg/g; 396 ± 41.70 µg/g; 604.3 ± 53.85 µg/g olarak belirlendi. Bu verilerden kevenin dal kısmının Se açısından oldukça zengin olduğu görülmektedir. Bu sonuçlardan kızartmalarda sarımsak ile keven bitkisinin çiçek ve dal kısımları kullanıldı. Akrilamid oluşumuna selenyumun etkisini belirlemek amacıyla patatesin kızartılmasında, 15 dk kızartılma süresinde kızartılan patatesler koyu kahve renge dönüştüğünden dolayı, 12 dk kızartma süresi tercih edildi. Tüm kızartmalarda 12 dakikalık kızartma süresi kullanıldı.

Tahıl ürünlerindeki akrilamid oluşumuna hammadde, ürün kompozisyonu ve formülasyonu, proses teknolojisi ile düşük moleküllü katkı maddeleri gibi faktörlerin etkili oldukları rapor edilmektedir [31]. Patates cipsi oluşumu sırasında flavonoid bakımından zengin baharat karışımı katıldığında % 50 oranında

akrilamid miktarında azalma olduğu belirtilmektedir [32].

Kızartma ortamına sarımsak katılarak değişik yağlar ile kızartmalar gerçekleştirildi. Birinci marka, 2. marka ve 3. marka yağlarındaki kızartmalarda oluşan akrilamid miktarlarının ise sırasıyla 4.54 ± 0.18 µg/g; 3.70 ± 0.10 µg/g ve 3.30 ± 0.08 µg/g olduğu belirlendi. Bu verilerden 3. marka yağda daha az akrilamid oluştuğu görülmektedir (Şekil 3). Değişik marka yağlar ile patates kızartmalarında ortama sarımsak katıldığında oluşan akrilamid miktarlarındaki azalmalar ortalama % 57 civarındadır.

Kızartma ortamına keven bitkisinin dal kısmı katılarak gerçekleştirilen kızartma süresi sonunda 1. marka, 2. marka ve 3. marka yağlarda oluşan akrilamid miktarları sırasıyla 2.23 ± 0.14 µg/g; 1.84 ± 0.10 µg/g ve 1.45 ± 0.09 µg/g olarak belirlendi. Yine aynı marka yağlar ile kızartmalarda, kızartma ortamına keven bitkisinin çiçeği katılarak gerçekleştirilen kızartmalarında oluşan akrilamid miktarları sırasıyla 2.73 ± 0.15 µg/g; 2.34 ± 0.12 µg/g ve 1.94 ± 0.11 µg/g olarak belirlendi (Şekil 4). Değişik marka yağlar ile patates kızartmalarında ortama kevenin dal kısmının katılmasıyla oluşan akrilamid miktarlarındaki azalmalar yaklaşık % 79 civarındadır. Aynı yağlar ile kızartmalarda ortama keven çiçeklerinin katılmasıyla oluşan akrilamid miktarlarındaki azalmalar ortalama % 74 civarındadır (Şekil 4).

Bulgularımızdan kontrol grubuna göre kızartma yağına keven bitkisinin dal kısmı katılarak gerçekleştirilen patates kızartmasında oluşan akrilamid miktarındaki önemli azalma olmuştur (p<0.005). Kızartma yağlarına katılan sarımsak, kevenin çiçek ve dallarının katılmış olduğu patates kızartmalarında oluşan akrilamid miktarlarının Se miktarıyla orantılı olduğu Şekil 2 ve Şekil 4'de görülmektedir.

Birinci marka, 2. marka ve 3. marka yağ ile kızartmalarda, kızartma yağlarına 3,3'-DAB'ın katılmasıyla oluşan akrilamid miktarları sırasıyla 9.60 ± 0.45 µg/g; 8.06 ± 0.38 µg/g ve 7.04 ± 0.32 µg/g şeklindedir (Şekil 5). Aynı yağlar ile kızartmalarda ortama 3,3'-DAB'ın katılmasıyla oluşan akrilamid miktarlarındaki azalmalar ortalama % 8 civarındadır.

Birinci marka, 2. marka ve 3. marka yağ ile kızartmalarda kızartma yağlarına Se-DAB'ın katılmasıyla oluşan akrilamid miktarları sırasıyla

2.35 ± 0.16 µg/g; 1.92 ± 0.10 µg/g ve 1.70 ± 0.09 µg/g şeklindedir (Şekil 5). Aynı yağlar ile kızartmalarda ortama Se-DAB'ın katılmasıyla oluşan akrilamid miktarlarındaki azalmalar ortalama % 78 civarındadır. Bu sonuçlardan 3,3'-DAB'nin akrilamid oluşumunu pek fazla etkilemediği (p>0.05) gözlenmiştir. Oysa Se-DAB kompleksinin akrilamid oluşumunda azalma olduğu görülmektedir (p<0.005). Kızartma yağlarına kevenin dallarının ve Se-DAB kompleksinin katıldığı patates kızartmalarında oluşan akrilamid miktarları birbirine yakındır

Örneğin keven dallarının katıldığı 1. marka kızartma yağındaki Se konsantrasyonu 18.10 µg/mL iken, Se-DAB kompleksinin katıldığı 1. marka yağdaki Se konsantrasyonu 20 µg/mL'dir. Keven dallarının katılmış olduğu 1. marka yağ ile kızartılan patateslerdeki akrilamid miktarı 2.23 ± 0.14 µg/g iken, Se-DAB kompleksi katılmış yağda kızartılmış patateslerdeki akrilamid miktarı ise 2.35 ± 0.16 µg/g olarak bulunmuştur. Bu bulgular diğer kızartma yağları içinde geçerlidir (Şekil 5). Aynı şekilde kızartma yağına keven dalı ve Se-DAB kompleksi katılarak gerçekleştirilen patates kızartmalarında akrilamid oluşumunu önleme dereceleri ortalama sırasıyla % 79 ve % 78 olarak belirlendi.

Gıdalarda oluşabilecek akrilamid oluşumunu minimize eden işlem koşulları ve diğer parametreler optimize edilmiştir [33]. Patatesin yetiştiği toprağın özelliği, patatesin çeşidi, patatesin depolanması, iklimik koşullar, kızartılacak patatesin kesimi ve şekli, kesilmiş patatesin kurulanması ve kızartma işlemlerinin tümü akrilamid oluşumunda etkili faktörlerdendir [34].

Sonuç olarak; patates kızartılmasında, kızartma yağının markasına göre akrilamid miktarında kısmen farklılık olmasına rağmen, kızartma süresine bağlı olarak patateslerin akrilamid miktarlarında artış olduğu gözlenmiştir. Yine kızartma ortamına Se açısından zengin sarımsak ile kevenin çiçek ve dal kısmının kızartma ortamına katılmasıyla akrilamid miktarında belirgin bir azalma olduğu belirlendi. Kızartmalarda akrilamid miktarındaki azalmalarda Se'un net katkısının olduğu kızartma ortamına Se-DAB kompleksi ilavesi ile de anlaşılmıştır. Kızartma ortamına sarımsak ve keven katılmasıyla akrilamid oluşumundaki

azalmada, antioksidan ve flavonoidlerin katkısı da göz ardı edilmemelidir.

## 5. Teşekkür

Çalışma FÜBAB tarafından FF.14.05 Proje numarası ile desteklenmiştir. Bu destekten dolayı FÜBAB'a teşekkür ederiz.

## 6. Kaynaklar

1. Blasiak, J., Gloc, E., Wozniak, K., Czechowska, A. (2004). Genotoxicity of acrylamide in human lymphocytes. *Chemico-Biological Interac.*, **149**: 137-149.
2. Lingnert, H., Grivas, S., Jagerstad, M., Skog, K., Törnqvist, M., Aman, P. (2002). Acrylamide in food: mechanism of formation and influencing factors during heating of foods. *Scandinavian J. Nutr.*, **46(4)**: 159-172.
3. Stadler, R.H., Blank, I., Varga, N., Robert, F., Hau, J., Guy, P.A., Robert, M.C., Riediker, S. (2002). Acrylamide from Maillard reaction products. *Nature*, **419**: 449-450.
4. Pedreschi F., Kaack K., Granby K., Troncoso E. (2007). Acrylamide reduction under different pretreatments in French fries. *J. Food Eng.*, **79**: 1287-1294.
5. Yuan, Y., Zhao, G.H., Hu, X.S., Wu, J.H., Liu, J., Chen, F. (2008). High correlation of methylglyoxal with acrylamide formation in glucose/asparagine Maillard reaction model. *Eur. Food Res. Technol.*, **226**: 1301-1307.
6. Hidalgo, F.J., Delgado, R.M., Zamora, R. (2009). Degradation of asparagine to acrylamide by carbonyl-amine reactions initiated by alkadienals. *Food Chem.*, **116**:779-784.
7. Gokmen, V., Kocadagli, T., Goncuoglu, N., Mogol, B.A. (2012). Model studies on the role of 5-hydroxymethyl-2-furfural in acrylamide formation from asparagine. *Food Chem.*, **132**:168-174.
8. Surdyk, N., Rosen, J., Andersson, R., Aman, P. (2004). Effects of asparagine, fructose, and baking conditions on acrylamide content in yeast-leavened wheat bread. *J. Agric. Food Chem.*, **52**: 2047-2051.
9. Gokmen, V., Acar, O.C., Koksel, H., Acar, J. (2007). Effects of dough formula and baking conditions on acrylamide and hydroxymethyl furfural formation in cookies. *Food Chem.*, **104**:1136-1142.
10. Yuan, Y., Chen, F., Zhao, G.H., Liu, J., Zhang, H.X., Hu, X.S. (2007). A comparative study of acrylamide formation induced by microwave and conventional heating methods. *J. Food Sci.*, **72(4)**: 212-216.

11. Mestdagh, F., Meulenaer, B., Peteghem, C. (2007). Influence of oil degradation on the amounts of acrylamide generated in a model system and in French fries. *Food Chem.*, **100**: 1153-1159.
12. Bagonaite, K., Derler, K., Murkovic, M. (2008). Determination of acrylamide during roasting of coffee. *J. Agric. Food Chem.*, **56**: 6081-6086.
13. Kocadagli, T., Goncuoglu, N., Hamzalioglu, A., Gokmen, V. (2012). In depth study of acrylamide formation in coffee during roasting: role of sucrose decomposition and lipid oxidation. *Food & Function*, **3**(9): 970-975.
14. IARC (International Agency for Reaserch on Cancer) (1994). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans; Lyon, France, **60**: pp 389-433.
15. Pelucchi, C., Franceschi, S., Levi, F., Trichopoulos, D., Bosetti, C., Negri, E., La Vecchia, C. (2003). Fried potatoes and human cancer. *Int. J. Cancer.*, **105**: 558-560.
16. Zhang, Y., Ying, T. J., Zhang, Y. (2008). Reduction of acrylamide and its kinetics by addition of antioxidant of bamboo leaves (AOB) and extract of green tea (EGT) in asparagine-glucose microwave heating system. *J. Food Sci.*, **73**: 60-66.
17. Cheng, J., Chen, X., Zhao, S., Zhang, Y. (2015). Antioxidant-capacity-based models for the prediction of acrylamide reduction by flavonoids. *Food Chem.*, **168**: 90-99.
18. Yerlikaya F.H., Yener, Y. (2013). The Dietary Acrylamide Intake Adversely Affects the Serum Trace Element Status. *Biol Trace Elem Res* **152**:75-81.
19. Boskou, G., Salta, F.N., Chiou, A., Troullidou, E., Andrikopoulos, N.K. (2006). Content of *trans*, *trans*-2,4-decadienal in deep-fried and pan-fried potatoes. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, **108**, 109-115.
20. Romani, S., Bacchiocca, M., Rocculi, P., Rosa, M.D. (2008). Effect of frying time on acrylamide content and quality aspects of French fries. *Eur Food Res. Technol.*, **226**: 555-560.
21. Karataş, F. (1994). Biyolojik sıvılarda spektroskopik metodlarla selenyum tayini. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi.
22. Rodriguez Rodriguez, E. M., Sanz Alaejos M., Diaz Romero, C. (1999). Fluorimetric Determination of Selenium in Biological Samples. *Analytical Letters*, **32**(9), 1699-1721
23. Ratkovska, B., Wojtasik, A., Marzec, Z., Stibilj, V., Kunachowicz, H. (2004). Assessment of selenium content in diets using two analytical methods – A Comparative Study. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, **13/54**(4): 415-420
24. Supelco Chromatography Products for Analysis & Purification. (2005-2006). Sigma-Aldrich Chemie GmbH, Export Department Eschenstraße Taufkirchen, Germany, s.131-140, s.141.
25. Sanny, M., Jinap, S., Bakker, E.J., van Boekel, M.A.J.S., Luning, P.A. (2012). Possible causes of variation in acrylamide concentration in French fries prepared in food service establishments: an observational study. *Food Chem.*, **132**: 134-143.
26. <http://www.gidacilar.net/ders-ve-arastirma-projeleri/gidalarda-akrilamid-tubitak-raporu-1717.html> Erişim tarihi 18.01.2018
27. Troxell, T. and Posnick, L.U.S. (2003). Action plan for acrylamide activities and progress. FAO/WHO Seminar on Acrylamide in Food. U.S. FDA
28. Whanger, P.D. (2002). Selenocompounds in plants and animals and their biological significance. *J. Am. Coll. Nutr.*, **21**: 223-232.
29. Galeas, M.L., Zhang, L.H., Freeman, J.L., Wegner, M. (2007). Pilon-Smits EAH Seasonal fluctuations of selenium and sulfur accumulation in selenium hyperaccumulators and related nonaccumulators. *New Phytol.*, **173**: 517-525.
30. Sors, T.G., Ellis, D.R., Salt, D.E. (2005). Selenium uptake, translocation, assimilation and metabolic fate in plants. *Photosynth Res.*, **86**: 373-389.
31. Sungur, B., Menteş, Ö., Ercan, R. (2008). Tahıl Ürünlerindeki Akrilamidin Önemi, Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum, s.359.
32. Fernandez, S., Kurppa, L. and Hyvonen, L. (2003). Content of acrylamide decreased in potato chips with addition of a proprietary flavonoid spice mix (Flavomare) in frying. *Innovations in Food Technol.*, **18**: 24-26.
33. Friedman, M., Levin, C.E. (2008). Review of Methods for the Reduction of Dietary Content and Toxicity of Acrylamide. *J. Agric. Food Chem.* **56**: 6113-6140.
34. Vinci, R.M., Mestdagh, F., De Meulenaer, B. (2012). Acrylamide formation in fried potato products - Present and future, a critical review on mitigation strategies. *Food Chem.*, **133**: 1138-1154.