

Karma Yem Üretiminde Pelet Kalitesine Etki Eden Etkenler

Hatice Basmacıoğlu

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, 35100, Bornova-İzmir
e-posta: basmacioglu@ziraat.ege.edu.tr; Tel.: +90 (232) 388 40 00 / 2938 / 22

Özet

Karma yem endüstrisinde peletleme işlemi, pelet yemin gerek fiziksel (taşıma kolaylığı, azalan dehomojenizasyon ve artan yoğunluk) ve gerekse bu yemi tüketen hayvanların performansları üzerindeki olumlu etkilerinden dolayı gittikçe artış göstermektedir. Pelet yemin olumlu etkileri büyük ölçüde peletin fiziksel kalitesine bağlıdır. Pelet yem üretiminde, üretimden hayvanın yemliğine kadar ki sürede formun korunması amaçlanmalıdır. Yeme (fiziksel ve kimyasal özellikler, formülasyon) ve uygulanan teknolojiye ait özellikler (su buharı, tavlama, yağ ilavesi, matris özellikleri ve soğutma) pelet kalitesini etkileyen etkenlerdir. İstenen kalitede pelet yem üretimi söz konusu etkenlerin dikkate alınması ile mümkündür.

Anahtar kelimeler:Karma yem, partikül büyüklüğü, peletleme, matris, soğutucu.

The factors affecting pellet quality in mixed feed production

Abstract

Pelleting process has been consistently increased in the feed industry because of both the physical benefits (ease of handling, reduced ingredient segregation and increased bulk density), and positive effects on animal performance. The positive effects of pelleted feed are proportionally dependent on its physical quality. The protection of physical structure should be aimed at time consisted from manufacturing to front of animal in pellet feed manufacturing. The characteristics belonging to feed (physical and chemical properties) and technology applicated (steam, conditioning, fat application, die specifications and cooler) are factors affecting the pellet quality. The pellet feed manufacturing in desired quality is possible with considering the mentioned factors.

Key words: Mixed feed, particle size, pelleting, die, cooler.

Giriş

Toz yemin sıkıştırılarak hayvan türüne göre değişik boyutlarda pelet haline getirilmesi ve bu şekildeki kullanımının tarihçesi çok eski yıllara dayanmaktadır. Bu bakımdan ilk uygulamalar Fransa'da 1860'lı yıllarda, Amerika Birleşik Devletlerinde 1920'li yılların sonunda başlamıştır. Başta Amerika Birleşik Devletleri olmak üzere bir çok ülkede pelet yem üretimi hızlı bir artış göstermiştir. Nitekim toplam kanatlı yem üretiminin % 80'ini pelet form oluşturmuştur (Fairfield, 2003b). Pelet yemin fiziksel açıdan olumlu etkileri ile bu yemi tüketen hayvanlardan daha iyi verim alınması kullanımının yaygınlaşmasında önemli rol oynamıştır (Dozier, 2001). Peletlemenin fiziksel etkileri; yemin daha kolay taşınabilmesi ve depolanabilmesi, dehomojenizasyonun (homojenliğin bozulması) engellenmesi, yem kaybının azalması, yem yoğunluğunun artması ve buna bağlı olarak taşıma masraflarının azalması şeklindedir. Pelet yemin bu yemi tüketen hayvanlar üzerindeki olumlu etkisini yem seçiminin ve hammadde ayrışımının azalması, hayvanın birim hacimde daha fazla enerji tüketmesi ve böylece

yem tüketimi için daha az enerjinin harcanması, üretim sırasında oluşan sıcaklığın etkisi ile patojen mikroorganizmaların sayısının azalması, nişasta ve proteinin daha iyi sindirilebilmesi ve yemin lezzetliliğinin artmasına dayandırmak mümkündür. Pelet yemin toz yeme göre yukarıda sıralanan olumlu etkileri günümüzde açık bir şekilde ortaya konmuş ve artık bunlar bilimsel gerçekler durumuna gelmiştir. Ancak yapılan bir çok çalışmanın sonucuna ve işletme bazındaki genel kontrollere göre pelet yem kullanımıyla hayvanlardan beklenen performansın tam olarak alınmadığını ve bunun da daha çok kullanılan pelet yemin kalitesinin iyi olmadığından kaynaklandığını söylemek mümkündür. Pelet yem yapımında daha çok üretim randımanı ve peletleme etkinliği dikkate alınırken çoğu zaman yemin kalitesi göz ardı edilmektedir. Halbuki pelet yem üretiminde kalitenin korunarak üretimin ekonomik bir şekilde yapılması amaçlanmalıdır.

Pelet kalitesi üzerinde çok sayıda etken etkilidir. Genel olarak bu etkenleri yeme (yemin fiziksel ve kimyasal özellikleri, formülasyon) ve uygulanan teknolojiye (su buharı uygulaması, tavlama, yağ ilavesi, matris

özellikleri ve soğutma) ait etkenler olarak gruplandırmak mümkündür. Karma yem teknolojisi ve hayvan besleme açısından söz konusu etkenlerin ayrı ayrı ele alınarak kalite üzerindeki ağırlıklarının ortaya konması konusu oldukça önem taşımaktadır. Bu makalede; genel olarak pelet kalitesine etki eden etkenler son gelişmeler ve yaklaşımlarla ele alınacaktır.

Pelet Kalite Kriterleri

Pelet kalitesi bir çok kriterin kombinasyonu ile ortaya konur. Bunların bazıları objektif bazıları ise subjektif değerlendirmelerdir (Çizelge 1). Subjektif değerlendirmelerde kişisel tercih önemli rol oynarken objektif değerlendirmeler tamamen kabul edilen alet ve yöntemlerle ortaya konur (Anonim, 1996). Pelet dayanıklılığında, peletlerin çevresel baskıya ve taşımaya karşı fiziksel yapılarını olduğu gibi korumaları istenir ve karıştırıcı kutu (ASAE) ve Holmen Pelet test aleti ile saptanır. Sertlik diğer bir kalite kriteri olup yaylı-sertlik-aleti kullanılarak belirlenir. Yemin üretiminden hayvanın tüketimine sunuluncaya kadar ki sürede peletlerin bozulmadan fiziksel yapılarını korumaları yanında bu süre içerisinde taşıma ile oluşabilecek baskılarla peletlerin yeteri düzeyde sert olması da istenen ayrı bir kriterdir. Diğer bir kalite kriteri olan pelet uzunluğu preslerin ayarlanması ile oluşur ve genelde çapın 2.0 katı şeklinde olması en uygun oran olarak önerilir. Çoğu zaman belirlenen uzunluktan daha kısa peletlerin üretilmesi dayanıklılığı olumsuz yönde etkiler.

Çizelge 1. Pelet kalite kriterleri ve değerlendirme

Kriter	Değerlendirme
Dayanıklılık	Objektif
Sertlik	Objektif
Uzunluk	Objektif
Tozlvluk düzeyi	Objektif
Renk	Subjektif
Dış yüzey görünümü	Subjektif
Lezzet	Subjektif

Pelet Kalitesine Etki Eden Etkenler

Pelet kalitesi üzerinde bir çok etken etkili olup her birinin kalite üzerindeki etki düzeyi farklıdır. Reimer (1992) formülasyonun pelet kalitesi üzerine % 40, partikül büyüklüğünün % 20, tavlamanın % 20, matris özelliklerinin % 15, soğutmanın ise % 5 düzeyinde etkili olduğunu bildirmektedir (Şekil 1). Bu makalede, söz konusu etkenler yeme ve uygulanan teknolojiye ait olarak ele alınarak incelenecektir.

Yeme ait etkenler

Karma yemin fiziksel özellikleri

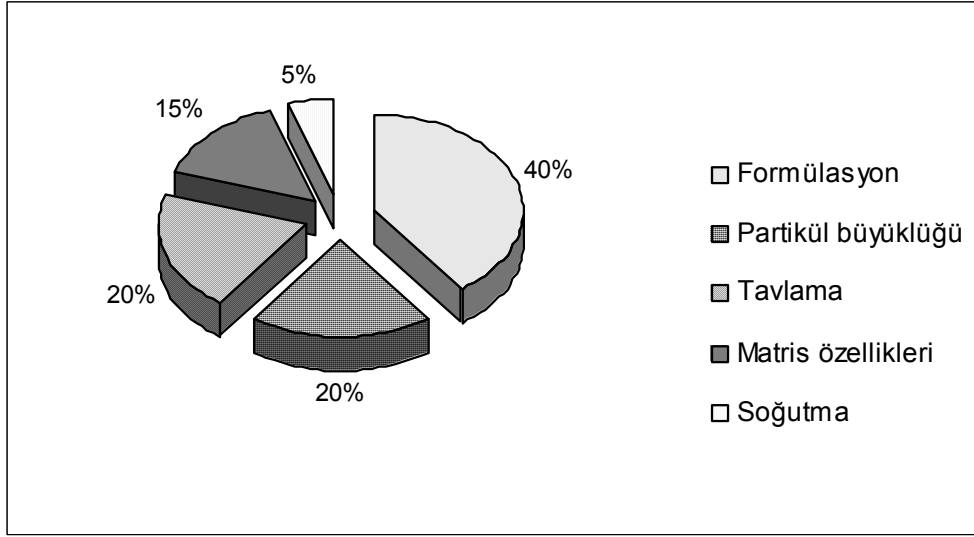
Peletlenecek toz yemin *partikül büyüklüğü, sarsılma ve dökülme yoğunluğu, yığılma açısı ve spesifik yüzey genişliği* pelet kalitesi üzerinde etkili olan yemin fiziksel özellikleridir. Artan sarsılma ve dökülme yoğunluğu, yığılma açısı ve spesifik yüzey genişliği pelet kalitesini olumlu yönde etkiler (Ergül, 1994).

Yemin partikül büyüklüğü

Yemin fiziksel özellikleri içerisinde partikül büyüklüğü pelet kalitesi üzerinde en önemli etkiye sahiptir. Küçük partiküllü karma yemlerin peletlenmesi ile daha kaliteli peletler üretmek mümkündür. Bu durumu artan partikül yüzey genişliği ile peletleme sırasında kullanılan su buharının daha geniş yüzeye etki etmesine dayandırmak mümkündür. Ancak gereğinden küçük boyutlarda öğütülmüş yemlerden elde edilen peletlerin daha sert olacağı ve preslerde artan sürtünmeye bağlı olarak kullanılan enerji miktarını da artıracığı göz ardı edilmemelidir. Peletlemenin yaygınlaşmaya başladığı ilk yıllarda toz formdaki yemlerin peletlenmesi ile daha iyi sonuçlar alınmıştır. Başlangıçta çok küçük partiküllü yemlerin peletlenmesi söz konusu iken daha sonraları daha iri partiküllü yemlerin peletlenmesi ile beklenen etkide önemli düzeyde azalma olmuştur. Çizelge 2'de pelet kalitesi açısından önerilen % partikül büyüklük dağılımları verilmiştir (Payne,1997). Mısır-soya küspesine dayalı karma yemlerde pelet dayanıklılığı açısından optimum partikül büyüklüğünün 650-700 µ arasında olması gerektiği bildirilmektedir (Dozier, 2001). Yapılan bir çalışmada ise (McElhiney, 1992) partikül büyüklüğünün 700 µ' dan 500 µ 'a kadar düşürülmesinin pelet kalitesini iyileştirdiği ancak öğütme için kullanılan enerji sarfiyatının ise iki katına çıktığı görülmüştür. Bu arada partikül büyüklüğünün pelet kalitesi üzerinde etkili olmadığını ortaya koyan bildirişlerle de karşılaşmak mümkündür (Reece ve ark., 1986; Stevens,1987).

Çizelge 2. Pelet kalitesi açısından toz yemin önerilen partikül büyüklük dağılımı

Partikül büyüklüğü, mm	Dağılım, %
3.0	1
2.0	5
1.0	20
0.5	30
0.25	24
<0.25	20



Şekil 1. Pelet kalitesi üzerine etki eden etkenlerin dağılımı.

Karma yemin içeriği ve formülasyon

Karma yemin yağ, nişasta, sellüloz ve protein içeriği pelet kalitesi açısından oldukça önem taşır. Yemin artan protein içeriği pelet kalitesini olumlu, sellüloz içeriği ise olumsuz yönde etkiler. Briggs ve ark. (1999) kanatlı karma yem protein içeriğinin % 16.3'den % 21'e artırılması durumunda pelet dayanıklılığını sırasıyla % 75.8'den % 88.8'e yükseldiğini saptamışlardır. Hammaddelerin doğal olarak içerdikleri yağın preslemede ve matris kanalındaki sürtünme üzerinde önemli bir etkisi görülmezken karmaya dışarıdan ilave edilen yağın bu bakımdan pelet kalitesini bozacak yönde etkilediği bilinmektedir. Nitekim mısır-soya küspesi temeline dayalı karmalara karıştırıcıda % 2'den fazla yağ ilave edildiğinde pelet dayanıklılığının düştüğü ve aşırı bir ufalanmanın olduğu görülmüştür (Richardson ve Day, 1976). Bunu, yağ ilavesi ile matrislerdeki sürtünmenin azalması ve karma yemin matris deliklerinden yeterli düzeyde sıkıştırılmadan çıkması şeklinde açıklamak mümkündür. Ergül (1994) hammaddelerin doğal içeriği olan yağın dışarıdan ilave edilen yağa göre pelet yemde daha düşük bir ufalanmaya neden olmasını öğütme ile yemdeki hücre içi yağın tam olarak açığa çıkarılmaması ile açıklamaktadır. Son yıllarda yağ içeriği yüksek mısır ve ekspeller soya küspesi kullanımı ile yeme dışarıdan ilave edilen yağ düzeyini aşağıya çekme çabaları dikkati çekmektedir. Oysa bu şekildeki uygulamada da pelet kalitesi kullanılan söz konusu hammaddelerin yüksek yağ içeriğinden olumsuz yönde etkilenebilmektedir

(Briggs ve ark., 1999). Peletlenecek toz yemin protein ve yağ içeriğine karşılık mineral madde içeriğinin aynı düzeyde pelet dayanıklılığı için daha fazla bir pres enerjisi gerektirdiği bildirilmektedir (Ergül, 1994). Yani karmadaki mineral maddeler matris kanallarındaki sürtünmenin daha belirgin olmasına neden olmaktadır.

Buğday, arpa ve kolza (kanola) küspesinin doğal yapısında yem partiküllerini birbirine bağlayan maddeler bulunur ve bunlar daha yüksek pelet kalitesine neden olur. Buğday ve kolza temeline dayalı rasyonların kullanıldığı Avrupa ve Avustralya dışındaki ülkelerde kanatlı yemleri yaygın olarak mısır ve soya küspesine dayalıdır ve söz konusu bu hammaddeler yapılarında düşük düzeyde bağlayıcı madde içerirler. Yapılan bir çalışmada rasyonun buğday içeriği % 0'dan % 60'a kadar çıkarıldığında pelet kalite indeksi (PDI) 32'den 73'e kadar artmıştır (Winowski, 1988). Mısır yerine aynı oranda buğday ilavesinin yapıldığı bir diğer çalışmada pelet kalitesi buğday kullanımında mısır kullanımına göre 7 puan daha yüksek saptanmıştır (Stevens, 1987). Bu şekildeki bir sonuç buğdayın mısıra göre daha yüksek sellüloz ve protein içermesine dayandırılmıştır.

Isısal işleme nişastanın jelatinizasyonu, proteinin de denaturasyonu pelet kalitesi üzerinde etkili olmaktadır. Wood (1987) tarafından denature olmamış proteinin, denature olmuş proteine, jelatinizasyona uğramış nişastanın, jelatinizasyona uğramamış nişastaya göre, pelet kalitesini artırdığı saptanmıştır. Bununla birlikte,

denature olmamış soya proteini ve jelatinleşmiş tapiyoka nişastası kullanımı ile maksimum; denature olmuş soya proteini ve jelatinleşmemiş tapiyoka nişastası kullanımı ile de minimum pelet dayanıklılığına ulaşıldığı bildirilmektedir (Wood, 1987). Yapılan çalışmalar sonucunda proteinin, nişastaya göre, pelet kalitesi üzerinde daha belirleyici etkiye sahip olduğu belirtilmektedir (Wood, 1987; Briggs ve ark., 1999).

Karma yemin nem içeriği pelet kalitesini ve üretim randımanını büyük ölçüde etkiler. Yemdeki nem; yem hammaddelerin doğal yapısında bağlı halde bulunan ve su/su buharı ilavesi ile sağlanan nemdir. Yapılan çalışmalarda peletleme öncesi toz yemin nem içeriği ile pelet dayanıklılığı arasında yüksek bir korrelasyon olduğu saptanmıştır (Greer ve Fairchild, 1999). Gelişen teknoloji ile birlikte yemin nem içeriğini karıştırıcıda izlemek ve kontrol altına almak mümkündür. Yemin nem içeriğini su ilavesi ile % 14 civarında tutmanın presleme işlemini kolaylaştırdığı ve pelet dayanıklılığını artırdığı görülmüştür. Nitekim bu teknolojinin kullanımı ile üretilen pelet yemlerin dayanıklılığının % 61.7'den % 87.3'e artış gösterdiği bildirilmektedir (Beyer ve ark., 2000). Söz konusu uygulama nem içeriği düşük tahılların karma yemde ağırlıklı olarak kullanılması durumunda önem taşımaktadır. Ancak hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalarda nem ilavesi ile azalan besin madde yoğunluğuna bağlı olarak yemden yararlanmanın kötüleştiği ortaya konmuştur. Dolayısıyla yeni olan bir tekniğin sektöre adapte edilmesinden önce çok sayıda saha çalışmalarının yapılmasına gereksinim vardır.

Rasyon hazırlamada hayvanların besin maddesi gereksinimlerinin düşük maliyetli formülasyonla sağlanması amaçlanır ve çoğu zaman beslemeciler tarafından hazırlanan formülasyonun yemin işlenmesi, ve özellikle peletlenmesi üzerindeki etkileri göz ardı edilir. Yani rasyon oluşumunda karmaya giren her bir hammaddenin peletlenebilirliği dikkate alınmaz. Nitekim buğday, arpa, ve kanola gibi hammaddeler kolay peletlenebilirken, mısır gibi hammaddeler daha güç peletlenebilir. Formülasyonda kullanılan yem hammaddelerinin peletlenebilir değerlerine göre elde edilen karışımın peletlenebilirliğini tahminlemek mümkündür. Ancak karışıma giren hammaddeler arasında sinerjik bir etki olabileceği düşünülürse sadece hammaddelerin bu özelliğine bağlı olarak pelet kalitesini tahminleme yanıltıcı olacaktır. Oluşturulan formülasyonda yemin pelet kalite faktörü 4.7'in altında ise peletleme sırasında kalite üzerinde etkili olabilecek tüm faktörler üzerinde önemle durulması gerekmektedir.

Standart koşullarda pelet yem üreten fabrikalar için 4.7 ve 5 tolerans sınır değerlerini oluştururken, ekspander tekniğinin uygulandığı fabrikalarda ise bu sınır 5 ve üzeridir.

Teknolojiye bağlı etkenler

Buhar uygulaması

Buhar uygulamasının pelet dayanıklılığını, üretim randımanını, ufalanma oranını ve enerji kullanımını azalttığı ortaya konmuştur. Uygulanan buhar, yemin kayganlığını artırarak sürtünmeyi azaltır ve bazı hammaddelerin doğal olarak içermiş olduğu bağlayıcı maddelerin açığa çıkmasına neden olur. Nitekim mısır-soya küspesi temeline dayalı rasyonlarda mısırın nişasta yapısı bozulur ve kimyasal bağları zayıflar. Bunun sonucunda amiloz ve amilopektin molekülleri serbest kalır. Bu olay nişasta jelatinizasyonu şeklinde tanımlanır ve doğal bir bağlayıcı işlem olarak pelet kalitesini olumlu yönde etkiler (Dozier, 2001). Ancak yapılan çalışmalarda nişasta jelatinizasyonu düzeyinin bu olayın olduğu kadar önemli olmadığını ortaya koymaktadır. Yem partiküllerinin dış yüzeyinde oluşan jelatinizasyon dayanıklı peletler için gerekli olan partikül içi bağların oluşumunu olumsuz yönde etkilerken partikül iç yüzeyindeki nişasta proteinle birlikte yoğrularak protein molekülleri ve nişasta granülleri arasında polimer difüzyona ve partiküller arasında adhezyona neden olur. Stevens (1987) tamamen mısırdan oluşan karışımın kuru veya buharlı peletlenmesinin nişasta jelatinizasyonuna etkisini araştırdığı bir çalışmada peletin dış yüzeyinde oluşan jelatinizasyonun kuru uygulamada % 58, buhar uygulamasında ise % 25.9 oranında gerçekleştiğini saptamıştır.

Buhar uygulaması ile yemin nem içeriği ile birlikte sıcaklığı da artar. Ancak yemin nem içeriğinde % 6'dan fazla artış olmaz. Yemin nem içeriğindeki her birim artış sıcaklığın yaklaşık 13 °C artmasına neden olur. Bu artışın düzeyi buhar kalitesi ve yem hammaddelerinin adhezyon yeteneği ile ilişkilidir. Winowski (1988), sıcaklığın 83 °C'den 89 °C'e artırılmasının pelet yemde ufalanma oranını yaklaşık % 19 oranında azalttığını saptamıştır. Genelde yüksek nişasta içeren (% 50-80) yemlere peletleme sırasında istenen 80-88 °C sıcaklığın oluşabilmesi için daha fazla miktarda buhar uygulaması gerekmektedir. Sıcaklığın düşük düzeyde olması durumunda nişasta tahribatının peletin dış yüzeyinde içe kıyasla daha fazla olduğu görülmüştür.

Peletlenecek olan toz yemin buharlama ünitesinde (tavlayıcılar) kalış süresi kalite üzerinde etkili olan bir

diğer kriterdir. Yemin tavlayıcılarda kalış süresinin artışına bağlı olarak pelet kalitesinde daha belirgin bir iyileşme olmaktadır (Briggs ve ark., 1999).

Buhar kalitesi

Pelet yem üretiminde buhar uygulamasıyla sağlanan başarı önemli düzeyde buharın kalitesine bağlıdır. Buhar kalitesi, serbest su ve buharlaşmış su toplamının buharlaşmış su miktarına bölümü ile ifade edilir. Kullanılan buharın tamamen buharlaşmış halde su içermesi doymuş buhar özelliğinde; buharlaşmış suyun % 100'den az olması ise yaş buhar olma özelliğinde olduğunu ifade eder. Buharlaşmış haldeki suyun gittikçe azalması pelet kalitesini olumsuz yönde etkiler.

Turner (1995) tarafından, pelet yem üretiminde doymuş buhar kullanımı ile karma yemin nem içeriğindeki her % 1'lik artış için sıcaklığında yaklaşık 16 °C'lik artış; buhar kalitesinin % 80 olması yani yaş buhar kullanılması durumunda ise her % 1'lik nem artışı için sıcaklıkta 13.5 °C'lik artış olabileceği bildirilmektedir. Buna göre düşük kaliteli buhar kullanımında, düzeye bağlı olarak, sistemde 6-11 °C sıcaklık azalması olacak demektir. İstenen pelet kalitesi açısından 88 °C'lik sıcaklığın sağlanabilmesi için buhar kalitesinin en az % 97 olması gerekmektedir. Ancak yapılan bazı çalışmalarda % 70 ve 80 buhar kalitesinin pelet dayanıklılığını optimize edebileceği bildirilmektedir (Fairfield, 2003a).

Buhar basıncı

Yapılan çalışmalarda (Stevens, 1987; Briggs ve ark., 1999) yüksek veya düşük buhar basıncının aynı termodinamik özelliklere sahip olmasına bağlı olarak pelet kalitesi üzerinde farklılığa neden olmadığı saptanmıştır. Ancak çok düşük basınçlı (138 kPa=1.38 bar) buhar kullanımında borularda yoğunlaşma meydana geldiğinden yemin nem içeriği artmaktadır. Artan nem içeriğiyle birlikte yemin akışkanlığının azalmasına ve yemin preslerde sıkıştırılmasının zorlaşmasına bağlı olarak matrislerde tıkanmalar meydana gelir. Düşük buhar basıncında böyle bir görüntü ile karşılaşılırken yüksek buhar basıncında ise (552 kPa=5.52 bar) aşırı bir enerji sarfiyatının olabileceği de göz ardı edilmemelidir (Briggs ve ark., 1999).

Yöntem

Standart koşullarda veya ekspand edilmiş+peletlenmiş olmak üzere iki farklı şekilde üretilmiş etlik piliç pelet yeminin pelet dayanıklılığının karşılaştırıldığı bir çalışmada (Smith ve ark., 1995) ikinci yöntemin daha

etkili olduğu ortaya konmuştur. Sıcaklığın 120 °C'ye kadar çıktığı ekspander tekniğinde nişasta daha yüksek düzeyde jelatinize olur ve dolayısıyla daha dayanıklı peletler elde edilir. Ayrıca bu şekildeki bir uygulamayla peletleme işlemi daha kolay gerçekleşir ve bunun sonucunda da peletleme etkinliği önemli düzeyde artar. Son yıllarda yaygın bir kullanım alanı bulan çift peletleme yöntemi ile daha dayanıklı peletler üretilerek ufulanma problemi önemli ölçüde azaltılır. Bu yöntemde aynı veya farklı verimde iki pres kullanılır. İlk olarak ince duvarlı (kısa kanallı) matrislerde ön sıkıştırma yapılır ve daha sonra istenilen son ürün özelliklerini sağlayacak ikinci prese yem gelir ve kalın duvarlı matrislerde esas sıkıştırma gerçekleşir. Broiler yeminin peletlenmesinde ekspander ve çift peletleme yöntemi karşılaştırıldığında pelet sertliği bakımından farklılık önemli düzeyde değilken pelet dayanıklılığı bakımından ekspander yönteminde üstünlük söz konusudur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Çift peletleme ve ekspander yönteminin pelet kalitesi üzerine etkisi.

Peletleme Yöntemi	Pelet sertliği, kg	Pelet dayanıklılığı, %
Çift peletleme	1.4	74
Ekspander	1.8	95

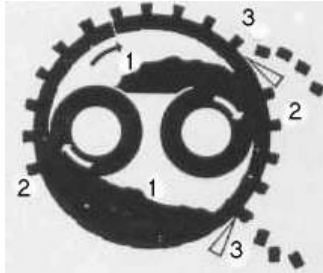
Yağ ilavesi

Pelet kalitesi üzerinde ilave edilen yağın düzeyi kadar ilavenin nerede ve nasıl yapıldığı da önem taşır. Peletleme öncesi yeme yağ ilavesi özellikle partikül yüzeyinde dağılım göstererek presleme etkinliği üzerinde olumlu etki yaratırken pelet kalitesinin düşmesine neden olur. Dolayısıyla peletleme sonrasında yağ ilavesi önerilir. Matrisler bu açıdan bir seçenek olmakla birlikte peletleme sonrası aşamalarda yemin taşınması zorlaşır. Günümüzde yağın yeme soğutuculardan sonra yükleme anında püskürtme veya kaplama şeklinde uygulanması tercih edilmektedir. Bu şekildeki bir uygulamada pelet yemin yağı absorbe edebilmesi için gerekli süre de sağlanmış olur. Bunun yanında bu yöntem enzim ve ısıya duyarlı mikro düzeydeki diğer içerik maddelerin ilavesini olanak tanır. Matrislerde % 2-3'den fazla yağ ilavesi yapılamazken bu şekildeki bir uygulama ile yağ düzeyi % 6-8'e kadar çıkartılabilir.

Matris seçimi

Matris pelet yeme formunu veren kalıptır (Şekil 2). Preslemede verimliliği, enerji kullanımını ve pelet kalitesini etkileyen etkenler içerisinde en büyük payı

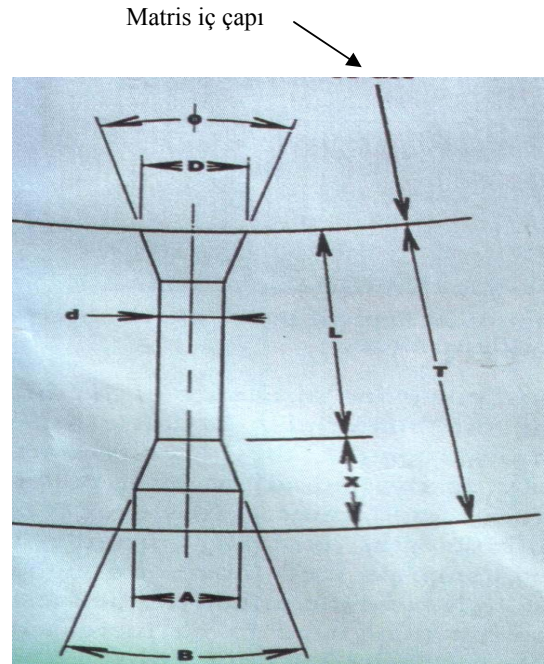
alır. Dolayısıyla doğru matris seçimi ile pelet kalitesini iyileştirmek mümkündür. İstenen matris özelliklerine göre matris seçiminin doğru olarak yapılabilmesi büyük ölçüde matris kısımlarının ve matris deliği için tanımlanan terminolojinin bilinmesi ile mümkündür. Preslemede kullanılan bir matrise ait önemli kısımlar ve matris deliği terminolojisi sırasıyla Şekil 3 ve 4’de verilmiştir. Yemin çıktığı matris deliğinin genişleme göstermesi matrisin parçalanmasını önlemek için gerekli toplam kalınlığı sağlarken, matrisin etkin olduğu kalınlığı azaltır ve uygun L/d oranını sağlar. Matrisin etkin olduğu alan artan matris çapı ve genişliğine bağlı olarak artış gösterir. Bu alanın geniş olması yemin matris deliklerinde kalış süresini uzatır, her ton pelet yem üretimi için enerji tüketimini düşürür ve üretim randımanını artırır (Fairfield, 2003b). Matristeki delik sayısının artışı matris verimini, yemin matris deliğindeki kalış süresini ve matrisin kullanım süresini artırır, spesifik enerji kullanımını azaltır. Maksimum delik sayısı matrisin etkin olduğu alanı maksimize eder. Ancak toplam delik yüzeyinin gereğinden fazla büyümesi ve dayanıklı materyalin kullanılmaması durumunda aşınmalar, yıpranmalar ve kopmalar artar ve matris kısa sürede kullanılamaz duruma gelir. Matrisler genellikle metal alaşımı, krom ve paslanmaz çelikten yapılır. Metal alaşımdan yapılmış matrisler kırılmaya karşı dayanıklı iken krom ve paslanmaz çelikten yapılanlar aşınmaya karşı dayanıklılık gösterir. Matris materyali yanında peletlenecek yemin özelliğine uygun matris delik çapı ve kalınlığını (delik uzunluğu) belirlemek ve yemin özelliğine göre peletleme sırasında bazı noktalara dikkat etmek gerekmektedir (Çizelge 4 ve 5).



Şekil 2. Peletleme işlemi



Şekil 3. Matris ve kısımları
 ID:Matrisin iç çapı
 O:Matrisin tüm genişliği
 W:Matrisin etkin olduğu genişlik



Şekil 4. Matris deliği terminolojisi
 d:Matris delik çapı
 L:Matrisin etkin olduğu uzunluk (kalınlık)
 D:Delik giriş çapı
 T:Toplam kalınlık
 X:Delik çıkış derinliği
 A:Delik çıkış çapı
 Ø:Delik giriş açısı
 B:Delik çıkış açısı

Çizelge 4. Peletlenecek yemin özelliğine göre standartlaştırılmış matris özellikleri

Yemin özelliği	Matris materyali	Matris deliklerinin dizilimi	L/d oranı
Yüksek tahıl içerikli	Paslanmaz/yüksek krom	Sık delik dizilimi	10-12
Düşük protein, yüksek sellüloz içerikli	Paslanmaz/metal alaşım	Orta delik dizilimi	12-14
Yüksek protein içerikli	Paslanmaz	Sık/orta delik dizilimi	10-12
Düşük protein, ısıya duyarlılık	Paslanmaz	Orta delik dizilimi	9-11
Yüksek protein, üre/yüksek mineral madde	Metal alaşım	Seyrek delik dizilimi	8-9

Çizelge 5. Peletlenecek yemin yapısına göre belirlenecek matris özellikleri ve dikkat edilecek noktalar

Yemin yapısı	Matris delik çapı (mm)	Matris kalınlığı=Delik uzunluğu (mm)	Dikkat edilecek noktalar
Yüksek oranda tahıl ve % 25'den fazla protein içeren karma yemler	4 5 6	40-50 45-55 50-60	Nişasta jelatinizasyonu için buhar uygulaması ile sıcaklık 80 °C veya üzerine çıkmalıdır.
% 5-25 oranında şeker, süt tozu veya peynir suyu içeren	4 5 6	20-35 25-40 30-45	60 °C'de karamelizasyon başlar ve buda dayanıklılığın artışı ile sonuçlanır.
% 5-30 düzeyinde melas içeren protein katkıları	4 5 6	30-45 40-50 45-55	Sıcaklık 60-75 °C olacak şekilde minimum buhar ilavesi yapılmalıdır.
Yüksek düzeylerde veya % 6-30 düzeyinde üre içeren karma yemler (melaslı veya melassız)	4	20-35	Yüksek düzeyde üre içeren yemlerin peletlenmesinde minimum düzeyde buhar ilavesi veya buhar ilavesi yapılmamalıdır.

Kanatlı karma yemlerinin önemli bir kısmını tahıllar oluşturur. Yüksek düzeyde nişasta içeren bu tür yemlerin peletlenmesinde nişasta jelatinizasyonu yani dayanıklı pelet yem üretimi için yüksek sıcaklık ve neme gereksinim duyulur. Yüksek düzeyde sellüloz ve düşük protein içerikli besi ve süt sığırcı karma yemlerinin peletlenmesinde ise nem uygulaması çok etkili olmazken daha yüksek L/d (matrisin etkin olduğu uzunluk/ matris delik çapı) oranı gereklidir. Doğal protein kaynaklarınca zengin karma yemlerin peletlenmesinde kaliteli pelet yem üretimi için peletleme koşullarında yüksek sıcaklık uygulaması şarttır. Protein içeriği düşük ve ısıya karşı duyarlı şeker, süt tozu ve peynir suyu içeren karma yemlerin peletlenmesi sırasında yaklaşık 60 °C 'de karamelizasyon söz konusudur. Dolayısıyla ısıya karşı duyarlı yem hammaddelerini içeren karma yemlerin peletlenmesi sırasında matrislerdeki sürtünmeye bağlı olarak oluşan ısınmayı azaltmak için matrislerde L/d'nin daha düşük olması gerekir. Üre ve mineral madde içerikli büyükbaş yemlerinde ise daha düşük L/d oranına, hiç veya çok düşük düzeyde buhar ilavesi söz konusu olabilir.

Matris ile merdane arasındaki mesafe pelet dayanıklılığı üzerinde önem taşır. Mesafe arttıkça pelet dayanıklılığı artar ancak pres kapasitesi düşer ve pelet uzunluğu farklılaşır.

Yemin matris deliğinde kalış süresi pelet kalitesi üzerinde etkilidir. Matris hızı ve buna dayalı olarak yemin matris deliğinde kalış süresi ayarlanabilir. Kalış süresinin artışı yemdeki nem ve sıcaklık absorpsiyonunu iyileştirir. Mil hızı azaltılarak ve merdane matris arası açısı ayarlanarak kalış süresi artırılabilir.

Soğutma

Peletleme işleminde su buharı kullanımına ve matrislerdeki sürtünmeye bağlı olarak sıcaklık 90 °C'ye kadar çıkar. Bu kadar yüksek bir sıcaklıktaki peletlerin taşınması ve ön depolanması sırasında pelet kalitesi olumsuz yönde etkilenir. Dolayısıyla pelet yemin sıcaklığının ortam sıcaklığına yakın bir noktaya getirilmesi bu açıdan oldukça önemli etkiye sahiptir. Su buharı uygulaması ile elde edilmiş peletlerde partiküller arasında var olan kapillar geçişler ortadan kalkar. Dolayısıyla sıcak peletlerin soğutulmadan daha düşük

bir ortam sıcaklığına alınması yem içindeki su buharının çıkışını engeller ve içte oluşan basınç ile pelet yemde çatlama oluşur. Soğutucularda pelet yemin kalış süresi ve hava miktarı (m³/ton/h) pelet kalitesi üzerinde önemlidir. Yemin soğutucularda kalış süresi pelet yapısına, sıcaklığına, nem düzeyine ve yoğunluğuna bağlı olarak değişir (Ergül, 1994; Fairfield, 2003c). Sınırlı hava akımı ve kalış süresi pelet kalitesinin kötüleşmesine neden olur. Üretilen pelet yemin nem ve sıcaklığının kontrolü ile soğutma işleminin etkinliğini saptamak mümkündür. Yüksek nem ve sıcaklık soğutma işleminin tam olarak gerçekleşmediğini, aşırı bir nem kaybı ise yemin soğutucularda gereğinden fazla kaldığını ve mutlaka yemin soğutucularda kalış süresinin kısaltılması gerektiğini gösterir. Yatay ve karşı hava akımlı soğutucularda yemin kalış süresi yem yatak derinliğinin azaltılması veya artırılması ile ayarlanabilir. Genellikle soğutucular maksimum pelet yatak derinliğine göre ayarlanmıştır. Yemin soğutucularda kalış süresinin maksimize edilmesinden sonra hala kapasite yetersizliği söz konusu olursa bu defa soğutucu hacmi artırılmalıdır. Karşı hava akımlı soğutucularda yüksekliğin artırılması, yatay soğutucularda ise ilave edilen bir ünite bu sorunu ortadan kaldırır.

Sonuç

Toz yemlerin sıkıştırılarak değişik boyutlarda pelet haline getirilmesi ile çiftlik hayvanlarından daha yüksek bir performansa ulaşılır. Ancak böyle bir oluşum yüksek kaliteli (fiziksel kalite=form) pelet yemlerin kullanılması ile gerçekleşir. Pelet kalitesi bir çok etkenin etkisi altında olup kaliteli pelet üretimi bu etkenlerin dikkate alınması ile mümkündür. Günümüzde ne yazık ki pelet yem üreticileri tarafından üretim maliyeti üzerinde önemle durulurken pelet kalitesi çoğu zaman göz ardı edilmektedir. Pelet yem üretiminde kalitenin korunarak üretimin ekonomik bir şekilde gerçekleştirilmesi amaçlanmalıdır.

Literatür

- Anonim, 1996. Peletleme El Kitabı. Payne, J., Ratting, W. (Çeviri:Kutlu, H.R.). Karma yem sanayi üretim sorumluları için bilgi klavuzu.
- Beyer, R.S., Greer, D., Fairchild, F. 2000. Ingredient moisture control in mixer improves quality, efficiency broiler mash, and pellet feeds. *Feedstuffs*, 72, 22:15.
- Briggs, J.L., Maier, D.E., Watkins, B.A., Behnke, K.C. 1999. Effect of ingredients and processing parameters on pellet quality. *Poultry Sci.*, 78:1464-1471.
- Dozier, W.A. 2001. Cost-effective pellet quality for meat birds. *Feed Management*, 52 (2).

- Ergül, M. 1994. Karma yemler ve karma yem teknolojisi, Ders Kitabı, II. Baskı, E.Ü. Basımevi, Bornova-İzmir.
- Fairfield, D.A. 2003a. Pelleting for profit-part 1. Feed and feeding digest. National Grain and Feed Association, Vol:54, Number 6.
- Fairfield, D.A. 2003b. Correct pellet die selection. *Feed International*, June, s:26-31.
- Fairfield, D.A. 2003c. High volume pellet cooling. *Feed Management*, 54 (10).
- Greer, D., Fairchild, F. 1999. Cold mash moisture control boosts pellet quality. *Feed Management*, 50 (6):20-23.
- McElhiney, R. 1992. What is the optimum particle size for pelleting?. *Feed Management*, 46 (9):21.
- Payne, J.D. 1997. Troubleshooting the pelleting process. ASA American Soybean Association (<http://www.asasea.com>).(08.04.2004).
- Reece, F.N., Lott, B.D., Deaton, J.W. 1986. The effect of hammer mill screen size on ground corn particle size, pellet durability and broiler performance, *Poltry Sci.*, 65 (7):1257-1261.
- Reimer, L. 1992. Proc. Northern crops institute feed mill management and feed manufacturing technol. Short Course, p.7. Coliformia Pellet Mill Co. Crawfordsville, IN.
- Richardson, W., Day, E.J. 1976. Effect of varying levels of added fat in broiler diets on pellet quality. *Feedstuffs*, 48 (20):24.
- Smith, P.A., Firman, J.D., Dale, D.M. 1995. Effects of feed processed in an annular gap expander on subsequent broiler performance. *Poultry Sci.*, 74 (Suppl. 1):145.
- Stevens, C.A. 1987. Starch gelatinization and the influence of particle size, steam pressure and die speed on the pelleting process. PhD.Dissertation.Kansas State University Manhattan, KS.
- Turner, R. 1995. Achieving optimum pellet quality. *Feed Management*, 46 (12):30.
- Winowiski, T.S. 1988.Wheat and pellet quality. *Feed Management*, 39 (9):58-64.
- Wood, J.F. 1987. The functional properties of feed raw materials and their effect on the production and quality of feed pellets. *Anim. Feed Sci. and Tech.*, 18 (1):1-17.