



Karma Yem Teknolojisindeki Gelişmelerin Karma Yem Kalitesine ve Yem Değerine Etkileri^{ab}

Kadir Cem AKBAY^{1*}, İbrahim AK¹

¹Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, Bursa, Türkiye,

*Sorumlu yazar ORCID: 0000-0003-3903-8690

e-posta (Corresponding author e-mail): kcakbay@uludag.edu.tr;

Yazar(lar) ORCID: 0000-0003-1691-5996

e-posta (Author-s e-mail): selen@uludag.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 02.04.2018; Kabul Tarihi (Accepted): 17.04.2018

Öz: Karma yeme ait ilk örnekler 19. yüzyılın sonlarına doğru ortaya çıkmıştır. Karma yem üretiminde asıl gelişme ise 20. yüzyılın ikinci yarısında olmuştur. Bu gelişmedeki en önemli payın farklı bilim dallarında ortaya çıkan gelişmeler ve bunların ortaya çıkarmış olduğu ortak etkiye ait olduğu söylenebilir. Karma yem fabrikalarında karmaya girecek ham maddelerin fabrikaya alımından ambalajlanmasına kadar geçen süreçte birçok farklı işlem uygulanmaktadır. Söz konusu işlemlerin her birinde önemli teknolojik gelişmeler yaşanmıştır. Fakat karma yemin üretilmesindeki en önemli işlemler olan öğütme, karıştırma ve yeme form (toz, pelet veya granül form) verilmesindeki teknolojik gelişmeler hayvan besleme açısından en olumlu etkiyi yaratan gelişmelerdir. Teknolojik gelişmeler ile birlikte karma yemlerin yem değerleri de önemli bir gelişim göstermiştir. Bu derlemede karma yem üretiminde yaşanan teknolojik gelişmelerin hayvan besleme açısından bir değerlendirmesi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hayvan besleme, karma yem, yem değeri.

^a Bu derleme 9-11/05/2016 tarihlerinde Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesinde düzenlenen 12. Ulusal Zootečni Öğrenci Kongresinde sözlü bildiri olarak sunulmuş olup bildirinin özeti bildiriler kitabında basılmıştır.

^b Akbay, K. C. ve Ak, İ. 2018. Karma Yem Teknolojisindeki Gelişmelerin Karma Yem Kalitesine ve Yem Değerine Etkileri. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 32 (2), 175-188.

The Effects of Developments in Compound Feed Technologies on Compound Feed Quality and Compound Feed Value

Abstract: The first examples of compound feed have emerged towards the end of the 19th century. Compound feed production has shown its real development in the second half of the 20th century. It can be said that the most important share in this development belongs to the developments that occur in different branches of science and to the common influence. Many different processes are applied until the raw materials are taken to the factory and compound feeds are packed in the factories. Significant technological developments have been experienced in each of these processes. But technological developments in grinding, mixing and shaping the compound feed (powder, pellet or granular form), which are the most important processes in the production of compound feed, are generating the most positive impact in terms of animal nutrition. Along with technological developments, feed values of compound feeds also showed a significant improvement. In this review, an evaluation of the technological developments in compound feed production has been made in terms of animal nutrition.

Keywords: Animal nutrition, compound feed, feed value.

Giriş

Tarım sektörünün günümüze kadar gelişimi üzerinde iki önemli devrim etkil olmuştur. Bunlardan ilki mekanizasyon devrimi olup, özellikle bilgisayar teknolojisi, ikincisi ise kimyasal devrimdir. Her iki devrim tarımda önemli verim artışlarına yol açmıştır. Günümüzde ise tarım bir devrim daha geçirmekte olup, belki de bu devrim çok daha güçlü etkiler ortaya koymaya adaydır. Bahsi geçen bu devrim ise biyoteknolojik devrim olup, biyoteknolojinin gelecekte dünyamızı önemli derecede değiştireceği bildirilmektedir (Audet, 1995). Tarım ve tarım teknolojisindeki gelişmeler ve devrimler tarımın bir kolu olan düşünebileceğimiz karma yem sektörünü de önemli bir biçimde etkilemektedir.

Karma yem sektörü, 19. yüzyılın sonlarından başlayarak özellikle de 20. yüzyılın ikinci yarısından günümüze kadar çok önemli gelişmeler kaydetmiştir. Özellikle ekonomi bilimi ile üretici beklentilerini birlikte ele alarak gelişimini sürdürmüştür. Bu iki etken sektör için önemli bir kılavuz görevi görmektedir.

Karma yem fabrikalarında ham maddeler birçok farklı işlemde geçerek karma yeme dönüşmektedir. Fakat karma yemin üretilmesindeki en önemli aşamalar olan öğütme, karıştırma ve yeme form (toz, pelet veya granül form) verilmesindeki teknolojik gelişmeler hayvan besleme açısından en olumlu etkiyi yaratan gelişmelerdir. Bu teknolojik gelişmeler ile birlikte karma yemlerin kalitesi ve yem değerleri de önemli bir gelişim göstermiştir.

Bu derlemede karma yem üretiminde yaşanan teknolojik gelişmeler ile bu gelişmelerin hayvan besleme açısından önemi irdelenmiştir.

Karma yem üretiminde önemli aşamalar

Öğütme

Öğütme, farklı büyüklükteki katı yem hammaddelerinin boyutlarını eşitleyerek daha homojen karmalar elde edilmesini sağlayan önemli bir işlemdir. Öğütme işlemi, öncelikle

homojen yapıda karmalar hazırlamaya olanak tanır, ham maddelerin birbirlerine daha çabuk, kolay ve etkin bir şekilde karışmasını sağlar, yem tüketimini ve ham maddelerin sindirilme derecelerini artırır (Karabulut ve Filya, 2012).

Karma yem sanayinde günümüze kadar taş, çekiçli ve valsli değirmenler kullanılmıştır. Taş değirmenler günümüzde kullanılmamaktayken daha çok çekiçli değirmenler kullanılmaktadır. Yakın zamana kadar ağırlıklı olarak tahıllardan un elde edilmesinde kullanılan valsli değirmenler, sağlanan teknolojik gelişmeyle birlikte karma yem üretiminde de kullanılmaya başlanılmıştır (Karabulut ve Filya, 2012).

Çekiçli ve valsli değirmenlerin karşılaştırılması

Çekiçli değirmenlerin uzun yıllar boyu kullanılıyor olmalarının başlıca nedenleri; küçük hacimde en yüksek verim, bakım kolaylığı, elek ve çekiçlerin teminindeki kolaylık, çok yönlü kullanım, çalışmalarının güvenli olması, yabancı materyalden daha az zarar görmesi olarak söylenebilir. Çekiçli değirmenlerde öğütme çarpma, kesme ve sürtünme ile gerçekleşmektedir. Bu öğütme şekillerinden sürtünerek öğütme karma yem üretiminde arzulanmamakla birlikte önlenmesi de mümkün değildir. Bu olayda belirgin ölçülerde ısınma oluşması nedeniyle bir yandan yem ham maddelerinde kuruma olduğundan bir yandan da ortamdaki bazı duyarlı besin maddeleri organizmadaki değerlendirilmeleri bakımından olumsuz yönde etkilenirler (Ergül, 2005).

Valsli değirmenler, birbirine göre ters yönde dönen iki silindirin (vals) arasına akan ham maddenin sıkıştırılmasıyla öğütme işlevlerini yapmaktadırlar. Valsli değirmenlerde vals üzerine açılan setlere dayalı olarak oluşan kesme etkisi çekiçli değirmenlere olan yetersizliğini belirgin ölçülerde kapatmaktadır. Sürtünme ve ezme suretiyle parçalanamayan bazı yem hammaddeleri ancak bu şekilde daha küçük partiküllere ayrılabilen ve istenilen ölçülerdeki öğütmeye ulaşılabilir (Ergül, 2005).

Valsli değirmenler ve çekiçli değirmenler arasında bir karşılaştırma yapıldığında valsli değirmenlerin enerjisi daha verimli kullandığı söylenebilir. Örneğin çekiçli değirmende 140 kg mısır tanesini 0.7 mm çapında öğütmek için kullanılan enerji miktarıyla valsli değirmenlerde 270 kg mısır tanesi öğütülebilmektedir (Audet, 1995). Enerji kullanımı her ton yem için %30-40 düzeyinde daha düşüktür. Çünkü bu değirmenlerde öğütme valsler arasından bir defada geçişle tamamlanmış olur (Ergül, 2005). Valsli değirmenlerde çekiçli değirmenlere göre elde edilen partiküller birbirlerine daha yakın bir büyüklük dağılımı göstermektedir. Bu durum üretilen karma yemin daha homojenik bir şekilde hazırlanmasını sağlamaktadır.

Partikül büyüklükleri çekiçli değirmenlerde elekler yardımıyla ayarlanırken valsli değirmenlerde valsler arası mesafeler vasıtasıyla ayarlanabilmektedir. Çekiçli değirmenlerde bu işlem için değirmenin durdurulup eleklerin değiştirilmesi gerekmektedir. Partikül büyüklükleri, kanatlı hayvanların karma yemlerinde ruminant hayvanların karma yemlerine oranla çok daha önemlidir. Çekiçli ve valsli değirmenlerde aynı geometrik şekil ve partikül boyutlarıyla yapılan öğütme sonucu elde edilen karma yemleri tüketen etlik piliçlerde performans açısından herhangi bir farklılığa rastlanmadığı bildirilmiştir (Nir ve ark. 1990). Fakat çekiçli değirmenlerde partiküllerin üniformitesi daha ince partiküllere doğru kaymaktadır (Çizelge 1.).

Çizelge 1. Çekiçli değirmende ve valsli değirmende buğday partikül dağılımı, (g/kg), (Svihus, 2004).

Partikül Boyutları	Değirmen Tipleri			
	ÇD3 ¹	ÇD6 ¹	VD3 ²	VD6 ²
<0.2 mm	143	91	96	57
0.2-0.5 mm	201	122	163	95
0.5-1.0 mm	320	214	396	240
1.0-1.6 mm	266	253	322	456
1.6-2.6 mm	58	146	19	124
2.0-2.8 mm	12	124	3	28
>2.8 mm	0	50	1	1

¹; ÇD3-ÇD6: Çekiçli Değirmen 3 mm ve 6 mm elek çapı, ²; VD3-VD6: Valsli değirmenlerde 3 mm ve 6 mm çapında yapılan öğütme.

Karma yem üretiminde ince partiküllerin toz karma yemlerde fazla olması bazı sorunlara neden olabilmektedir. Özellikle kanatlı hayvanlarda yem tüketimini olumsuz etkilediği, gagalarda yapışmaya neden olduğu, daha iri tanelerin yem içerisinden seçildiği ve bunun yaşlanmayla birlikte daha da arttığı ve dolayısıyla performansın düştüğü çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Schifmann, 1968; Portella ve ark. 1988; Nir ve ark. 1994b; Axe, 1995; Amerah ve ark. 2007). Sorgum veya mısır bazlı rasyonların kullanıldığı kanatlı besleme çalışmalarında toz karma yemin partikül büyüklüğüyle ilgili olarak hayvanların daha iri taneli yemleri tercih etmeye meyilli oldukları belirlenmiştir (Reece ve ark. 1985; Reece ve ark. 1986a,b; Nir, 1987; Proudfoot ve Hulan, 1989; Nir ve ark. 1990; Nir ve ark. 1994a,b; Hamilton ve Proudfoot, 1995; Nir ve ark. 1995; Amerah ve ark. 2007). Çizelge 2. de konuyla ilgili yapılmış bazı çalışmaların sonuçları özetlenmiştir.

Çizelge 2. Toz karma yemler ile beslenen etlik piliçlerde karma yem partikül büyüklüğünün performansa etkisi.

Rasyonu oluşturan temel tahıl	Yaş (Gün)	Partikül Büyüklüğü (mm)	Canlı Ağırlık Artışı (g/hayvan)	Yem Tüketimi (g/hayvan)	Yemden Yararlanma Oranı
Mısır ¹	1-21	0.8	582 ^a	-	1.43 ^a
		1.3	635 ^b	-	1.40 ^b
Mısır ²	1-21	0.9	521 ^a	-	1.49 ^a
		1.5	488 ^b	-	1.55 ^b
Sorgum ³	7-21	İnce	364 ^b	532 ^b	1.46
		Orta	376 ^a	548 ^{ab}	1.46
		İri	382 ^a	561 ^b	1.47
Mısır ⁴	7-21	0.9	522	725	1.37 ^a
		1.1	463	716	1.54 ^b
		2.0	473	740	1.60 ^b
Mısır, buğday ve sorgum ⁵	1-21	İnce	357 ^b	591 ^b	1.65 ^b
		Orta	427 ^a	662 ^a	1.55 ^a
		İri	401 ^a	645 ^a	1.60 ^{ab}
Mısır ve buğday ⁶	7-42	İnce	1942 ^a	-	1.91
		Orta	1982 ^b	-	1.92
		İri	2004 ^c	-	1.92

Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05). ¹: Reece ve ark. 1985; ²: Douglas ve ark. 1990; ³: Nir ve ark. 1990; ⁴: Nir ve ark. 1994a; ⁵: Nir ve ark. 1994b; ⁶: Hamilton ve Proudfoot, 1995.

Çekiçli değirmenlere kıyasla valsli değirmenlerin daha az ince partiküllere neden olması valsli değirmenler ile yapılan öğütme sonucu elde edilen karma yemlerin kanatlı hayvanların beslenmesi açısından daha uygun olduğunu söylemek yanlış olmaz.

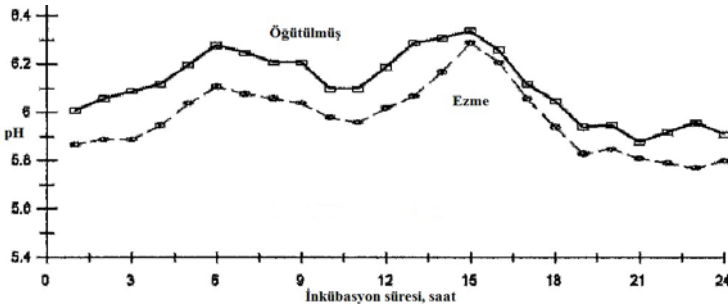
Öğütme, ruminant hayvanların yemlenmesi açısından da yine önemli bir işlemdir. Tahıl taneleri ve baklagil yem bitkilerinin tohumları oldukça serttir. Bu tanelerin hayvanlara verilmeden önce öğütülmesinde yarar vardır. Bahsi geçen tanelerin öğütülmesi esnasında partikül büyüklüklerine kanatlı rasyonlarında olduğu gibi dikkat etmek gerekmektedir. Özellikle besleme değeri yüksek olan tahıl taneleri ile baklagil tohumlarının hayvanlara verilirken çok küçük partiküller halinde öğütülmemeleri gerekmektedir. Partikül boyutu küçüldükçe, rumende kalış süresinin kısalması ve sindirim sisteminden geçiş hızının artması sonucu sindirim enzimleri ile temas süresi kısaldığı için yemlerin sindirim derecesinde düşüşler yaşanabilmektedir (Canbolat, 2015). Ruminant karma yemlerinde yer alan nişastası yüksek tanelerin çok ince öğütülmesi rumen içerisindeki bakterilerin selülozdan çok nişastayı parçalamasına ve bundan dolayı da rumen pH'sının aşırı düşmesine neden olabilmektedir (Sevgican, 1996).

Yang ve ark. (2001)'ı yürüttükleri bir çalışmada arpa tanelerini farklı şekillerde işlemenin (öğütme ve/veya ezme), farklı kaba yem ve yoğun yem oranlı rasyonlarla beslemenin ve farklı kaba yem parça büyüklüklerinin süt ineklerinde rumen pH'sı ile sindirilebilirliğe etkilerini incelemişlerdir. Öğütülmüş veya ezilmiş arpa taneleriyle yürütülen *in situ* çalışmaya ait değerler (Çizelge 3.) incelendiğinde öğütülmüş arpanın rumende zamana bağlı kuru madde (KM) parçalanabilirliğinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca Şekil 1.de inkübasyon süresince rumen pH'sına ait değerler verilmiştir.

Çizelge 3. Farklı şekillerde işlenmiş arpa danelerine ait *in situ* kuru madde parçalanabilirlik parametreleri, (Yang ve ark. 2001).

Uygulanan İşlemler	Parametreler			
	a ¹ , %	b ² , %	c ³ , %/h	REP ⁴ , %
Öğütülmüş Arpa	3.6	87.1	2.71	30.6
Arpa Ezmesi	5.8	71.3	9.20	48.9
Standart Hata	0.6	7.3	0.37	1.8
P değeri	0.12	0.27	0.01	0.02

¹: Yemin rumende anında çözünen bileşenleri, ²: Yemin rumende zamana bağlı olarak parçalanmış bileşenleri, ³: Parçalanma hız sabiti, ⁴: Rumende etkin parçalanabilirlik



Şekil 1. Farklı şekillerde işlenmiş arpa danelerinin rumen pH'sına etkisi, (Yang ve ark. 2001).

Bu görüşlerin yanı sıra karma yemi oluşturan tahıl tanelerinin partikül boyutlarının ruminant rasyonlarının sindirilebilirliğini etkilemediğini bildiren çalışmalarda mevcuttur. Gorocica-Buenfil ve Loerch (2005)'in, yaptıkları bir çalışmada mısır bazlı besi rasyonları kullanarak 3 farklı deneme yürütmüşlerdir. İlk denemede valsli değirmende öğütülmüş ve bütün halde mısır ile dana yaşının rasyon *in vivo* sindirilebilirliğine etkilerini incelemiştir.

Kullandıkları rasyonların %80'i öğütülmüş veya bütün haldeki mısır tanelerinden %8'i mısır silajından ve %2'si yem katkı maddelerinden oluşmuştur. Denemeye ait sonuçlar Çizelge 4. de verilmiştir.

İkinci denemede ise farklı kaba yem düzeyleri (%18.2 mısır silajı (yüksek), %5.2 mısır silajı (düşük)) ile kırılmış ve bütün halde mısır tanesinden oluşan besi rasyonlarının açık besi performansı ve karkas kalitesi üzerine etkilerine bakmışlardır. Üçüncü denemede ise farklı kaba yem düzeyleri (%18.2 mısır silajı (yüksek), %5.2 mısır silajı (düşük)) ile kırılmış ve bütün halde mısır danesi rasyon kombinasyonlarının rasyon *in vivo* sindirilebilirliği üzerine etkilerini araştırmışlardır. Denemeye ait sonuçlar Çizelge 5.te verilmiştir. Denemelerde elde edilen kuru madde (KM,) organik madde (OM), nişasta, ham protein (HP), nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF) ve asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) sindirilebilirliklerinin sonuçları incelendiğinde muamelelerin önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4. Öğütülmüş ve bütün halde mısır (T) ile dana yaşının (Y) rasyon sindirilebilirliğine etkileri, (Gorocica-Buenfil ve Loerch, 2005).

Sind ¹ . (%)	Yaş Faktörü		İşleme Faktörü					
	Sütten Kesilmiş	Bir Yaşından Büyük	Öğütülmüş	Bütün	SH ²	Y	T	Y*T
KM	76.0	79.6	79.0	76.6	1.88	0.21	0.39	0.82
OM	76.8	80.7	80.3	77.3	1.86	0.17	0.28	0.81
Nişasta	93.2	94.4	94.7	92.9	1.22	0.48	0.33	0.29
HP	71.3	73.8	71.8	73.5	1.54	0.28	0.39	0.47
NDF	56.6	62.9	58.0	61.5	4.50	0.34	0.59	0.93
ADF	50.0	55.7	47.5	58.2	4.44	0.39	0.11	0.89

¹: Sindirilebilirlik, ²: Standart Hata

Çizelge 5. Farklı kaba yem düzeyleri (D) ile kırılmış ve bütün halde mısır danesi (T) rasyon kombinasyonlarının rasyon sindirilebilirliği üzerine etkileri, (Gorocica-Buenfil ve Loerch, 2005).

Sindirilebilirlik (%)	Kaba Yem Düzeyi		İşleme Faktörü					
	Yüksek	Düşük	Kırılmış	Bütün	SH	D	T	D*T
KM	82.4	81.6	82.3	81.7	0.92	0.56	0.65	0.08
OM	83.0	82.3	83.0	83.3	0.91	0.58	0.57	0.10
Nişasta	95.2	94.4	94.8	94.8	0.96	0.59	0.97	0.64
HP	78.5	77.2	78.0	77.7	0.79	0.27	0.77	0.02
NDF	69.9	67.1	66.2	70.8	2.24	0.40	0.17	0.07
ADF	64.4	57.2	60.0	61.6	2.50	0.07	0.66	0.29

Karıştırma

Karıştırma işlemi, elde edilen ürüne isim vermesinden dolayı en önemli işlemlerden birisidir. Karma yem üretiminde çok büyük miktarlardaki ham maddelerin (%30-40) yanında çok küçük miktarlardaki ham maddelerinde (%0.001) kısa bir zaman içinde birbirleriyle homojen bir şekilde karıştırılması zorunludur. Özellikle çok düşük miktarlarda büyük etkinliğe sahip olan ilaç, vitamin, mineral, vb. maddelerin karma yemlerin en küçük hacimdeki lokmalarda bile aynı oranlarda bulunması önemlidir. Az oranlarda bulunmaları veya yoklukları hayvanları olumsuz etkilediği gibi yüksek miktarlarda bulunmaları hayvanların ölümlerine sebep olabilir (Ergül, 2005). Bu nedenle karıştırma işlemine büyük bir özen gösterilmelidir. Karıştırma işleminin ve süresinin yeterliliği açısından yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre genç hayvanlarda günlük yem tüketimi ve bu nedenle de vücut büyüklüğü karma yemin homojenliğinin bozulmasından olumsuz etkilenmektedir. Yaşlı hayvanlar ise sindirim sistemi ile uzunluğunun gelişmesi ve daha fazla yem tüketimleri dolayısıyla karma yem homojenliğinin bozulmasından daha az etkilenmektedirler (McCoy ve ark. 1994; Traylor ve ark. 1994; Behnke, 1996).

Karıştırma işlemi üzerinde birçok faktör (karıştırma müddeti, karıştırılacak yem ham maddelerinin özellikleri, yem partikül büyüklüğü, öğütme şekli ve düzeyi vb.) etkili olmakla birlikte teknoloji açısından bakıldığında karıştırıcı tipinin en etkili faktör olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır.

Karıştırıcılarda aranan özellikler ise; güvenilir bir karıştırma işlemi, yağlı, melaslı gibi farklı karışımlar yapabilme olanağı, yoğurma, ezme gibi yem ham maddelerinin yapısını bozmayan bir karıştırma, çabuk karışım, tam boşalma, bakım ve tamir olanağı ile güvenli bir yapı, tam otomatik çalışan bir fabrikaya uyum sağlayabilme, optimum enerji kullanımı olarak sıralanabilir (Ergül, 2005).

Karma yem sektöründe günümüze kadarki süreçte 3 tip karıştırıcıdan yararlanılmıştır. Bunlar; karıştırma kazanı hareketliler, karıştırma kazanı sabit olanlar ve yüksek basınçlı hava yöntemiyle karıştırma yapan sistemler olup, günümüzde en fazla kullanılan karıştırıcı tipi karıştırma kazanı sabit olan tiptekilerdir. Bu tip karıştırıcılarda, karıştırma işlemi kazan içerisindeki helezon, pedal ve kürek gibi hareketli aksamlar gerçekleştirilmektedir (Karabulut ve Filya, 2012).

Peletleme ve peletleme öncesi kondisyoner kullanımı

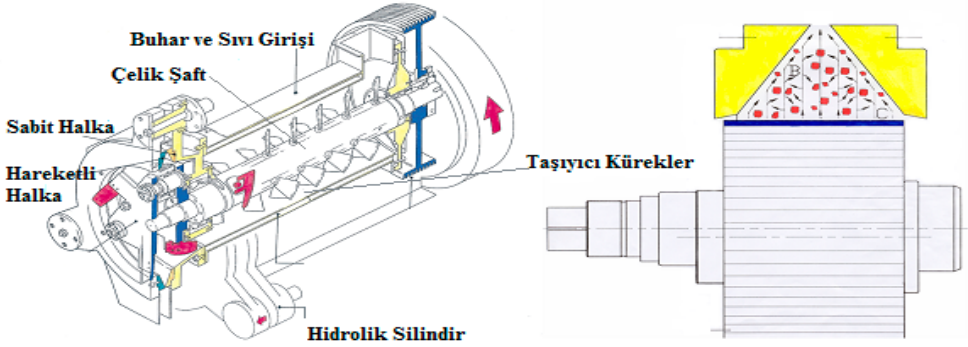
Öğütülerek karıştırılmış yemlerin, sıcaklık, buhar ve basınç altında tavlandıktan sonra pelet preslerinden çıkarılması ve kurutulması işlemine peletleme denir. İlk uygulama Fransa'da ordu atlarına yedirilen sıkıştırılmış mısır-yulaf unu karışımlarıdır (Ergül, 2005). Özellikle 1930'lu yıllardan sonra peletleme giderek artan bir şekilde karma yem üretiminde uygulanan bir işlem haline gelmiştir. Günümüzde ise Dünya'da üretilen karma yemlerin büyük bir kısmı pelet formunda üretilmektedir.

Peletleme hayvan beslemede yararlarını birçok farklı yolla göstermektedir. Bu yollar; yem saçımın da, seçiminde ve ayrışmasında azalma, yem tüketimi için daha az zaman ve enerji harcama, protein ve nişastanın termal dönüşümü, patojen mikroorganizmaların yok edilmesi ile karma yemin lezzetinin artırılması olarak açıklanabilir (Behnke,1996). Bu işlemin yem değerini yükselttiğine ilişkin kanıtlar bulunmakla beraber, ekonomik olup olmadığı zaman zaman tartışılmaktadır. Bu işlemin yemin besleme değerini nasıl artırdığını kesin olarak söylemek kolay değildir. Bazı çevreler peletleme sırasında uygulanan sıcaklık,

buhar ve basınç etkisiyle yemdeki nişasta, protein ve selülozun daha yararışılı hale dönüştüğü belirtmektedir (Kutlu ve Çelik, 2010). Peletlemede pelet presine yemin gönderilmesinden önce sıcaklık, buhar ve basınç uygulaması kondisyoner denilen sistemler aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Yem fabrikaları karma yemleri karıştırıcılardan çıktıktan sonra basit bir kondisyonerle veya daha gelişmiş BOA kompaktör, ekspander, ekstruder gibi kondisyonerlerle işledikten sonra pelet presine göndermektedirler. Son dönemde ruminant ve kanatlı hayvanların beslenmesinde kullanılan karma yemlerin üretiminde bu kondisyoner sistemlerden olan ekspander sistem daha fazla ön plana çıkmaya başlamıştır.

BOA kompaktör

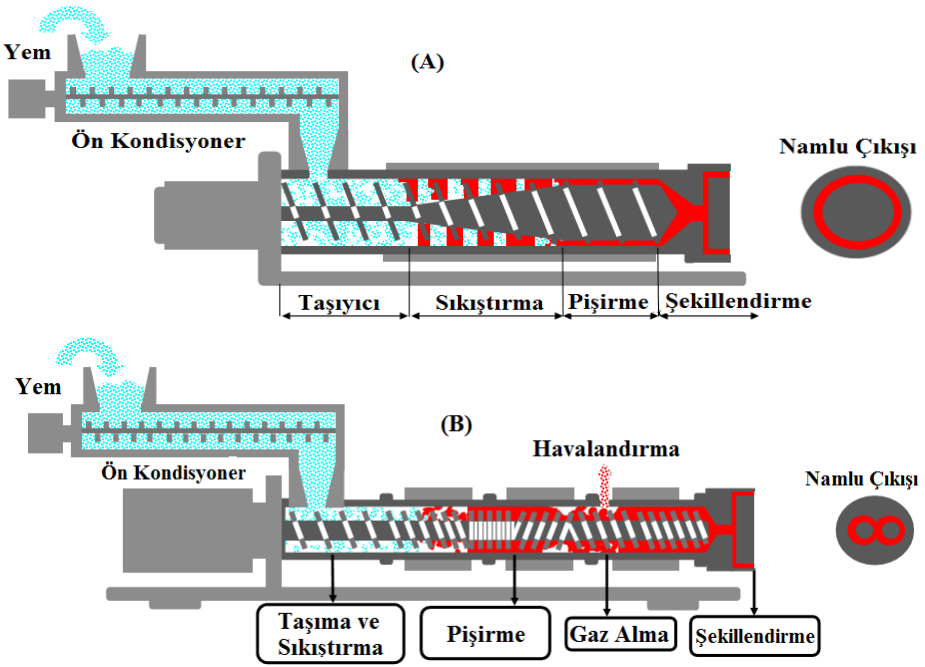
BOA kompaktör (Şekil 2.) ısıl işlem ile sıkıştırma işlemini bir arada gerçekleştiren bir makinadır. Diğer kondisyonerlere göre daha basit ve iki parçalı bir yapısı bulunmaktadır. Bu yapılardan ilki kondisyoner kısmı olup buradaki özel haznelerden içeri alınan toz yeme buhar, yağ veya melas uygulanmaktadır. İkinci kısım ise kompaktörün ortasında bulunan sıkıştırıcı şaft olup yemin sıkışmasını ve buhar ile pelet bağlayıcının yemle daha iyi şekilde karışmasını sağlamaktadır (Ziggers, 2001).



Şekil 2. BOA Kompaktörün şematik görünümü, (Ziggers, 2001).

Ekstruder

Günümüzde özellikle balık, kedi ve köpek gibi hayvanların yemlerinin yapımında daha çok kullanılan ekstruder adı verilen makinalar, tepesi aşağı konmuş piramit biçiminde bir hazne, hızı değişken iterek beslenen sistem içinde sonsuz tek vidalı (Şekil 3A) veya çift vidalı (Şekil 3B) şaft bulunan ucu küçük bir namludan oluşan bir makinadır (Karabulut ve Filya, 2012). Ekstruder teknolojisi ekspander teknolojisinden daha gelişmiş olmasına rağmen, ekstruderin ekspandere oranla daha yüksek maliyetle daha az ürün işlemesi ekspander sisteminin kullanımını özellikle ruminant karma yemlerinin üretiminde daha uygun hale getirmiştir (Fancher ve ark. 1996).

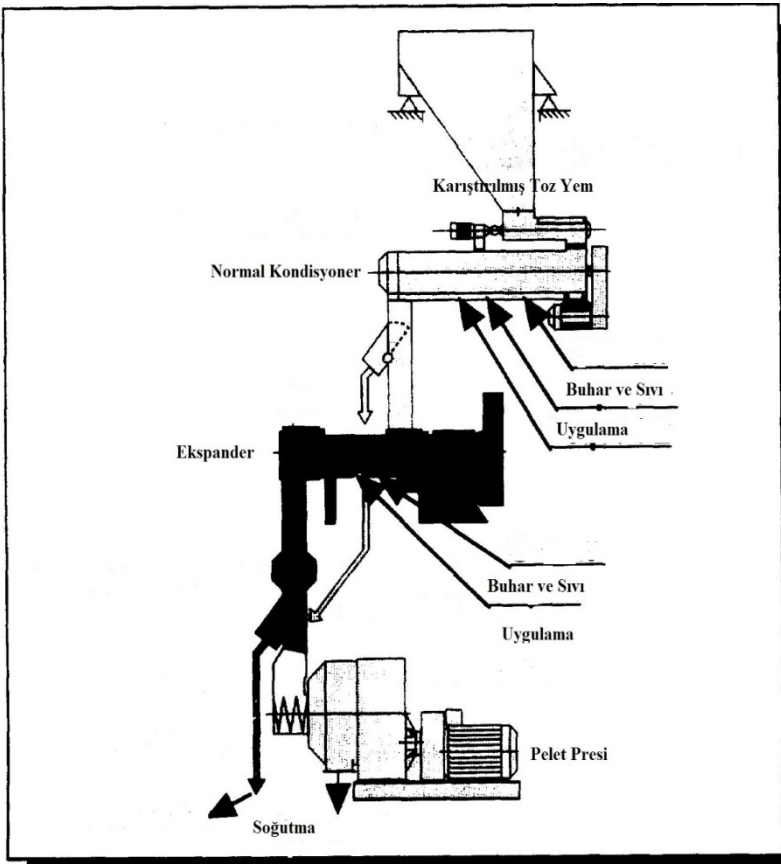


Şekil 3. Tek veya çift vidalı ekstruderin şematik görünümü, (Bouvier, 2010).

Ekspander

1980’li yılların başından itibaren Kuzey Avrupa ülkelerinde pelet dayanıklılığının ve kalitesinin artırılması için çift peletleme ve daha gelişmiş kondisyonerlerin (ekspander ve ekstruder) kullanımı gibi yollara başvurulmuştur. Aynı zamanda pelet formdaki karma yemlerin üretiminde kullanılan kondisyonerler vasıtasıyla *Salmonella* gibi hastalık etkenlerinin engellenmesinde de gayet başarılı olunmuştur. Bu durumun sonucunda Kuzey Avrupa ülkelerinde üretilen pelet formdaki karma yemlerin kalitesi ve dayanıklılığı dünyadaki diğer ülkelerden çok daha iyi hale gelmiştir. Özellikle Avrupa ülkelerinde karma yem formülasyonlarında birçok yan ürün ve sıvı formdaki ürünlerin yoğun olarak kullanılması Asya ve Amerika ülkelerine kıyasla ekspanderin kullanımını artırmıştır. Ekspander sistemin fabrika içerisindeki akış diyagramı Şekil 4.de gösterilmiştir.

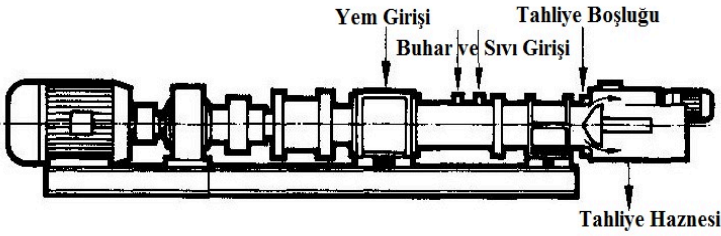
Ekspander sistem (Şekil 5.), tek vidalı ekstruder sistemin bir benzeri olup, namlunun çıkış kısmında ayarlanabilir halka şeklinde tahliye boşluğu vardır. Namlu boyunca sıcaklık, buhar ve basınca maruz kalan karma yem, namlunun sonundaki özel halka şeklindeki tahliye boşluğundan çıkmaktadır (Şekil 6.). Namlu içerisindeki şaft karıştırma işlemiyle birlikte kesme ve sıkıştırma işlemini de gerçekleştirmektedir. Ekspanderde kalış süresi 5-15 saniye aralığında değişirken, sıcaklık 80-140° C arasında değişebilmektedir (Toprak ve Ceylan, 2016). Bu sıcaklığın en uygun değerinin nişastanın jelatinizasyonu, yemin yapısı ve peletleme açısından 126.7° C olması gerektiği bildirilmiştir.



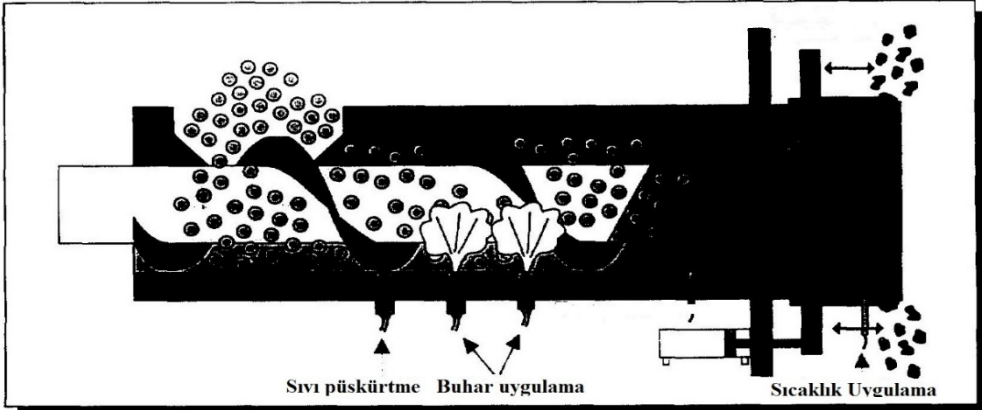
Şekil 4. Ekspander sistem akış diyagramı, (Fancher ve ark. 1996).

Namlu boyunca ısınarak ilerleyen yemin içerisindeki nişasta granülleri kabarmaya başlar ve namlu çıkışından hemen önce granüllerin jelatinizasyonu gerçekleşir. Namlu sonundaki boşlukta iç ve dış basınç farkının oluşması karma yemdeki nişasta granüllerinin patlamasına neden olmaktadır (Fancher ve ark. 1996; Toprak ve Ceylan, 2016).

Gerçekleşen bu olaylar nişastanın jelatinizasyonunu sağlayıp nişastanın sindirilebilirliğini artırmakla birlikte yem içerisindeki proteininde rumen içi parçalanabilirliğini azaltmakta böylece yemin by-pass protein miktarını artırmaktadır (Prestløkken, 2013; Toprak ve Ceylan, 2016). Ekspander uygulaması sayesinde yem partiküllerindeki yapı değişimi ve yüzey alanının genişlemesi yemin fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişmelere yol açmakta, akıcılığı iyileşmekte ve yağ tutma, emme kabiliyeti de yükselmektedir. Bu nedenle günümüzde kullanılan modern ekspander sistemlerinde peletlemeden önce karmaya %8'e kadar yağ ilavesi mümkün olmaktadır (Toprak ve Ceylan, 2016).



Şekil 5. Ekspander sistemin şematik görünümü, (Audet, 1995).



Şekil 6. Ekspander içerisinde karma yeme uygulanan işlemler, (Fancher ve ark. 1996).

Ekspander uygulamasının yemlerde meydana getirdiği değişimler üzerine birçok çalışma farklı araştırmacılar tarafından yürütülmüştür. Yapılan bir çalışmada mısır ve arpaya uygulanan ekspander işlemi ile nişastanın suda çözünürlüğü azalmış, mısır nişastasının ruminant sindirim kanalındaki toplam sindirimi %84'ten %96'ya yükselmiş buna karşın arpa nişastasının sindirilebilirliğinde herhangi bir değişim gözlenmediği bildirilmiştir (Tothi ve ark. 2003). Bu çalışmaya göre ekspander uygulamasının sonuçlarının yem ham maddesinin çeşidine göre değişebileceği söylenebilir. Ayrıca nişastanın aşırı ve kolayca parçalanması rumende selüloz sindirilebilirliğini azaltabilir. Aşırı nişasta jelatinizasyonu rumende pH'nın düşmesine (Van Soest, 1994) ve rumen içi koşulların bozulmasına sebep olarak rumende mikrobiyal sentezin de olumsuz etkilenmesine neden olabilir (Hoover, 1986; Toprak ve Ceylan, 2016).

Ekspander teknolojisinin arpa, yulaf, buğday, buğday kepeği, mısır, sorgum, bezelye ve soya fasulyesinin sindirilebilirliği üzerine etkilerinin belirlemek üzere yürütülen bir çalışmada, uygulanan işlemlerin mısır dışında tüm yem ham maddelerinde by-pass protein oranlarını artırdığı belirtilmiştir (Ljokkel ve ark. 2003). Tothi ve ark. (2003), ekspanderden geçirilen arpa ve mısırın rumen pH ve doymuş yağ asitleri miktarlarını etkilemediği buna karşın rumen amonyak azotu (NH_3N) seviyelerinin arpada %13, mısırdaki ise %24 azaldığını

tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Lund ve ark. (2008), ekspander uygulamasının amino asitlerin rumende sindirilebilirliğini azalttığı ancak sindirim kanalında toplam sindirilebilirliğini değiştirmediğini bildirmişlerdir.

Sonuç

Karma yem üretiminin öğütme, karışırma ve yeme form verme aşamalarında ortaya çıkan teknolojik gelişmeler karma yemlerin yem değerinin ve kalitesini olumlu yönde etkilemiştir. Gelişen teknolojiyle birlikte ortaya çıkan yeni ekipmanların üretim aşamasında kullanımı sayesinde birçok farklı yem ham maddesinin de birlikte değerlendirilmesi mümkün olmaktadır. Karma yem üretimindeki bu olanakların artması hem yem maliyetlerinin azaltılmasına hem de sürdürülebilir üretimin devamına neden olabilecektir. Bu faydaların yanı sıra ruminant ve kanatlı hayvanların tükettikleri karma yemlerin yem değerlerinin ve kalitelerinin artırılması, hayvanların tükettikleri bu yemleri daha iyi değerlendirerek bu etkiyi verimlerine yansıtmasına neden olacaktır. Olumlu etkilerin yanında kullanılacak yeni sistemlerin enerji tüketimleri ve üretimde ortaya çıkardıkları ek masraflar da dikkate alınmalı ve bu etkenlere göre yem sanayicileri tarafından sektöre yansıtılmalıdır.

Kaynaklar

- Amerah, A.M., Ravindran, V., Lentle, R.G., Thomas, D.G., 2007. Influence of feed particle size and feed form on the performance, energy utilization, digestive tract development, and digesta parameters of broiler starters. *Poult. Sci.* 86:2615–2623.
- Audet, L., 1995. Emerging feed mill technology: keeping competitive. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 53:157-170.
- Axe, D.E., 1995. Factors affecting uniformity of a mix. *Anim. Feed Sci. Technol.* 53: 211-220.
- Behnke, K.C., 1996. Feed manufacturing technology: current issues and challenges. *Anim. Feed Sci. Technol.* 62: 49-57.
- Bouvier, J.M., 2010. Twin screw versus single screw in feed extrusion processing. 2nd Workshop “Extrusion technology in feed and food processing, S:32-45. 19-21 October 2010 Novi Sad/SERBIA.
- Canbolat, Ö., 2015. Süt sığırklarının beslenmesi ve rasyon hazırlama yöntemleri. *Medyay Kitabevi.* S:450. Bursa/TÜRKİYE.
- Douglas, J.H., Sullivan, T.W., Bond, P.L., Struwe, F.J., Baier, J.G., Robeson, L.G., 1990. Influence of grinding, rolling, and pelleting on the nutritional-value of grain sorghums and yellow corn for broilers. *Poult. Sci.* 69: 2150-2156.
- Ergül, M., 2005. Karma yemler ve karma yem teknolojisi (Yeniden düzenlenmiş 3. Basım). Ege Üniv. Yayınları Zir. Fak. Yayın No:384. S:220. İzmir/TÜRKİYE
- Fancher, B.I., Rollins, D., Trimbee, B., 1996. Feed processing using the annular gap expander and its impact on poultry performance. *J. Appl. Poult. Res.* 5:386-394.
- Gorocica-Buenfil, M.A., Loerch, S.C., 2005. Effect of cattle age, forage level, and corn processing on diet digestibility and feedlot performance. *J. Anim. Sci.* 83:705–714.
- Hamilton, R.M.G., Proudfoot, F.G., 1995. Ingredient particle size and feed texture: effects on the performance of broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 51: 203–210.

- Hoover, W.H., 1986. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *J. Dairy Sci.* 69:2755-2766.
- Karabulut, A., Filya, İ., 2012. Yemler bilgisi ve yem teknolojisi (5. Baskı). U.Ü. Zir. Fak. Ders Notları no: 67. S: 306. Bursa/TÜRKİYE.
- Kutlu, H.R., Çelik, L., 2010. Yemler bilgisi ve yem teknolojisi (2. Baskı). Ç.Ü. Zir Fak. Ders Kitapları. Yayın no: A-86. S: 365. Adana/TÜRKİYE.
- Ljokkel, K., Skrede, A., Harstad, O.M., 2003. Effects of pelleting and expanding of vegetable feeds on *in situ* protein and starch digestion in dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 12:435-449.
- Lund, P., Weisbjerg, M.R., Hvelpund, T., 2008. Profile of digested feed amino acids from untreated and expander treated feeds estimated using *in situ* methods in dairy cows. *Livest. Sci.* 114:62-74.
- McCoy, R.A., Behnke, K.C., Hancock, J.D., McEllhiney, R.R., 1994. Effect of mixing uniformity on broiler chick performance. *Poult. Sci.*, 73: 443-451.
- Nir, I., 1987. The influence of the degree and method of grinding on the performance of broiler chicks. In: Proceedings of the 6th European Symposium on Poultry Nutrition. Königslutter, Germany, pp. 21-25.
- Nir, I., Melcion, J.P., Picard, M., 1990. Effect of particle size of sorghum grains on feed intake and performance of young broilers. *Poult. Sci.* 69: 2177-2184.
- Nir, I., Shefet, G., Aaroni, Y., 1994a. Effect of particle size on performance. 1. Corn. *Poult. Sci.* 73: 45-49.
- Nir, I., Hillel, R., Shefet, G., Nitsan, Z., 1994b. Effect of grain particle size on performance. 2. Grain texture interactions. *Poult. Sci.* 73: 781-791.
- Nir, I., Hillel, R., Ptichi, I., Shefet, G., 1995. Effect of particle size on performance. 3. Grinding pelleting interactions. *Poult. Sci.* 74: 771-783.
- Portella, F.J., Caston, L.J., Leeson, S., 1988. Apparent feed particle size preference by broilers. *Can. J. Anim. Sci.* 68: 923-930.
- Prestlökken, E., 2013. Expander treatment. HFE 305 Feed Manufacturing Technology. http://www.umb.no/statisk/iha/kurs/nova/feed_technology/4.pdf (Erişim tarihi: 20.03.2018).
- Proudfoot, F.G., Hulan, H.W., 1989. Feed texture effects on the performance of roaster chickens. *Can. J. Anim. Sci.* 69: 801-807.
- Reece, F.N., Lott, B.D., Deaton, J.W., 1985. The effects of feed form, grinding method, energy level, and gender on broiler performance in a moderate (21 °C) environment. *Poult. Sci.* 64: 1834-1839.
- Reece, F.N., Lott, B.D., Deaton, J.W., 1986a. Effects of environmental temperature and corn particle size on response of broilers to pelleted feed. *Poult. Sci.* 65: 636-641.
- Reece, F.N., Lott, B.D., Deaton, J.W., 1986b. The effects of hammer mill screen size on ground corn particles size, pellet durability, and broiler performance. *Poult. Sci.* 65: 1257-1261.
- Schiffman, H.R. 1968. Texture preference in the domestic chick. *J. Comp. and Phy. Psych.* 66: 540.
- Sevgican, F., 1996. Ruminantların beslenmesi. Ege Üniv. Zir. Fak. Yayınları No:524 S:228. İzmir/TÜRKİYE.
- Svihus, B., Klovsstad, K.H., Perez, V., Zimonja, O., Sahlstrom, S., Schuller, R.B., 2004. Physical and nutritional effects of pelleting of broiler chicken diets made from wheat ground to different coarsenesses by the use of roller mill and hammer mill. *Anim. Feed Sci. Technol.* 117:281-293.

- Toprak, N.N., Ceylan, N., 2016. Ruminant yemleri üretiminde ekspander teknolojisi kullanımı ve etkileri, 1-Besin maddeleri ve besi hayvanlarındaki etkileri. Yem Magazin. 75:19-25.
- Tothi, R., Lund, P., Weisbjerg, M.R., Hvelplund, T., 2003. Effect of expander processing on fractional rate of maize and barley starch degradation in the rumen of dairy cows estimated using rumen evacuation and *in situ* techniques. Anim. Feed Sci. Technol. 104:71-94.
- Traylor, S.L., Hancock, J.D., Behnke, K.C., Stark, CR., Hines, R.H., 1994. Mix time affects diet uniformity and growth performance of nursery and finishing pigs. Swine Day Report-1994. Kansas Agricultural Experiment Station, Kansas St. University, Manhattan.
- Van Soest, P.J., 1994. Nutritional ecology of the ruminant (2nd Edition). Comstock Publishing Associates, Cornell University Press. S:476. Ithaca-New York/USA.
- Yang, W.Z., Beachumin, K.A., Rode, L.M., 2001. Effects of grain processing, forage to concentrate ratio, and forage particle size on rumen pH and digestion by dairy cows. J. Dairy Sci. 84:2203–2216.
- Ziggers, D., 2001. Compacting mash feed an alternative to expanding. Feed Tech. 5:8-10.