

Çiğ Soya ve Tam Yağlı Soyanın Besin Madde Değerlerinin ve Isıl İşlem Faktörlerinin Kimyasal ve Spektrofotometrik Yöntemlere Göre Değerlendirilmesi

Şevval Kahramanoğlu TÜMER¹ ID, Mürsel ÖZDOĞAN*² ID

¹ *Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın, Türkiye*

² *Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Aydın, Türkiye*

Öz: Bu çalışmada çiğ soya ve tam yağlı soyanın (TYS) besin madde içeriklerinin kimyasal ve spektrofotometrik analizlerle belirlenmesinin yanı sıra soya ve YYS örneklerinde ısıl işlem parametrelerinin spektrofotometrik metotla saptanması amaçlanmıştır. Dört farklı işletmeden alınan çiğ soya ve YYS yemlerinin her birinden 25 adet olmak üzere toplam 75 örnek üzerinde çalışılmıştır. Çiğ soya, normal (119-134°C) ve yüksek sıcaklıkla (135-141°C) işlenmiş tam yağlı soya grupları (TYS-NS ve YYS-YS) kendi aralarında değerlendirilmiştir. Örneklerin besin madde içeriği kimyasal metotlarla ve Yakın Kızılötesi Yansıma Spektrofotometre (NIRS) cihazı kullanılarak saptanmıştır. Ayrıca, spektrofotometrik olarak lizin ve metiyonin amino asit değerleri de ölçülmüştür. Bunların yanısıra, NIRS cihazıyla ısıl işlem parametrelerinden protein dağılım indeksi (PDI), Potasyum hidroksit'de protein çözünürlüğü (KOH-PÇ), tripsin inhibitör aktivitesi (TIA), reaktif lizin (R-lizin) değerleri belirlenmiştir. Çiğ soyaya göre farklı ısıl işlem uygulanan YYS gruplarında PDI, KOH-PÇ ve TIA değerleri düşerken (P<0.001), R-lizin değerleri istatistiksel olarak fark göstermemiştir. Çiğ soya ve YYS örneklerinde gerek kimyasal analiz değerleri gerekse NIRS analiz değerleri birlikte ya da tek başına kalite kriterlerinin değerlendirmesinde kullanılabilceği, yine spektrofotometrik olarak ölçülen ısıl işlem parametreleri de YYS kalite programlarında güvenle değerlendirilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Soya, protein dağılım indeksi, tripsin inhibitör aktivitesi, KOH'de protein çözünürlüğü, NIRS

Evaluation of Nutrient Compositions and Heat Processing Factors of Raw Soy and Full-Fat Soybean Using Chemical and Spectrophotometric Methods

Abstract: This study aimed to determine the nutrient contents of raw soybean and full fat soybeans (FFS). The analysis involved chemical and spectrophotometric methods to determine nutrient composition and heat processing parameters of raw soybean and FFS. A total of 75 samples were collected, including 25 samples from each of the soybean and FFS groups from four commercial firms. The FFS groups, FFS-NT (full fat soybean, normal temperature) and FFS-HT (full fat soybean, high temperature), processed at normal and high temperatures were evaluated separately. The nutritional content of the samples was determined using chemical methods and Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) device. Additionally, the values of lysine and methionine amino acids were measured spectrophotometrically. In addition, NIRS device was used to measure protein dispersibility index (PDI), protein solubility in potassium hydroxide (KOH-PS), trypsin inhibitor activity (TIA), and reactive lysine (R-lysine) values for heat processing parameters. The results showed that PDI, KOH-PS, and TIA values decreased in YYS groups subjected to different heat treatments compared to raw soybean (P<0.001), while R-lysine values did not differ statistically among these groups. In conclusion, both chemical and NIRS analysis values obtained from raw soybean and YYS samples can be used together or individually in the evaluation of quality criteria, and the heat processing parameters measured spectrophotometrically can also be confidently evaluated in FFS quality programs.

Keywords: Soybean, protein dispersibility index, trypsin inhibitor activity, protein solubility in KOH, NIRS

GİRİŞ

Soya ürünleri (tam yağlı soya ve soya küspesi) tüm çiftlik hayvanlarının beslenmesinde önemli yem ham maddeleridir. Bu durum, soya ürünlerinin yüksek düzeyde ve kaliteli protein içermeleriyle doğrudan ilişkilidir. Sindirilebilirliği ve biyolojik değeri yüksek protein içeriğine sahip soya ürünleri özellikle kanatlı ve tek mideli hayvanların beslenmesinde temel protein kaynağı olarak kabul görmektedir (Yasohtai, 2016).

Tam yağlı soya üretiminde kullanılan ısıl işlem uygulamaları anti-besinsel faktörleri azaltırken, protein kalitesini korumakta ve yağın sindirim organlarında yararlanımını arttırmaktadır (Grant ve ark., 1995; Palliyeguru ve ark., 2011; Nikmaram ve ark., 2017). Soya tohumunda bulunan Kunits tipi tripsin inhibitörü ısıl işlemlerle etkisiz hale getirilebilir

(Woyengo ve ark., 2017). Isıl işlem uygulamaları mikrobiyal popülasyonu da etkilemektedir (Liener, 2000; Mantovani ve ark., 2011). Diğer yandan, aşırı ısıl işlem uygulamaları ise başta lizin olmak üzere birçok amino asidin hem konsantrasyonunda hem de sindirilebilirliğinde önemli azalmalara neden olabilmektedir (Lee ve Garlich, 1991; Yasohtai, 2016). Yüksek sıcaklıklara maruziyet, Maillard reaksiyonuna bağlı olarak amino asit içeriğinin zarar görmesiyle sonuçlanabilir (Heger ve ark., 2016).

***Sorumlu Yazar:** mozdoqan@adu.edu.tr

Bu çalışma yüksek lisans tez ürünüdür ve Aydın ADÜ BAP birimi tarafından ZRF-21002 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Geliş Tarihi: 26 Nisan 2023

Kabul Tarihi: 17 Mayıs 2023

Farklı ısıl işlemlerden geçirilmiş tam yağlı soya veya soya küspesinin kanatlı hayvanlar, domuzları ve süt sığırlarının verim performansıyla sağlığı üzerine etkilerinin gözlemlendiği pek çok sayıda çalışmalar bulunmaktadır (Aburt ve ark. 1998; Palić ve ark., 2010; Heger ve ark., 2016; Kuenz ve ark., 2022).

Soyaların proteininin kalitesini değerlendirebilmek için tripsin inhibitör seviyeleri yanı sıra, aktif kalan lizin miktarı, KOH_PÇ, PDI ve reaktif lizin miktarı değerleri üzerinde durulmaktadır (Batal ve ark., 2000; Brestenský ve ark. 2014). Soya ve soya ürünlerinin besin madde içeriklerinin gerek kimyasal analizlerle gerekse yakın kızılötesi yansıma spektrofotometresi (NIRS) ile ölçülmesi ve sonuçlarının güvenilir olması oldukça önemli olup, bu konuda da çalışmaların yürütüldüğü bilinmektedir (Bulut, 2010; Hoffmann ve ark., 2017; Dunmire ve ark., 2019).

Bu çalışmada da çiğ soya ve TYS'nin besin madde içeriklerinin kimyasal ve spektrofotometrik metotlarla belirlenirken, ısıl işlem parametrelerinin ve bazı amino asit içeriklerinin NIRS cihazıyla tahmin değerleri incelenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada; çiğ soya ve TYS numuneleri, Türkiye'deki 4 farklı işletmeden farklı zamanlarda işlenen yemlerden temin edilmiştir. Çalışmada; çiğ soya, normal sıcaklıkta (119-134°C) işlenmiş tam yağlı soya (TYS-NS), yüksek sıcaklık (135-141°C) işlenmiş tam yağlı soya (TYS-YS) olmak üzere toplam 3 farklı muamele grubu bulunmaktadır. Çiğ soya ve TYS gruplarının her birinden 25 olmak üzere toplam 75 örnek üzerinde çalışılmıştır. Tam yağlı soya için, sahada yaygın olarak kullanılan iki farklı sıcaklık derecelerinde işlem görmüş örneklerden toplanmıştır. Aynı numuneler ısıl işlem görmeden önce de çiğ soya örnekleri toplanmıştır. Tam yağlı soya için, 119-134°C normal sıcaklık ve 135-141°C yüksek sıcaklık olarak, iki farklı sıcaklık aralığı grubu şeklinde değerlendirilmiştir. Hammadde örnekleri, işletmelerde üretilmiş yemlerin her birinden 0.5 kg şeffaf numune torbalarına konulmuş, analiz gününe kadar oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir. Tüm yemlerde, kimyasal ve spektrofotometrik analizler yapılmıştır.

Örneklerde kimyasal analiz olarak; kuru madde (KM), ham protein (HP), ham yağ (HY), ham kül (HK), ham selüloz (HS), analizleri AOAC (1997) deki metotlarla, ADF ve NDF analizleri Van Soest Metoduna, nişasta analizi polarimetrik metoda, şeker analizi ise Luff-Scroll metoduna göre yapılmıştır (Karabulut ve Canbolat, 2005). Fosfor analizi ise kolorimetrik metotla hesaplanmıştır (Bulgurlu ve Ergül, 1978). Örneklerin spektrofotometrik analizleri, NIRS olarak da bilinen yakın kızılötesi yansıma spektrofotometre cihazında yapılmıştır. Spektrofotometrik analizlerde; kuru madde (KM), ham protein (HP), ham yağ (HY), ham kül (HK), ham selüloz (HS), ADF, NDF, nişasta, şeker, fosfor (P), metiyonin ve lizin

değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca yeme uygulanmış ısıl işlemin etkilerini belirlemek için de protein dağılım indeksi (PDI), KOH'de protein çözünürlüğü (KOH-PÇ), tripsin inhibitör aktivitesi (TİA) ve reaktif-lizin'in (R-Liz) spektrofotometrik analizleri yapılmıştır. Analizlere başlamadan önce Retsch ZM 200 markalı değirmende 0.5 mm'lik elek kullanılarak öğütülmüş ve analize hazır hale getirilmiştir. Örnekler NIRS cihazında (FOSS DS 2500 model, Denmark) tek tek okutulmuştur. Okutulan örnekler ISScan Nova yazılımına yüklenmiştir. Ardından Evonik AMINONIR Servis Kalibrasyonları kullanılarak temel besin madde analizleri, amino asit ve ısıl işlem analizleri gerçekleştirilmiştir. Spektrofotometrik analizlerde kullanılan veriler, Weende analizlerinin uluslararası kabul görmüş standart analiz sonuçlarına dayanmaktadır. Verilerin analizleri, Evonik (Evonik Tic. Ltd. Şti., İstanbul, Türkiye) ticari firmasının veri tabanına dayanmaktadır.

İstatistik Analiz

Verilerin normal dağılışa uygunluğu SAS (1999) paket programında test edilmiştir. Normal dağılışa uygun olduğu belirlenen özellikler, varyans analizine tabi tutulmuş ve en küçük kareler ortalamaları elde edilmiştir. Ortalamalar arasındaki farklar Tukey's çoklu karşılaştırma testiyle analiz edilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmada kullanılan çiğ soya ve 2 farklı sıcaklık derecesinde (119-134°C ve 135-141°C) işlenmiş tam yağlı soya gruplarının kimyasal besin madde analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi Çizelge 1' de verilmiştir. Muamele gruplarının KM, HP, HY, HK, NDF ve fosfor değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Farklı ısıl işlem görmüş TYS gruplarının kuru madde, ham protein değerleri çiğ soyadan daha yüksek değerler gösterirken (P<0.001), yalnızca TYS-NS grubunun ham kül değeri diğer gruplardan daha yüksek bulunmuştur (P<0.05). Farklı sıcaklıklarda işlenmiş TYS gruplarının NDF değeri çiğ soya grubunun değerinden yüksek (P<0.001) bulunurken, farklı sıcaklıklarda işlenmiş TYS gruplarının fosfor değerleri, çiğ soya grubundan daha düşük olduğu tespit edilmiştir (P<0.05).

Çalışmadaki çiğ soya ve farklı sıcaklıklarda kavrulmuş tam yağlı soya gruplarının besin madde analiz sonuçları ile sadece spektrofotometrik cihazda ölçülmüş metiyonin ve lizin değerlerinin spektrofotometrik sonuçları Çizelge 2' de gösterilmiştir. Çizelge 2'de tam yağlı soya gruplarının kuru madde, ham protein ve ham kül değerleri, çiğ soya grubundan daha yüksek tespit edilmiştir (P<0.001). Grupların HY değerleri karşılaştırıldığında, en düşük ham yağ TYS-YS grubunda görülürken, en yüksek çiğ soya grubunda görülmüştür (P<0.001). TYS-NS grubunun şeker ve ADF

değerleri, diğer gruplardan daha yüksek bulunmuştur (P<0.001).

Çizelge 1. Çiğ soya ve farklı sıcaklıklarda işlem görmüş tam yağlı soyanın kimyasal analiz sonuçları, %

Besin Maddeleri	ÇS	TYS-NS	TYS-YS	SHO	P Değeri
Kuru Madde	89.03 ^a	92.98 ^b	92.75 ^b	0.3677	0.001
Ham Protein	36.16 ^a	38.46 ^b	38.75 ^b	0.2776	0.001
Ham Yağ	21.81 ^a	20.71 ^b	20.43 ^b	0.1979	0.006
Ham Kül	5.05 ^a	5.45 ^b	5.05 ^a	0.0673	0.013
Ham Selüloz	5.13	5.35	5.21	0.0707	0.465
Nişasta	0.42	0.54	0.49	0.0303	0.275
Şeker	6.21	5.92	6.27	0.1334	0.543
ADF	7.96	7.55	7.97	0.1024	0.160
NDF	8.53 ^a	11.19 ^b	11.31 ^b	0.3011	0.001
Fosfor	0.54 ^b	0.50 ^a	0.50 ^a	0.0066	0.025

^{a,b}: Her satırdaki farklı harfleri içeren değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

ÇS: Çiğ soya; TYS-NS: 119-134 °C sıcaklıkta kavrulmuş tam yağlı soya; TYS-YS: 135-141 °C sıcaklıkta kavrulmuş tam yağlı soya; SHO: Standart Hata Ortalaması

Çizelge 2. Çiğ soya ve tam yağlı soyanın spektrofotometrik analiz sonuçları, %

Besin Maddeleri	ÇS	TYS-NS	TYS-YS	SHO	P Değeri
Kuru Madde	89.17 ^a	92.96 ^b	92.82 ^b	0.1602	0.001
Ham Protein	36.08 ^a	38.45 ^b	38.85 ^b	0.1528	0.001
Ham Yağ	21.48 ^a	20.70 ^b	19.71 ^c	0.1248	0.001
Ham Kül	5.06 ^a	5.46 ^b	5.46 ^b	0.0219	0.001
Ham Selüloz	5.21	6.17	5.59	0.3411	0.569
Nişasta	0.47	0.54	0.48	0.0168	0.143
Şeker	6.57 ^a	5.93 ^b	6.75 ^a	0.0958	0.001
ADF	8.08 ^a	7.54 ^b	8.12 ^a	0.0784	0.001
NDF	8.70 ^a	11.14 ^b	11.53 ^b	0.1686	0.001
Fosfor	0.52	0.50	0.51	0.0039	0.073
Metiyonin	0.47 ^a	0.51 ^b	0.50 ^b	0.0022	0.001
Lizin	2.29 ^a	2.37 ^b	2.38 ^b	0.0069	0.001

^{a,b,c}: Her satırdaki farklı harfleri içeren değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

ÇS: Çiğ soya, TYS-NS: 119-134 °C sıcaklıkta kavrulmuş tam yağlı soya; TYS-YS: 135-141 °C sıcaklıkta kavrulmuş tam yağlı soya; SHO: Standart Hata Ortalaması

Çizelge 3. Çiğ soya ve farklı sıcaklıklarda tam yağlı soyanın sıcaklık işlem sonuçları

Özellikler	ÇS	TYS-NS	TYS-YS	SHO	P Değeri
PDİ	56.06 ^a	9.69 ^b	8.65 ^b	1.6315	0.001
KOH-PÇ	93.19 ^a	81.83 ^b	75.58 ^c	1.1489	0.001
TİA	24.30 ^a	8.65 ^b	7.41 ^c	0.5760	0.001
R-Lizin	2.15	2.11	2.21	0.0497	0.645

^{a,b,c}: Her satırdaki farklı harfleri içeren değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

ÇS: Çiğ soya, TYS-NS: 119-134 °C sıcaklıkta kavrulmuş tam yağlı soya; TYS-YS: 135-141 °C sıcaklıkta kavrulmuş tam yağlı soya; SHO: Standart Hata Ortalaması; PDİ: protein dağılım indeksi; KOH-PÇ: KOH'de protein çözünürlüğü; TİA: tripsin inhibitör aktivitesi; R-Lizin: reaktif-lizin

NDF değerinin ise, çiğ soya grubuna göre farklı sıcaklıklarda kavrulmuş TYS gruplarında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P < 0.001$). Öte yandan farklı sıcaklıklarda kavrulmuş TYS gruplarının metiyonin ve lizin değerleri, çiğ soya grubunun değerlerinden daha yüksek olduğu ortaya konmuştur ($P < 0.001$). Çalışmada çiğ soya ve 2 farklı sıcaklık derecesinde (119-134°C ve 135-141°C) işlenmiş tam yağlı soya gruplarının ısıtma işlem parametrelerinin spektrofotometrik analiz sonuçları Çizelge 3' de verilmiştir. Isıtma işlem etkisini ortaya koyan parametrelerden PDI, KOH-PS ve TIA-A değerlerinin her birinin muamele grupları arasında farklılık gösterdiği görülmüştür ($P < 0.001$). Farklı sıcaklıklarda kavrulmuş TYS gruplarının PDI, KOH-PS ve TIA-A değerlerinin, çiğ soya grubunun değerlerinden önemli düzeyde düştüğü görülmüştür. Aynı zamanda, sıcaklık arttıkça PDI, KOH-PS ve TIA-A değerlerinin daha da düştüğü görülmüştür.

Soya fasulyesi değerli bir yem ham maddesi olabilmesi için ısıtma işleminden geçirilmesi gerekmektedir (Palliyeguru ve ark., 2011; Nikmaram ve ark., 2017). Isıtma işleminden geçirilmeyen bir soyanın içerisindeki fitotoksik denilebilecek beslemeyi engelleyici faktörleri ve uygun olmayan şartlarda depolanmasında oluşan mikrobiyal içeriğinden dolayı, hayvanların sindirim fizyolojisinde sorunlar oluşturmakta, yemden yararlanmanın kötüleşmesi ve hatta sağlığının bozulmasına yol açabilmektedir (Liener, 2000; Mantovani ve ark., 2011; Woyengo ve ark., 2017). Öte yandan çiğ soya ve ısıtma işleminden geçirilmiş soyanın besin madde içeriklerinin farklılık gösterebileceği doğal bir sonuçtur. Bu bağlamda mevcut çalışmada çiğ soyanın ve farklı sıcaklıklarda ısıtma işlem görmüş TYS örneklerinin besin madde içeriklerinin hem kimyasal analiz sonuçları hem de spektrofotometrik (NIRS) analiz sonuçları birlikte incelendiğinde, her iki analiz metodunun benzer sonuçlar verdiği görülmektedir. Her iki analiz metodunda da, çiğ soyanın KM, HP, NDF değerleri farklı sıcaklıklarda ısıtma işlem görmüş TYS örneklerinden daha düşük çıkmıştır. Bu besin maddeleri üzerine sıcaklık işleminin olumlu etki yaptığı söylenebilir. Bazı alternatif yemlerin besin madde içeriğinin kimyasal ve NIRS metodlarıyla belirlenmesine ilişkin çalışmada her iki metot sonuçlarının benzer olduğu bildirilmekte, mevcut çalışma sonuçlarını desteklemektedir (Pehlevan ve Özdoğan, 2015). Karma yem formlarının besin madde içeriklerinin kimyasal ve spektrofotometrik analizlerle karşılaştırıldığı çalışmada ise, metotlara göre besin madde değerlerinin bazılarında farklılık olduğu ve örnekleme sayısının bu farklılığın ortadan kalkacağı bildirilmiştir (Elbirlik ve Özdoğan, 2021), fakat mevcut çalışmada ise NIRS cihazında çok sayıda soya ve TYS örnekleriyle çalışılmasından dolayı besin madde değerlerinin tahmininde daha iyi sonuçlar verdiği düşünülmektedir. Analiz sayısının artmasıyla, NIRS analiz sonuçlarının doğruluğunun arttığı bildirilmektedir (Green ve ark., 2005). Mevcut çalışmada her iki metotta da farklı sıcaklık

uygulamalarının TYS'nin ham yağ değerini düşürdüğü tespit edilmiştir. Soya tohumundaki yağ hem öğütmenin hem de ısıtma işlemin etkisiyle tohumun içerisinde fiziksel olarak serbest hale geldiği, açığa çıkan bu yağın işleme sırasında ekspander ve ekstruder ekipmanlarında kaldığı gibi bir kısmının taşıma ve depolamada TYS'den uzaklaştığı düşünülmektedir. Tam yağlı soyanın besin madde içeriğinin çiğ soya değerine göre irdeleyen önceki çalışmalara rastlanılmamıştır. Mevcut çalışmada farklı ısıtma işlem görmüş TYS gruplarının ham kül değerleri ise, her iki metotta da çiğ soya grubundan yüksek olduğu görülmekte, bu durumun nereden kaynaklandığına ilişkin bir değerlendirme yapılamamış ve buna ilişkin önceki çalışmalara da rastlanılmamıştır. Yine mevcut çalışmada her iki metotta da farklı ısıtma işlem görmüş TYS örneklerinde NDF değerlerinin çiğ soya grubundan yüksek bulunurken, fosfor değerlerinin çiğ soya grubundan düşük olmasının nedenleri açıklanamamıştır. Mevcut çalışmada farklı kavurma sıcaklıklarında ise NDF değerlerinin benzer bulunması, önceki bir çalışmadaki farklı kavurma tekniklerinin tam yağlı soya gruplarının NDF değerlerini değiştirmedeği bildirilmiştir (Marty ve Chavez, 1993). Ayrıca, spektrofotometrik analizde ham soyanın şeker ve ADF değerlerinin, 119-134 °C sıcaklıkta kavrulmuş TYS grubundan düşük çıktığı görülmüştür fakat kimyasal analiz sonuçlarında benzer durum gözlemlenmemiştir. Önceki çalışmalarda incelenmiş, bu özelliklere ilişkin bir değerlendirmeyle karşılaşılmamış, dolayısıyla mevcut çalışmadaki spektrofotometrik şeker ve ADF değerlerine ilişkin bir yorum yapılamamıştır. Bu değerlere ilişkin başka yapılacak araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Mevcut çalışmadaki bir başka besin maddeleri değerlendirmeleri, sadece spektrofotometrik analizi yapılmış metiyonin ve lizindir. Farklı sıcaklıklarda kavrulmuş TYS gruplarının metiyonin ve lizin değerleri, çiğ soya grubunun değerlerine göre iyileştiği gözlemlenmiştir. Mevcut bu çalışmadaki farklı sıcaklıklarda kavurma işlemi, çiğ soyanın metiyonin ve lizin değerlerine göre artış gösterirken, farklı ısıtma işlem sıcaklıklarında fark gözlenmemiştir. Soya küspesi ile ilgili önceki bir çalışmada otoklavlama süresi (29 PSI basınç ve 128 °C'de, 0-60 dk arası) arttıkça soya küspesinin lizin değerlerinin düştüğü bildirilmektedir (Dunmire, 2019). Yine tam yağlı soya ile ilgili farklı sıcaklık ve sürelerinin amino asit ve sindirilebilirlik değerleri üzerine yapılmış çalışmada ise, ham soyanın lizin değeri %2.2, metiyonin değeri 0.51 iken, 100 derecelik ısıtma işlemde lizin ortalama %2.24, metiyonin %0.51, 110 derece 60 dakika otoklavlamada süre arttıkça %2.21-2.15, metiyonin ise %0.52-0.51 değerlerine düşmüştür (Abdollahi ve ark., 2022). Mevcut çalışmada spektrofotometrik analiz değerlendirmesine göre, tam yağlı soya gruplarının PDI değeri (% 9.69-8.65) ham soya grubuna (%56.06) göre önemli düzeyde düşmüş, dolayısıyla çiğ soya grubuyla kıyaslandığında her iki sıcaklık uygulamasından etkilendiği ve

de sıcaklık arttıkça PDİ değerinin sayısal değer olarak düştüğü de dikkati çekmiştir. Soya küspesi ile ilgili önceki bir çalışmada, soya küspesinin yeterli ısı işlem uygulandığının göstergesi olarak protein dağılım indeksinin %40-45 düzeyinde olması gerektiğini bildirmiştir (Batal ve ark., 2000). Mevcut çalışmadaki TYS gruplarının KOH-PÇ ve TİA değerlerinin, çiğ soya grubunun aynı değerlerine göre düştüğü ve aynı zamanda TYS gruplarında artan sıcaklıkla bu değerlerin orantısal olarak azaldığı görülmektedir. Önceki çalışmalarda, sıcaklık süresi veya derecesindeki artışla KOH-PÇ değeri arasında ters ilişkili olduğu bildirilmektedir (Bulut, 2010). Fakat tam yağlı soya kalitesinin belirlenmesine ilişkin bir çalışmada, çiğ soya KOH-PÇ ve TİA değerlerine göre farklı sıcaklıklarda kavrulmuş (118-140) tam yağlı soyaların değerlerinin düştüğü ve özellikle TİA değerlerindeki düşüşün çok önemli seviyelerde olduğu belirtilmektedir (Ruiz ve ark., 2004). Bir başka çalışmada da sıcaklık derecesi ve süresiyle TYS'nin KOH- PÇ ve TİA değerlerinin çiğ soya değerlerine göre önemli seviyelerde düştüğü bildirilmektedir (Abdollahi ve ark., 2022). Ancak TİA değerlerinin çok düşük olması, çok yüksek sıcaklıkların uygulandığının göstergesi olduğu ve dikkat edilmesi gerektiği bilinmektedir. Çünkü fazla işleme protein yapısına dolayısıyla amino asit yapısına zarar verdiği ve zooteknik parametrelerini kötüleştirdiği bildirilmektedir (Bulut, 2010; Abdollahi ve ark., 2022; Hoffmann ve ark., 2019). Yine bir başka çalışmaya göre tam yağlı soyadaki tripsin inhibitörünün en çok düşme gösterdiği sıcaklık aralığının 150-160 derecede %9-11 nem içerikli soyalardan elde edildiği bildirilmektedir (Riaz, 2007).

SONUÇ

İki farklı sıcaklıkta işlem görmüş tam yağlı soya grupları, besin madde içerikleri bakımından çiğ soyaya göre hem kimyasal hem de spektrofotometrik ölçümlere göre daha iyi sonuçlar göstermiştir. İki farklı sıcaklıkta kavrulmuş TYS gruplarının metiyonin ve lizin içeriklerinin soyadan yüksek olduğu, kavurma işleminin her iki amino asit içeriğini iyileştirdiği söylenebilir.

Çiğ soya ile ısı işlem görmüş TYS grupları arasında ısı işlem analiz parametreleri incelendiğinde, tam yağlı soya gruplarında PDI parametresi çiğ soya grubundan oldukça düşüktür ki, sıcaklık uygulamasının etkinliğini göstermekte ve ısı işlem hasarının göstergesi kabul edilmektedir. Benzer sonuçlar, KOH-PÇ ve TİA değerlerinde de görülmüş, TYS gruplarında artan sıcaklık uygulamasıyla bu değerlerin daha da düştüğü ve ısı işlem uygulamasının ne derecede uygulandığının göstergesi olabileceği görülmektedir.

Teşekkür

Bu projeyi (ZRF-21002) destekleyen Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine, kimyasal analizlerin bir kısmının yürütüldüğü Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Tarımsal Biyoteknoloji ve Gıda Güvenliği Uygulama ve Araştırma Merkezine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Abdollahi MR, Wiltafsky-Martin M, Zaefarian F, Ravindran V (2022) Metabolizable Energy and Standardized Ileal Amino Acid Digestibility of Full-Fat Soybeans for Broilers Are Influenced By Wet-Heating, Expansion Temperature, and Autoclaving Time. *Poultry Science* 101: 102016.
- Aburt A, Vazues M, Dale NM (1998) Strategies for Utilizing Over Processed Soybean Meal: II. Lysine Supplementation. *Journal of Applied Poultry Research* 32: 196-201.
- AOAC (1997). Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. 16th ed, Washington DC, USA.
- Batal AB, Douglas MW, Engram AE, Parsons CM (2000) Protein Dispersibility Index as an Indicator of Adequately Processed Soybean Meal. *Poultry Science* 79: 1592-1596.
- Brestenský M, Nitrayová S, Patráš P (2014) Protein Quality of Malting Sprouts. XVII International Symposium, "Feed Technology", 25-27 October 2016, pp: 20-23. Novi Sad, Serbia.
- Bulgurlu Ş, Ergül M (1978) Yemlerin Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Analiz Metotları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 127. Bornova, İzmir.
- Bulut G (2010) Türkiye'de Üretilen Soya Hammaddelerinde Protein Kalitesinin Kanatlılar Yönünden In Vitro Tekniklerle Belirlenmesi Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Dunmire KM, Dhakal J, Stringfellow K (2019) Evaluating Soybean Meal Quality Using Near-Infrared Reflectance Spectroscopy. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports, Swine Day*. 5(8): 1-8.
- Elbirlik O, Özdoğan M (2021) Yem Formunun Yakın Kızılötesi Yansıma Spektroskopisi Metoduyla Süt Sığırcı Karma Yemlerinin Besin Madde Değerlerine Etkisinin Belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 58(2): 263-271.
- Grant G, Dorward PM, Buchan WC, Amour JC, Pusztai A (1995) Consumption of Diets Containing Raw Soya Beans (*Glycine Max*), Kidney Beans (*Phaseolus Vulgaris*), Cowpeas (*Vigna Unguiculata*) or Lupin Seeds (*Lupinus Angustifolius*) by Rats for up to 700 Days. Effects on Body Composition and Organ Weights. *British Journal of Nutrition* 73: 17-29.
- Green RL, Thureau G, Pixley NC, Mateos A, Reed RA, Higgins JP (2005) In-Line Monitoring of Moisture Content in Fluid Bed Dryers Using Near-IR Spectroscopy with Consideration of Sampling Effects on Method Accuracy. *Analytical Chemistry* 77(14): 4515-4522.
- Heger J, Wiltafsky M, Zelenka J (2016) Impact of Different Processing of Full-fat Soybeans on Broiler Performance. *Czech Journal of Animal Science* 61(2): 57-66.

- Hoffmann D, Brugger D, Windisch W, Thurner S (2017) Calibration Model for a Near Infrared Spectroscopy (NIRS) System to Control Feed Quality of Soy Cake Based on Feed Value Assessments In-Vitro. *Chemical Engineering Transactions* 58: 379-384.
- Hoffmann D, Thurner S, Ankerst D, Damme K, Windisch W, Brugger D (2019) Chickens' Growth Performance and Pancreas Development Exposed to Soy Cake Varying in Trypsin Inhibitor Activity, Heat-degraded Lysine Concentration, and Protein Solubility in Potassium Hydroxide. *Poultry Science* 98: 2489-2499.
- Karabulut A, Canbolat Ö (2005) Yem Değerlendirme ve Analiz Yöntemleri. Uludağ Üniversitesi Yayınları No: 2.05.048.0424. Sayfa: 1192-123. Bursa- Türkiye.
- Kuenz S, Thurner S, Hoffmann D, Kraft K, Wiltafsky-Martin M, Damme K, Windisch W, Brugger D (2022) Effects of Gradual Differences in Trypsin Inhibitor Activity on the Estimation of Digestible Amino Acids in Soybean Expellers for Broiler Chickens. *Poultry Science* doi: 10.1016/j.psj.2022.101740.
- Lee H, Garlich JD (1991) Effect of Overcooked Soybean Meal on Chicken Performance and Amino Acid Availability. Department of Poultry Science, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina 27695-7608.
- Liener IE (2000) Non-nutritive Factors and Bioactive Compounds in Soy. In: Dackley, J. K. (Ed.), *Soy in Animal Nutrition*. Federation of Animal Science Societies Savoy, IL, 13-45.
- Mantovani D, Filho LC, Corazza ML (2011) Physical and Chemical Characteristics Studies During the Processing of Soybean Used in Monogastric Feeding. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina* 32(3): 1163-1168.
- Marty BJ, Chaves ER (1993) Effects of Heat Processing on Digestible Eners/ and Other Nutrient Digestibilities of Full-Fat Soybeans Fed to Weaner, Grower and Finisher Pigs. *Canadian Journal of Animal Science* 73: 411-419.
- Nikmaram N, Leong SY, Koubaa M, Zhu Z, Barba FJ, Greiner R, Oey I, Roohinejad S (2017) Effect of Extrusion on the Anti-Nutritional Factors of Food Products: An Overview. *Food Control* 17: 62-73.
- Palliyeguru MVCD, Rose SP, Mackenzie AM (2011) Effect of Trypsin Inhibitor Activity in Soya Bean on Growth Performance, Protein Digestibility and Incidence of Sub-Clinical Necrotic Enteritis in Broiler Chicken Flocks. *British Poultry Science* 52(3): 359-367.
- Palić D, Modika KY, Coetzee SE, Lević J, Kokić B, Peno N (2010) Protein Dispersibility Index and Protein Solubility in Potassium Hydroxid as Indicators of the Degree of Fullfat Soybean Heat Treatment. *Krmiva* 52(3): 135-140.
- Pehlevan F, Özdoğan M (2015) Bazı Alternatif Yemlerin Besin Madde İçeriğinin Belirlenmesinde Kimyasal ve Yakın Kızılötesi Yansıma Spektroskopisi Metotlarının Karşılaştırılması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 12(02): 1-10.
- Riaz M (2007) Extruding Full Fat Soy for Maximum Quality. Food Protein R&D Centre, Texas A&M University, College Station, Texas, USA. <https://www.allaboutfeed.net/animal-feed/feed-additives/extruding-full-fat-soy-for-maximum-quality/>
- Ruiz N, Belalcázar de F, Diáz GC (2004) Quality Control Parameters for Commercial Full-Fat Soybeans Processed by Two Different Methods and Fed to Broilers. *Journal of Applied Poultry Research* 13: 443-450.
- SAS (1999) The SAS System SAS Institute Inc., Version 8. Cary, NC, USA.
- Woyengo TA, Beltranena E, Zijlstra RT (2017) Effect of Anti-Nutritional Factors of Oilseed Co-Products on Feed Intake of Pigs and Poultry. *Animal Feed Science and Technology* 233: 76-86.
- Yasothai R (2016) Antinutritional Factors in Soybean Meal and Its Deactivation. *International Journal of Science, Environment and Technology* 5(6): 3793-3797.