

RESEARCH ARTICLE

Köpek mamalarında kullanılan tahıllarda ısıtma işleminin nişastanın jelatinize olması ve sindirilebilirliği üzerine etkisi

Fatma İnal^{1*}, Abdullah Özbilgin², Mustafa Selçuk Alataş¹, Oğuzhan Kahraman¹, Emel Gürbüz¹

¹Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, Kampüs, 42075, Konya, Türkiye,

²Cumhuriyet Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, Kampüs, 58140, Sivas, Türkiye.

Geliş:28.06.2017, Kabul: 04.10.2017

*fainal@selcuk.edu.tr

The effect of heat treatment applied to cereals used in dog foods on gelatinization and digestibility of starch

Eurasian J Vet Sci, 2017, 33, 4, 214-221

DOI:10.15312/EurasianJVetSci.2017.163

Öz

Amaç: Köpek mamalarına giren tahıllara uygulanan sıcak suyla ısıtma, suda pişirme ve ekstrüzyon işlemlerinin nişastanın jelatinizasyonu ve sindirilebilirliği üzerine etkilerini tespit etmektir.

Gereç Yöntem: Çalışmada arpa, buğday, mısır, pirinç, sorgum ve yulaf kullanılmıştır. Tahıllar öğütüldükten sonra kaynar suyla ısıtılmış, suyla 10 dk ve 20 dk kaynatılarak pişirilmiş ve ekstrude edilmiştir. Isıtma işlemi uygulanan tahıllar kurutulmuş öğütülmüştür. Bütün örneklerde kuru madde, nişasta, jelatinize nişasta ve in vitro nişasta sindirilebilirliği analizleri yapılmıştır.

Bulgular: Isıtma işlemi uygulanan tahıllarda nişasta oranı azalmıştır. Nişasta bakımından en zengin tahıl pirinç, en fakir yulaf bulunmuştur. Nişasta hasarı çığ tahıllarda %4.64, suyla pişirilmişlerde %30.99-31.83, ekstrude tahıllarda %31.59 olarak tespit edilmiştir (P<0.05). Isıtma işlemleri nişasta jelatinizasyonunu % 581 artırmıştır. En yüksek jelatinizasyon yulafta gerçekleşmiştir. In vitro nişasta sindirimi çığ tahıllarda 14.62 iken suyla 10 dk pişirmede 55.46, ekstrüzyon sonucu 72.47 mg maltoz/mg nişasta şeklinde bulunmuştur (P<0.05). Isıtma işlemleri nişasta sindirimini % 308 artırmıştır. En yüksek nişasta sindirimi yulafta, en düşük pirinçte oluşmuştur. Jelatinize nişasta oranı bakımından suda pişirme ile ekstrüzyon arasında fark çıkmamıştır, ancak nişasta sindirilebilirliği ekstrüzyon işleminden sonra daha yüksek bulunmuştur (P<0.05). Sıcak suyla ısıtma nişasta jelatinizasyonu ve sindirimini artırmada etkili olmamıştır.

Öneri: Tahıllarla yapılacak benzer çalışmalarda amilopektin, amiloz, dirençli nişasta içeriklerinin belirlenmesi, yedirme deneylerinin yapılması tavsiye edilebilir.

Anahtar kelimeler: Köpek maması, tahıllar, nişasta, in vitro sindirilebilirlik

Abstract

Aim: It is to determine the effects of soaking, cooking in water, extrusion applied to the cereals used in dog foods on the gelatinization and digestibility of starch.

Materials and Methods: Barley, wheat, corn, rice, sorghum and oat were used. Milled grains were soaked with boiling water, cooked with water for 10 min and 20 min, and extruded. The heat treated cereals were dried and ground. Dry matter, starch, gelatinized starch and in vitro starch digestibility analyzes were performed in all samples.

Results: The amount of starch in the heat treated cereals decreased. It was found that the richest cereal in terms of starch is rice and the poorest one is oat. The starch damage was determined as 4.64% in raw cereals, 30.99-31.83% in cereals cooked with water and 31.59% in extruded cereals. Heat treatments increased starch gelatinization by 581%. The highest gelatinization occurred in the oat. In vitro starch digestibility was found 14.62 in raw grains, 55.46 after cooking for 10 min and 72.47 mg maltose/mg starch after extrusion (P <0.05). Heat treatments increased starch digestibility by 308%. The highest starch digestibility occurs in the oat and the lowest in rice. There was not any gelatinized starch ratio difference between the cooking and extrusion, but starch digestibility was found higher after the extrusion (P<0.05). Soaking with boiled water was not effective in increasing starch gelatinization and digestibility.

Conclusion: In similar studies with cereals, it may be advisable to determine amylopectin, amylose, resistant starch contents, and feeding experiments.

Keywords: Dog food, cereals, starch, in vitro digestibility

Giriş

Kuru köpek mamalarında tahıl taneleri yaygın olarak kullanılan nişasta bakımından zengin hammaddelerdir. Çünkü tahıllar içeriği çok değişken olmayan ve diyeti ekonomik hale getiren kaynaklardır. Köpek diyetlerinde nişasta % 50'yi, tahıl oranı % 60'ı bulabilir. Bunun için hazırlanması esnasında uygulanan ısıt işlemler mama veya diyetin sindirilebilirliğini önemli düzeyde etkilemektedir (Cipollini 2008). Başka bir deyişle mamanın sindirilebilirliği büyük oranda nişastanın sindirilebilirliği ile alakalıdır. Yapılan çalışmalarda nişastası en fazla sindirilen tahıllar mısır ve pirinçtir. Bunu sorgum, arpa, buğday izlemektedir (Bednar ve ark 2001). Carciofi ve ark (2007) köpek mamalarında pirinç nişastasının sindirilebilirliğinin % 98'in üzerinde olduğunu tespit etmişlerdir.

Pet mama sektöründe laksatif etkisi ve dışkı kalitesi ile ilgili olarak diyet lifi tekrar önemli hale gelmiştir. Son zamanlarda fermente olabilir ve çözünebilir lif bakımından zengin, glikemik indeksi düşük tam tahıllar, mısır, arpa, yulaf üzerinde durulmaktadır (De Godoy ve ark 2013). Tam tahılların evde beslenen hayvanların sağlığı ve refahıyla ilgili etkileri net olarak değerlendirilmemiştir. Forster ve ark (2012) ekstrude mama tüketen köpeklere ilave olarak buğday ve mısır verdiklerinde çok iyi sindirilebilirlik ve kabul edilebilirlik sonuçları elde etmişlerdir. İnsanlarda tam tahıl tüketimi ile kolon kanseri riskinin azalması ilişkilendirilmiştir (Jonnalagadda ve ark 2011, Aune ve ark 2016).

Ülkemizde çoban köpeklerinin geleneksel beslenmesinde büyük oranda arpa, yal şeklinde pişirilerek yedirilmektedir (Erdoğan ve ark 2012). Ticari köpek mamalarında halen mısır, buğday ve bunların yan ürünleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte daha yakın zamanlarda bazı hayvan sahipleri tarafından, köpek ve kedilerin etçil olmaları nedeniyle diyete tahıl ilave edilmesinin uygun olmadığı tartışılır olmuştur. Bugüne kadar bu inancı destekleyen bilimsel bir delil de çıkmamıştır. Bazı mama etiketlerinde "mısırızsız" ve "buğdaysız" ifadeleri yer alırken, hayvan sahipleri yulaf ve arpa gibi tahılları kolay kabul etmiştir ve bunlara karşı artan bir ilgi vardır. Yulaf ve arpa β -glukan ve suda eriyebilir lif bakımından iyi kaynaklardır, bunların insanlarda yağ ve glikozu düşürücü etkileri bilinmektedir (De Godoy ve ark 2013). Nişasta bitki hücrelerinde granüller halinde bulunur. Granüller amiloz ve amilopektin polimerlerinden oluşur. Soğuk suda çözünmezler. Su ile birlikte ısıtıldıkları zaman nişasta granülleri şişer ve kristal yapısı kaybolur. Bu durum jelatinizasyon olarak bilinir. Çiğ nişasta in vitro ortamda enzimler tarafından çok yavaş sindirilir. Nişastanın jelatinizasyon derecesi hidrolizi ve sindiriminde çok önemlidir (Holm ve ark 1988a, Goelema ve ark 1999).

Nişastanın jelatinizasyonu ekstruderin gücü, dönme hızı, basınç, delik çapı, nem düzeyi, en çok da kullanılan tahılın nişasta içeriği ve karakterine bağlıdır. Knudsen (1997) kuru

madde esasına göre mısırdaki % 69, buğdayda % 65, arpada % 59, yulafta % 47 oranında nişasta tespit etmiştir.

Köpek beslemede mamanın besin madde bileşimi kadar mamanın sindirilebilirliği de önemlidir. Hayvanların mamanın iyi sindirildiğinin göstergesi olarak daha az miktarda ve şekilli dışkı yapması istenir. Sindirilebilirlik in vivo ve in vitro yöntemlerle tespit edilebilir. Yapılan bir çalışmada in vivo ve in vitro yöntem arasında 0.99'un üzerinde bir korrelasyon elde edilmiştir (Holm ve ark 1988b, Cipollini 2008). Mamaların önemli bir kısmını tahıllar, tahılların da önemli bir kısmını nişasta oluşturduğuna göre tahılların in vitro nişasta sindirilebilirliği kalite değerlendirmesinde kullanılabilir.

Tahıllarda pişirmenin önemli faydaları vardır. Pişirmekle tahıllardaki nişastanın sindirilebilirliğinin % 14-208 arasında arttığı bildirilmektedir. Aşırı pişirme protein sindirimini düşürse de uygun şekilde pişirme hem hayvansal hem de bitkisel kaynaklardaki protein sindirimini artırabilir. Besin madde kalitesi ve sindirilebilirlik üzerine pişirmenin etkisi, pişirme metodu, sıcaklık, zaman ve su miktarına göre değişebilir. Kuru mamalarda en yaygın kullanılan pişirme şekli ekstrüzyondur. Ekstrüzyon işlemi ürünü çabucak pişirmek için nem (%25-35), sıcaklık (100-150 °C), basınç (20-30 bar) ve mekanik kırma (0.5-5 dk) işlemlerinin kombine kullanıldığı bir pişirme yöntemidir. Bu işlem esnasında arzu edilmeyen bazı enzimler de yıkımlanır (Lankhorst ve ark 2007, Tran ve ark 2008, Altan ve ark 2009, Tran ve ark 2011)

Murray ve ark (1999) köpek mamalarında arpa unu (%51.9), mısır unu (%43.6), pirinç unu (%44.1), sorgum unu (%44.2) veya buğday unu (%49.1) kullanmışlar, en yüksek sindirilebilirliği pirinç, mısır ve buğdayda, en düşük sorgumda, dışkı kıvamını en düşük arpada tespit etmişlerdir. Köpek mamalarında arpanın % 50'nin üzerinde olmaması gerektiğini bildirmişlerdir. Kuru köpek mamalarına % 40'a kadar katılan arpa ergin köpekler tarafından iyi tolere edilmiştir (De Godoy ve ark 2013).

Projenin konusu ticari ve ev tipi mama üretiminde mamaların önemli bir bölümünü oluşturan nişastanın sindirilebilirliğinin tespit edilmesidir. Ticari köpek maması olarak çoğunlukla ekstrude kuru mama üretilmektedir. Ekstrüzyon işleminde tahıllara sıcaklık, rutubet ve basınç uygulanmakta ve nişasta jelatinize olmaktadır. Ev tipi mamalarda ise tahıllar su ile ıslatılmakta veya kaynatılmaktadır. Kaynatma süresi ile ilgili ve güvenilir bilgiler bulunmamaktadır. Bu proje, köpek mamalarında kullanılan ve mamaların sindirilmesi derecesini direkt etkileyen başlıca tahıllara hem ticari hem de ev tipi mama hazırlamada uygulanan ısıt işlemlerin nişastanın jelatinizasyonu ve sindirilebilirliği üzerine etkilerini tespit etmek amacıyla yapılmıştır.

Gereç ve Yöntem

Araştırmada kullanılan mısır, pirinç, sorgum, buğday, arpa, yulaf piyasadan temin edildi.

Örneklerin hazırlanması: Bütün yemler 1 mm eleğe sahip yem öğütücüsünde (Retsch SM 100) homojen bir şekilde öğütüldü. Öğütülmüş yemler dört farklı şekilde işlendi;

1. kaynar su ile murr, pirinç ve arpa (1:1 oranında); arpa, buğday ve yulaf (1:1.5 oranında) kaynar su ile ıslatıldı,
2. 1:4 oranında su ile karıştırılarak 10 dakika kaynatıldı,
3. 1:4 oranında su ile karıştırılarak 20 dakika kaynatıldı. Pişirilmiş tahıl unları ılıyana kadar bekletildikten sonra (köpeklere yedirilebilecek sıcaklıkta) 60 °C'ye ayarlı fanlı etüvde kurutuldu.
4. Ankara'da bulunan Bil-yem köpek maması üretim tesislerindeki ekstruderde pişirildi ve kurutuldu. Çift burgulu ekstrudere girmeden önce tahıllara şartlandırıcıda yaklaşık %25 nem içerecek şekilde su ilave edildi. Ekstruderde 4 kademede artan sıcaklıklarda, 90 °C'den başlayan ve 135 °C'ye çıkan sıcaklıklarda pişirildi. Kurutucuda 100-148 °C'de kurutuldu.

Kimyasal analizler: Isıl işlemde geçirilen tahılların hepsi 1 mm elekten geçecek şekilde öğütüldü. Çiğ, ekstrude, su ile ıslatılarak ve pişirilerek hazırlanmış bütün örneklerde (30 adet) kuru madde, nişasta, jelatinize nişasta ve in vitro nişasta sindirilebilirliği analizleri yapıldı.

Nişasta analizi: Öğütülmüş örneklerde nişasta analizleri polarimetrik yöntemle (TS ISO 6493) yapıldı.

Jelatinize nişasta analizi: Megazym Starch Damage Assay Kit ile spektrofotometrik yöntemle analiz edildi.

In vitro nişasta sindirilebilirliği: 50 mg örnek 1 ml 0.2 M fosfat tamponda (pH 6.9) çözündürüldü. 50 ml tampon çözelti içerisinde 20 mg porcine pancreatic α -amylase (Sigma A3176, Type VI-B) katılarak hazırlanmış α -amylase çözeltisinden 0.5 ml ilave edilerek (66-136 U/g nişasta) 37 °C'de 2 saat çalkalamalı su banyosunda çalkalandı. Üzerine 1 ml 3-5 dinitrosalisilik asit ilave edildi ve kaynar su banyosunda 5 dk bekletildi. Soğuk su banyosunda hızlı bir şekilde soğutuldu. Distile su ile 25 ml'ye tamamlandıktan sonra süzgeç kağıdı ile süzüldü. Her numune için ayrıca kör örnek hazırlandı. Kör

örnekte enzimden önce 3-5 dinitrosalisilik asit ilave edildi. Diğer işlemler aynı uygulandı. Süzüntülerden 2 ml'lik küvetlere alınan örneklerin absorpsansı spektrofotometrede (Schimadzu UV-1240) 510 nm'de okundu. Her numune için okunan iki absorpsans değerinin farkı alındı. Standart doğruya göre regresyon denklemi ile sonuçlar hesaplandı. Standart olarak maltoz monohidrat kullanıldı. % 0.2'lik 20 mg maltoz çözeltisinden 100, 150, 200, 300, 400 μ l alıp distile suyla 1 ml'ye tamamlandı. Böylece 200, 300, 400, 600, 800 μ g/ml maltoz içeren standart çözeltiler hazırlandı. Nişasta sindirilebilirliği mg maltose/mg nişasta şeklinde belirlendi. 100 mg maltoz, mg nişasta x 1.05 eşdeğer olarak hesaplandı (Björck ve ark 1987, Onyango ve ark 2004, Saqib ve Whitney 2009).

İstatistik analizler: Elde edilen veriler General Linear Model kullanılarak Univariate Varyans analizi yapılarak değerlendirildi. Farklılıkların önemi Duncan testi ile belirlendi (SPSS v.22).

Bulgular

Çalışmada kullanılan arpa, buğday, mısır, pirinç, sorgum ve yulafın öğütüldükten ve uygulanan ısıt işlemlerden sonra yapılan nişasta analizi sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Pirinç diğer tahıllara göre nişasta bakımından en zengin tahıl tanesi olarak bulunmuştur. Zengin nişasta içeriği, alerjik reaksiyonlara sebep olmaması gibi sebeplerle köpek mamalarında tercih edilmektedir. Bu çalışma bulgularına göre nişasta içeriği bakımından sıralamaya tabi tutulduğunda pirinci mısır, sorgum, buğday, arpa ve yulaf izlemektedir ($P < 0.05$).

Megazyme Starch Damage Assay Kit kullanılarak tahıllarda belirlenen hasarlı nişasta oranları Tablo 2'de, uygulanan ısıt işlemler neticesi nişasta hasarındaki artış oranları Tablo 3'de verilmiştir. Tahıllara göre en fazla hasar yulafta oluşmuş, bunu sırasıyla arpa, buğday, sorgum, mısır ve pirinç izlemiştir. Isıl işlemlerden 10 dk ve 20 dk suda kaynatma ile ekstrüzyon uygulamalarında sıcak suyla ıslatmaya göre daha fazla nişasta hasarı tespit edilmiştir.

Porcine pancreatic α -amylase enzimi ve standart olarak mal-

Tablo 1. Ham ve işlenmiş tahılların nişasta içerikleri, % KM'de

	Ham	Islatılmış	10 dk	20 dk	Ekstrude	Tahıllar
Arpa	61.25±0.18	56.86±0.06	58.04±0.00	56.28±0.06	60.08±0.18	58.75±0.62 ^e
Buğday	68.09±0.21	59.38±0.00	62.94±0.05	63.08±0.00	67.15±0.06	64.49±1.02 ^d
Mısır	75.40±0.17	73.11±0.17	74.65±0.35	72.15±0.00	72.46±0.06	73.72±0.42 ^b
Pirinç	83.10±0.18	81.65±0.23	81.99±0.00	82.33±0.29	80.79±0.06	82.07±0.26 ^a
Sorgum	74.40±0.49	73.11±0.56	74.02±0.06	73.84±0.29	68.64±0.06	72.95±0.67 ^c
Yulaf	53.93±1.31	41.40±0.00	38.46±0.06	38.81±0.12	44.30±0.06	44.34±1.99 ^f
Muameleler	69.36±2.34 ^a	64.25±4.01 ^d	65.02±4.30 ^c	64.42±4.25 ^d	65.57±3.42 ^b	

a-f: Aynı satır veya sütunda farklı harfe sahip değerler birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

Tablo 2. Ham ve işlenmiş tahıllarda hasarlı nişasta oranları, % KM'de

	Ham	Islatılmış	10 dk	20 dk	Ekstrude	Tahıllar
Arpa	3.14±0.21	25.14±0.31	31.90±0.47	30.54±2.07	33.25±0.39	24.79±3.74 ^b
Buğday	3.03±0.15	31.05±0.28	31.02±1.44	29.11±0.25	29.17±0.95	24.67±3.63 ^b
Mısır	4.06±0.20	13.34±0.28	25.33±0.08	26.86±0.32	28.16±0.49	19.55±3.13 ^c
Pirinç	4.21±0.05	9.78±0.05	24.30±0.01	26.63±0.04	26.83±0.68	18.35±3.16 ^d
Sorgum	4.29±0.09	15.08±0.12	23.80±0.06	25.65±0.31	30.37±1.56	19.84±3.08 ^c
Yulaf	9.13±0.02	33.11±0.10	49.60±0.96	52.17±0.94	41.79±0.17	37.16±5.19 ^a
Muameleler	4.64±0.62 ^c	21.25±2.71 ^b	30.99±2.69 ^a	31.83±2.82 ^a	31.59±1.52 ^a	

a-d: Aynı satır veya sütunda farklı harfe sahip değerler birbirinden farklıdır (P<0.05).

Tablo 3. Hasarlı nişastada ham tahıldakine göre artış oranı, %

	Islatılmış	10 dk	20 dk	Ekstrude
Arpa	684	887	815	964
Buğday	872	903	833	887
Mısır	261	574	592	597
Pirinç	151	502	563	532
Sorgum	371	574	615	657
Yulaf	194	294	324	293

Tablo 4. Tahıllarda belirlenen in vitro nişasta sindirilebilirlikleri, mg maltoz/mg nişasta

	Ham	Islatılmış	10 dk	20 dk	Ekstrude	Tahıllar
Arpa	14.64±2.51	19.44±4.18	65.09±11.40	67.23±10.54	92.24±5.50	49.14±9.49 ^b
Buğday	4.15±0.38	4.71±0.94	39.83±1.50	39.68±3.48	53.84±13.39	30.13±6.11 ^c
Mısır	17.24±2.28	20.61±1.89	60.55±0.69	59.76±3.73	72.70±5.43	48.58±7.41 ^b
Pirinç	10.92±0.27	13.29±2.16	27.75±2.79	41.05±1.77	49.47 ±3.49	28.37±4.27 ^c
Sorgum	13.28±0.68	14.94±3.84	43.73±5.86	44.37±6.69	57.50±8.63	33.25±4.66 ^c
Yulaf	27.57±7.08	30.12±3.37	95.35±9.28	94.70±11.84	96.42±13.31	70.49±9.12 ^a
Muameleler	14.62±2.04 ^c	17.95±2.45 ^c	55.46±6.40 ^b	56.26±5.62 ^b	72.47±5.81 ^a	

a-c: Aynı satır veya sütunda farklı harfe sahip değerler birbirinden farklıdır (P<0.05).

toz kullanılarak DNS metodu ile belirlenen in vitro nişasta sindirilebilirlikleri Tablo 4; ham tahıllara göre ısıtma işlemleri sonucu sindirilebilirlikteki oransal artışlar Tablo 5'dedir. Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan maltoz çözeltileri ile elde edilen grafik ve hesaplamada kullanılan regresyon denklemi Şekil 1'de verilmiştir.

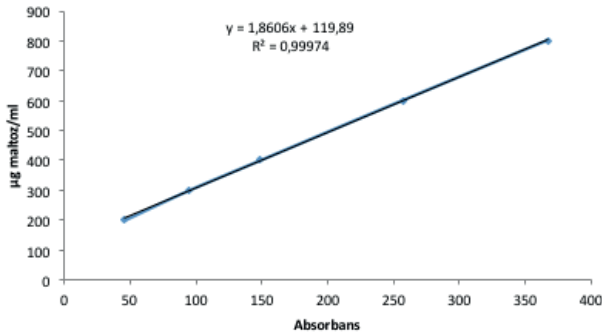
Tartışma

Isıtma işlemleri sonucu tahılların nişasta içeriğinde önemli olmayan düşüşler olmuştur (Tablo 1). Nişastadaki düşüş ekstrüzyon işleminde daha az bulunmuş ve % 5.5 olarak hesaplanmıştır. Sıcak suyla ısıtma veya pişirme

işlemlerinde nişastada ortalama % 6.9'luk bir azalma olmuştur. Buna sebep olarak ısıtma işlemlerinden geçirilmiş tahılların soğutulduktan kısa süre sonra kuru madde analizlerinin yapılması, dolayısıyla kuru madde düzeylerinin ham tahıllara göre daha yüksek olması düşünülmektedir. Ayrıca uygulanan ısıtma işlemleri neticesinde Maillard reaksiyonu, lipid-nişasta kompleksi, nişastanın kısmen yıkılanmış olması gibi değişiklikler olası sebeplerdir. Nişastadaki azalmalar tahıla göre de farklılık göstermiştir. Örneğin pirinçte % 2'ye yakın, mısır ve sorgumda % 3, arpa ve buğdayda % 6-7 civarında düşüşler olurken, yulaf % 25'e yakındır. Arpa, buğday ve yulaf daha fazla kayıplar, bu tahıllarda kristal amilopektin içeriğinin daha düşük olması (Tester ve ark

Tablo 5. Ham tahıla göre sindirebilirlikteki artış, %

	Islatılmış	10 dk	20 dk	Ekstrude
Arpa	33	345	359	530
Buğday	13	860	856	1197
Mısır	20	251	247	322
Pirinç	22	154	276	353
Sorgum	12	229	234	333
Yulaf	9	246	244	250



Resim 1. Maltoz çözeltisi ile elde edilen standart grafik

2004), yine bu tahılların nişastasında A-granül tipinin daha fazla bulunması (Buléon ve ark 1998), selüloz düzeylerinin daha yüksek olması (Björck ve ark 1984b) gibi farklılıklara yorumlanabilir. Nitekim sıcak suyla ıslatma işleminde de diğer tahıllarda 1:1 oranında su mısır, pirinç ve sorgumun ıslanmasına yeterli iken, arpa, buğday ve yulaf 1:1.5 yem:su oranı kullanılmıştır. Bu tahıllarda bulunan β-glukanlar ve granül yapıları buna sebep olarak düşünülmektedir (Soong ve ark 2014).

Ekstrüzyon ile tahılların nişasta içeriğinde % 7-10'luk azalmalar (Fornal ve ark 1987, Østergård ve ark 1989, Murray ve ark 2001) olduğu, değişiklik olmadığı (Björck ve ark 1984a, Siljeström ve ark 1986) veya artış (Siller 2006) görüldüğü bilgilerine rastlanmıştır. Bu farklılıklar ekstrüzyon tipi ve şartlarından kaynaklanmış olabilir.

Murray ve ark (2001)'nin arpa, buğday, mısır, pirinç ve sorgumda bildirdiği nişasta miktarları, sorgum dışında bu çalışmada elde edilenlere çok yakındır. Bednar ve ark (2001) ise arpa, buğday ve yulaf 1:1.5 yem:su oranında nişasta bulmuşlardır. Nişasta analiz metodu, tahılların kabuk oranları, tane ağırlığı gibi faktörler nişasta düzeyini etkilemektedir.

Nişasta jelatinizasyonu ile nişasta sindirimi arasında 0.96'lık bir korrelasyon bildirilmektedir (Holm ve ark 1988b). Mevcut çalışmada hasarlı nişasta ile in vitro nişasta sindirilebilirliği arasında 0.81'lik pozitif bir korrelasyon bulunmuştur. Nişastanın şişmesi olarak tarif edilen jelatinizasyon aşırı

su içeriği ile 50-70 °C arasında başlamaktadır (Shivus ve ark 2005). Nişasta granülleri suyu alarak şişmekte, normalin birkaç misli genişlemektedir. Granüller yırtılmakta, bulanıklık, kıvam artmaktadır (Lund ve Lorenz 1984). Yani nişasta hasara uğramaktadır. Tablo 2 incelendiğinde ham tahıllarda da nişasta hasarı görülmektedir. Bu tahılların öğütülmesi esnasında uğradığı mekanik zedelenmenin bir sonucudur. Buğdayda tespit edilen % 3.03'lük hasarlı nişasta oranı Gibson ve ark (1992)'nin farklı buğday çeşitlerinin unlarında bildirdiği % 2.32-7.36'lık sınırlar içerisinde. Rogers ve ark (1994) ile Varriano-Marston ve ark (1980) da benzer şekilde öğütülmüş buğdaylarda nişasta hasarını % 3.1-11.7 arasında bulmuşlardır.

McCleary ve ark (2006)'nın 0-60 dk arasında ıslatılmış öğütülmüş mısır nişastasında bildirdikleri % 33.2-33.5 arasında olan nişasta hasarı bu çalışmadaki ıslatılmış mısır örneklerindeki kadar yüksektir. Kullanılan mısır çeşitleri, analiz metotları, enzim düzeylerinin bu farklılığa sebep olduğu düşünülmektedir. Nitekim İbanoğlu ve İbanoğlu (2003) suyla ıslatılmış mısır nişastasında 30 dk basınç uygulaması sonucu jelatinizasyon derecesini % 6.6 olarak bulmuşlardır.

Bu çalışmada ham tahıllarda en yüksek zedelenme yulaf (% 37.16) oluşmuştur (P<0.05). Bunun yulafın küçük granül yapısından kaynaklandığı sanılmaktadır ve yulaf nişastasında jelatinizasyonun başlama sıcaklığı nispeten düşüktür (44.7-47.3 °C) (Tester ve Karkalas 1996). β-glukanların yulaf ve arpada suyu sınırlayarak nişasta jelatinizasyonunu düşürdüğü görüşünün (Soong ve ark 2014) aksine bu çalışmada arpa, buğday ve yulaf diğerlerinden daha fazla jelatinizasyon oluşmuştur. En düşük nişasta hasarı veya jelatinizasyonu pirinçte, % 18.35 olarak bulunmuştur (P<0.05). Pirinç daha yüksek sıcaklıklarda jelatinize olmaktadır. Buğdayda jelatinizasyon için gerekli sıcaklıklar (52-66 °C) pirinçten (66-82 °C) daha düşüktür. Mısırdaki 66-77 °C, sorgumda 74-82 °C'lik sıcaklıklara ihtiyaç duyulmaktadır (Ubwa ve ark 2012).

Bu çalışmada uygulanan ısı işlemlerinden suyla 10 dk, 20 dk kaynatma ya da ekstrüzyon sonucu beklenildiği gibi en yüksek jelatinize nişasta oranları elde edilmiştir. Nitekim suda 10 dk kaynatmayla nişastanın % 100 jelatinize olduğu kabul edilmektedir (İbanoğlu ve İbanoğlu 2003). Sıcak suda

ısıtma ile nişastanın tam şişmediği Tablo 2'den izlenebilir. Geçmiş yıllarda uygulandığı gibi tahılları sıcak suda ısıtarak yedirmekle köpeklerin nişastadan yeteri kadar yararlanamadığı ortadadır.

Isıtma işlemleri ile nişasta jelatinizasyonundaki artış arpada % 838, buğdayda % 874, mısırdaki % 506, pirinçte % 437, sorgumda % 554 ve yulafda % 276 olarak gerçekleşmiştir (Tablo 3). Bu verilere göre ısıtma işleminden en az yulaf etkilenmiştir. Çünkü yulaf nişasta bakımından en fakir olan tahıldır.

Tablo 4'e bakıldığında tahılların ısıtma işlemi görmeden α -amilazla 2 saat inkübasyonu sonucu bulunan nişasta sindirimini ortalama 14.62 mg maltoz/mg nişasta olduğu görülecektir. Burada dikkat çeken buğdayda sindirimin 4.15 gibi oldukça düşük, yulafın 27.57 gibi oldukça yüksek değerler göstermesidir. Diğer tahıllar ortalama rakama yakındır. Analiz esnasında buğdayın yapışkan bir pelet oluşturması enzimin içerisine tam nüfuz edememesine sebep olmuş olabilir. Diğer tahıllardan farklı olarak, buğday yapısında bulunan gliadin ve gluteninler sayesinde su ile karıştığı zaman yapışkan, elastik tutkalımsı bir hamur oluşturmaktadır (Koebler ve Wieser 2013). Nitekim kaynatılmış buğdayda protein ve nişasta arasındaki etkileşimler sonucu buğday nişastasının α -amilaza duyarlılığının belirgin şekilde azaldığı bildirilmiştir (Østergård ve ark 1989). Bununla birlikte Guerrieri ve Cerletti (1996)'nin amyloglucosidase kullanılarak buğday ununda % 5.3, buğday nişastasında % 3.8 olarak buldukları in vitro nişasta sindirimi bu çalışmadaki rakamla uyumludur.

Yulaf ise yulafın lif bakımından zengin olması sebebiyle inkübasyon ortamında gevşek bir kitle oluşturarak enzimin daha etkin olmasını sağlaması düşünülebilir. Xue ve ark (1996)'nın mısır ve arpada bildirdikleri in vitro nişasta sindirimi değerleri bu çalışmadakilere yakındır.

Tahıllar bazında en yüksek sindirilebilirlik yulafda bulunmuştur. Bu bulgu tortilla ekmeğine yulaf unu katıldığında sindirilebilirliğin düştüğünü tespit eden Hidebring (2012)'in bulgusuyla çelişkilidir. Yulafın çiğ halinde de sindirim diğerlerinden daha fazladır. Yulaf sıcak suda ısıtıldığı zaman nişasta sindiriminde sadece % 9'luk bir artış olmuştur. Suda 10 dk, 20 dk pişirme ve ekstrüzyon uygulandığında % 250 civarında artışlar elde edilmiştir. Xue ve ark (1996) 10 dk kaynatma ile arpa, buğday ve mısırdaki bu çalışmadakinden daha yüksek nişasta hidrolizi bildirmişlerdir.

Bu çalışmada elde edilen bulgulara göre in vitro nişasta sindirimi açısından tahıllar yulaf>arpa>mısır>sorgum>buğday>pirinç şeklinde sıralanabilir. Nişasta sindirimini en fazla ekstrüzyon işlemi artırmıştır. Bu durum ekstruderde 135 °C'ye çıkan bir sıcaklığın etkisini yansıtmaktadır. 10 dk ya da 20 dk kaynatma arasında farklılık çıkmamıştır. Bu durum nişastanın 10 dk suda kaynatılmasıyla % 100 jelatinize olduğu (İbanoğlu ve İbanoğlu 2003) sonucu ile uyumludur.

Asp ve Björck (1982) de ekstrude buğday örneklerinde 20 dk suda kaynatmaya göre daha iyi in vitro sindirilebilirlik cevapları almışlardır.

Onyango ve ark (2004) pişirme veya ekstrüzyon ile nişasta sindirilebilirliğinin % 700-800 arttığını bildirmiştir. Bu çalışmada pişirme veya ekstrüzyon nişasta sindirimini % 400 artırmıştır. Altan ve ark (2009) ekstrude arpada in vitro nişasta sindirimini yaklaşık % 400 arttığını bildirmişlerdir. Arpa ile çalışan Østergård ve ark (1989)'nın çiğ ve kaynatılmış arpada bulmuş oldukları nişasta hidroliz oranı bu çalışmadakinden yüksektir, ancak ekstrude arpada daha düşük hidroliz bildirmişlerdir.

Köpek diyetinin önemli bir kısmını oluşturan bu tahılların kalitesi ve köpekler tarafından iyi değerlendirilmesi önemlidir. Tahıllar bazen haksız yere eleştirilmekte, ucuz mama dolgu maddeleri gibi lanse edilmekte, alerjik reaksiyonlardan sorumlu tutulmaktadır. Oysa tahıllar yüzyıllardır hem insanların hem de köpeklerin diyetlerinde sindirilebilir enerji sağlayan sağlıklı yiyeceklerdir. Ancak yedirilmeden önce pişirilmeleri gerekmektedir. Uygun pişirme ile nişastanın neredeyse tamamı sindirilebilir (Watson 2005).

Öneriler

Köpek mamalarında tahılların kullanılabilirliği ile ilgili planlanan bu çalışma başlangıç niteliğindedir. Bulguların daha iyi yorumlanabilmesi açısından tahıllarla yapılacak benzer çalışmalarda amilopektin, amiloz, dirençli nişasta içeriklerinin belirlenmesi, ayrıca hayvan denemeleri ile sonuçların desteklenmesi tavsiye edilebilir.

Teşekkür

Çalışma SÜBAP tarafından 15401138 nolu proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Altan A, McCarthy KL, Maskan M, 2009. Effect of extrusion cooking on functional properties and in vitro starch digestibility of barley-based extrudates from fruit and vegetable by-products. *Journal of Food Science*, 74, E77-86.
- Asp N-G, Björck I, 1982. Effects of extrusion cooking on the nutritional value. *PLoc. 7th World Cereal and Bread Congress, Prague*.
- Aune D, Keum NN, Giovannucci E, Fadnes LT, Boffetta P, Greenwood DC, Tonstad S, Vatten LJ, Riboli E, Norat T, 2016. Whole grain consumption and risk of cardiovascular disease, cancer, and all cause and cause specific mortality: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *BMJ*, 353, i2716.
- Bednar GE, Platil AR, Murray SM, Grieshop CM, Merchen NR, Fahey GCJr, 2001. Starch and fiber fractions in selec-

- ted food and feed ingredients affect their small intestinal digestibility and fermentability and their large bowel fermentability in vitro in a canine model. *The Journal of Nutrition*, 131, 276-286.
- Björck I, Asp N-G, Birkhed D, Lundquist I, 1984a. Effects of processing on availability of starch for digestion in vitro and in vivo; I. Extrusion cooking of wheat flours and starch. *J Cereal Sci*, 2, 91-103.
- Björck I, Nyman M, Asp N-G, 1984b. Extrusion cooking and dietary fiber: Effects on dietary fiber content and on degradation in the rat intestinal tract. *Cereal Chem*, 61, 174-179.
- Björck I, Nyman M, Pedersen B, Siljestrom M, Asp N-G, Eggum BO, 1987. Formation of enzyme resistant starch during autoclaving of wheat starch: Studies in vitro and in vivo. *J Cereal Sci*, 6, 159-172.
- Buléon A, Colonna P, Planchot V, Ball S, 1998. Starch granules: structure and biosynthesis. *Int J Biol Macromolecules*, 23, 85-112.
- Carciofi AC, Vasconcellos RS, Oliveira LD, Brunetto MA, Valério AG, Bazolli RS, Carrilho ENVM, Prada F, 2007. Chromic oxide as a digestibility marker for dogs-A comparison of methods of analysis. *Animal Feed Science and Technology*, 134, 273-282.
- Cipollini I. 2008. Pet food: Quality and quality improvement, A Thesis, Feed and Food Science, Alma Mater Studiorum-Università di Bologna, AGR 18.
- De Godoy CMR, Kerr KR, Fahey GCJr, 2013. Alternative dietary fiber sources in companion animal nutrition. *Nutrients*, 5, 3099-3117.
- Erdogan M, Tepeli C, Ozbeyaz C, Akbulut MD, Uguz C, 2012. Comparison of some morphological characteristics of native Turkish dog breeds. *Eurasian J Vet Sci*, 28, 106-110.
- Fornal L, Soral-Smietana M, Smietana Z, Szpenelowski J, 1987. Chemical characteristics and physico-chemical properties of the extruded mixtures of cereal starches. *Starch/Starke*, 39, 75-78.
- Forster GM, Hill D, Gregory G, Weishaar KM, Lana S, Bauer JE, Ryan EP, 2012. Effects of cooked navy bean powder on apparent total tract nutrient digestibility and safety in healthy adult dogs. *J Sci*, 90, 2631-2638.
- Gibson TS, Alqalla H, McCleary BV, 1992. An improved enzymic method for the measurement of starch damage in wheat flour. *Journal of Cereal Science*, 15, 15-27.
- Goelema JO, Smits A, Vaessen LM, Wemmers A, 1999. Effects of pressure toasting, expander treatment and pelleting on in vitro and in situ parameters of protein and starch in a mixture of broken peas, lupins and faba beans. *Animal Feed Science and Technology*, 78, 109-126.
- Guerrieri N, Cerletti P, 1996. Effect of high-temperature short-time treatment of wheat flour on gluten vitality and structure. *Cereal Chem*, 73, 375-378.
- Hidebring E, 2012. Impact of sourdough on in vitro starch hydrolysis in wheat tortilla bread. A Thesis, Chalmers University of Technology SE-412 96 Gothenburg, Sweden.
- Holm J, Björck I, Eliasson A-C, 1988a. Effects of thermal processing of wheat on starch. I. Physico-chemical and functional properties. *J Cereal Sci*, 8, 249-269.
- Holm J, Lundquist I, Björck I, Eliasson A-C, Asp N-G, 1988b. Degree of starch gelatinization, digestion rate of starch in vitro, and metabolic response in rats. *Am J Clin Nutr*, 47, 1010-1016.
- İbanoğlu E, İbanoğlu Ş, 2003. Yüksek hidrostatik basınç uygulamasının mısır nişastasının jelatinizasyonu üzerine etkileri. *Gıda*, 28, 273-276.
- Jonnalagadda SS, Harnack L, Liu RH, McKeown N, Seal C, Liu S, Fahey GCJr, 2011. Putting the whole grain puzzle together: Health benefits associated with whole grains—summary of American Society for Nutrition 2010 Satellite Symposium. *J Nutr*, 141, 1011S-1022S.
- Koehler P, Wieser H, 2013. Chemistry of cereal grains, Chapter 2. In: *Handbook on Sourdough Biotechnology*, Ed. Gobetti M and Gänzle M. Springer Science+Business Media New York, pp; 11-45.
- Knudsen KEB, 1997. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. *Animal Feed Science Technology*, 67, 319-338.
- Lankhorst C, Tran QD, Havenaar R, Hendriks WH, van der Poel AFB, 2007. The effect of extrusion on the nutritional value of canine diets as assessed by in vitro indicators. *Animal Feed Science and Technology*, 138, 285-297.
- Lund D, Lorenz KJ, 1984. Influence of time, temperature, moisture, ingredients, and processing conditions on starch gelatinization, *C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 20, 249-273.
- McCleary BV, Charnock SJ, Rossiter PC, O'Shea MF, Power AM, Lloyd RM, 2006. Measurement of carbohydrates in grain, feed and food. *J Sci Food Agric*, 86, 1648-1661.
- Megazyme Starch Damage Assay Procedure K-SDAM 02/17. https://secure.megazyme.com/files/Booklet/K-SDAM_DATA.pdf Erişim tarihi: 17.05.2017
- Murray SM, Fahey GCJr, Merchen NR, Sunvold GD, Reinhart GA, 1999. Evaluation of selected high-starch flours as ingredients in canine diets. *Journal of Animal Science*, 77, 2180-2186.
- Murray SM, Flickinger EA, Patil AR, Merchen NR, Brent JLJr, Fahey GCJr, 2001. In vitro fermentation characteristics of native and processed cereal grains and potato starch using ileal chyme from dogs. *J Anim Sci*, 79, 435-444.
- Onyango C, Noetzold H, Bley T, Henle T, 2004. Proximate composition and digestibility of fermented and extruded uji from maize-finger millet blend. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 37, 827-832.
- Østergård K, Sönderlyng Ø, Björck I, Vainionpää J, 1989. Effects of extrusion cooking on starch and dietary fibre in barley. *Food Chemistry*, 34, 215-227.
- Rogers DE, Gelroth JA, Langemeier JM, Ranhotra GS, 1994. evaluation of starch damage values determined enzymatically or amperometrically. *Cereal Chem*, 71, 578-581.
- Saqib AAN, Whitney PJ, 2009. Differential behaviour of the dinitrosalicylic acid (DNS) reagent towards mono- and disaccharide sugars. *Biomass and Bioenergy*, 35, 4748-4750.
- Siljestrom M, Westerlund E, Björck I, Holm J, Asp N-G, Theander O, 1986. The effects of various thermal processes on dietary fibre and starch content of whole grain wheat and

- white flour. *J Cereal Sci*, 4, 315-323.
- Siller ADCP, 2006. In vitro starch digestibility and estimated glycemic index of sorghum products. A Thesis, Texas A&M University.
- Soong YY, Tan SP, Leong LP, Henry JK, 2014. Total antioxidant capacity and starch digestibility of muffins baked with rice, wheat, oat, corn and barley flour. *Food Chemistry*, 164, 462-469.
- SPSS. IBM SPSS Statistics. Version 22. Copyright IBM Corporation.
- Tester RF, Karkalas J, 1996. Swelling and gelatinization of oat starches. *Cereal Chem*, 73, 271-277.
- Tester RF, Karkalas J, Qi X, 2004. Starch-composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science*, 39, 151-165.
- Tran QD, Hendriks WH, van der Poel AFB, 2008. Mini-review. Effects of extrusion processing on nutrients in dry pet food. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88, 1487-1493.
- Tran QD, Hendriks WH, van der Poel AFB, 2011. Effects of drying of a canine diet extruded at a 4 or 8-mm die size on physical and nutritional quality indicators. *Animal Feed Science and Technology*, 165, 258-264.
- TS ISO 6493. 2004. Hayvan yemleri - Nişasta muhtevasının tayini - Polarimetrik metot.
- Ubwa ST, Abah J, Asemave K, Shambe T, 2012. Studies on the gelatinization temperature of some cereal starches. *International Journal of Chemistry*, 43, 22-28.
- Xue Q, Newman RK, Newman CW, 1996. Effects of heat treatment of barley starches on in vitro digestibility and glucose responses in rats. *Cereal Chem*, 73, 588-592.
- Varriano-Marston E, Huang VKEG, Ponte J, 1980. Comparison of methods to determine starch gelatinization in bakery foods. *Cereal Chem*, 57, 242-248.
- Watson H, 2005. Cereals in pet foods. *Dogs in Canada Magazine*, November.