



## Kaba Yem Üretiminde Hidroponik Tarım Sistemleri

Ünal Kılıç\*

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü 55139 Samsun, Türkiye

### MAKALE BİLGİSİ

Geliş 17 Haziran 2016  
Kabul 15 Ağustos 2016  
Çevrimiçi baskı, ISSN: 2148-127X

#### Anahtar Kelimeler:

Hidroponik tarım sistemi  
Çimlendirme  
Kaba yem  
Sindirilebilirlik  
Hayvan besleme

\*Sorumlu Yazar:

E-mail: unalk@omu.edu.tr

### ÖZET

Ruminantların kaba yem ihtiyaçlarının karşılanmasında alternatif bir metot olarak hidroponik tarım teknolojisi içerisinde yer alan hidroponik tarım sistemleri (HTS) de kullanılmaktadır. Bu sistemlerde bütün bir yıl süresince kaba yem üretimi gerçekleştirilebilmektedir. Bu sistemlerde arpa, buğday, yulaf, çavdar gibi tahıllar çimlendirilerek, hayvanların beslenmesinde taze kaba yem kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada henüz yaygınlaşma aşamasında olan ve üzerinde yeterince bilimsel çalışmanın yapılmadığı bu sistemler olumlu ve olumsuz yönleriyle ele alınmıştır. Ayrıca, hidroponik sistemler ile üretilen yeşil yemlerin besleme değerleri ve ekonomik yönden incelenmesi, üretiminde dikkat edilmesi gereken hususlar ve hayvan beslemede kullanılabilirlikleri üzerinde durulmuştur. HTS ile üretilen yeşil yemlerin ekonomik olduğu takdirde ve sistemin etkin çalışması halinde ruminantların kaba yem ihtiyaçlarının karşılanmasında kullanılabilecek potansiyelinin olduğu görülmektedir.

Turkish Journal Of Agriculture - Food Science And Technology, 4(9): 793-799, 2016

## Hydroponic Systems in Forage Production

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 17 June 2016  
Accepted 15 August 2016  
Available online, ISSN: 2148-127X

#### Keywords:

Hydroponic farming system  
Germination  
Forage  
Digestibility  
Animal nutrition

\*Corresponding Author:

E-mail: unalk@omu.edu.tr

### ABSTRACT

Hydroponic farming system (HFS) is used to meet the roughage requirements of ruminants as an alternative method. In the system, forage production is achieved all over the year and germinated grains such as barley, wheat and oat, are used as fresh forage sources. In the present study, HFS, about which there are limited information, was discussed with its advantages and disadvantages. Furthermore, the nutritive values of fresh forages produced in HFS system and also their using possibilities in animal nutrition were discussed. It was understood that HFS can be used for meeting forage requirements of ruminants if it runs effectively.

## Giriş

Ruminantların beslenmesinde, kaliteli kaba yem kaynağı yetersizliği en önemli problemlerin başında gelmektedir. Hayvanların beslenmesinde yılın her zamanında yeterince kaba yem bulunamaması ülkemiz hayvanlarının yeterli düzeyde beslenememesine sebep olmakta ve ekonomik hayvancılık yapmayı engellemektedir. Ülkemiz kaba yem ihtiyacının karşılanmasında; çayır mera alanları ile yem bitkileri ekim alanlarından temin edilen kaba yemler kullanılmakta olup, ayrıca tahıl artıkları (sap, saman) ile endüstri bitkileri artıklarından (posa vb.) da faydalanılmaktadır. Genellikle yaz aylarında hayvanlar kaba yem ihtiyaçlarını kolaylıkla karşılayabilmektedirler. Ancak kış aylarında kaba yem temini önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ülkemizde kış aylarında kaba yem kaynağı olarak; kuru ot ve silaj kullanımı yaygın olmakla birlikte, az miktarda kaba yem peletleme de yapılmakta ve hayvan beslemede kullanılmaktadır (Güleçyüz ve Kılıç, 2016). Ne yazık ki bu kaynaklar kış aylarında hayvanların kaba yem ihtiyacını karşılamaya yetmemektedir. Bu nedenle, kaba yem ihtiyacının karşılanmasında değişik arayışlar giderek önem kazanmıştır. Bu bağlamda kaba yem açığını kapatmak için son zamanlarda yapılan araştırmalarda kurak şartlarda yetişen kaktüs ve bazı çalimsı bitkilerin dahi alternatif kaba yem kaynağı olarak kullanılabilmesi üzerinde durulmakta (Ateş ve ark., 2013) ve çalışmalar yapılmaktadır. Yakın geçmişte ülkemizde saman gibi kalitesiz kaba yem kaynaklarının ithal edildiği ve oldukça yüksek fiyatlara satıldığı göz önüne alındığında durumun önemi anlaşılmaktadır.

Günümüzde, ruminant hayvanların kaba yem ihtiyacını karşılamak için kullanılan güncel yaklaşımlar arasında alternatif bir metot olarak “hidroponik tarım sistemleri” ya da yaygın adıyla “hasılatik sistemleri” yer almaktadır. Bu sistemlerde arpa, buğday, yulaf, çavdar gibi tahılların çimlendirilerek, hayvanların beslenmesinde taze kaba yem kaynağı olarak kullanılması sayesinde yılın 365 günü kaba yem temini mümkün olabilmektedir (Rodriguez-Muela ve ark., 2004). Bu yolla, özellikle kaba yem sıkıntısı görülen kış aylarında kaba yem ihtiyacının rahatlıkla karşılanabileceği iddia edilmektedir. Bu bağlamda, hidroponik tarım sistemleri kullanılarak kaba yem üretilmesi ülkemiz kaba yem açığının kapatılmasında bir alternatif olarak görülmektedir. Ancak, sınırlı sayıda yayınlanmış makale ve bazı lisan üstü tezler dışında konu yeterince ele alınmamıştır. Ayrıca, kullanıcıların memnuniyetlerinin farklılık göstermesi de bir diğer önemli husustur. Mevcut çalışmada hidroponik tarım sistemlerinin olumlu ve olumsuz yönleri de ele alınmıştır.

### Hidroponik Tarım Sistemi

Hidroponik tarım sistemi, topraksız tarım teknolojisi içerisinde yer alan bitki yetiştirme sistemlerinden biridir. Bu sistemde, toprağa alternatif olabilecek herhangi bir materyal (kompost vb.) kullanılmamakta olup, sadece su ve bitki solüsyonları kullanılmaktadır. Hidroponik tarım sistemi (HTS); arpa, buğday, yulaf ve çavdar gibi serin iklim tahıl tohumlarından, en x boy x derinlikleri: 40 cm x 43 cm ve 6 cm ölçülerinde ya da farklı ölçülerde olabilen tepşiler içerisinde; ısı, ışık ve nemin sağlandığı uygun ortamlarda alternatif bir kaba yem üretim metodu olarak ortaya çıkmıştır (URL, 1; Al Ajmi ve ark., 2009). Kısa sürede (7 gün) çimlendirilip besin değeri yüksek, düşük maliyetli taze yeşil yem yetiştirmek için özel olarak geliştirilmiş olan bu sistemler, hayvanların yılın her mevsiminde kaba yem ihtiyacını karşılamak amacıyla yapılmaktadır. Bu sistemler 1699 yılında ilkel olarak ilk kez İngiltere’de kullanılmış, daha sonra Avrupa’da 1920-1930’larda bitki solüsyonları kullanılmaya başlanmıştır. Bu sistem ancak, 2000’li yılların başında yeniden geliştirilmeye başlanmış ve 2004-2005 yıllarında özel bir firma tarafından çimlendirilmiş yeşil yem (hasıl) üretmek amacıyla ticarileştirilmiştir. Ülkemizde ise 2009 yılından sonra, HTS ile üretilen taze kaba yemler bazı firmalar tarafından değişik ticari isimlerle üretilmeye başlamış ve alternatif bir kaba yem üretim metodu olarak ortaya çıkmıştır. Geleneksel yöntemlerle yılın her mevsiminde taze kaba yem temin etmek mümkün olmamaktadır (Özcan, 2015). Hayvanlar hidroponik sistemlerde üretilen taze yemleri severek tüketmekte ve ürüne çevirebilmektedirler. Bu yöntemler ile yem giderlerinde %35-45 tasarruf sağlandığı bildirilmektedir. Samanın üçte biri, yoncanın ise yedide biri kadar maliyete üretilebilmektedir (URL 1; Atıcı, 2012; Karaşahin, 2014; Baytekin, 2015; Sulser, 2015).

Hidroponik tarım sisteminde kaba yem temininin problem olmaktan çıkacağı ve hayvanların her mevsim kaliteli kaba yemlerle beslenebileceği iddia edilmektedir (Baytekin, 2015; Özcan, 2015). Kaba yem üretim miktarı sistemin büyüklüğüne ve kapasitesine göre değişiklik göstermekle birlikte günümüzde 250 kg ile 10 ton arasında değişen taze kaba yem üretimi yapabilen mobil

hidroponik makine sistemleri bulunmaktadır (Özcan, 2015). Al Ajmi ve ark. (2009) çimlendirme ile elde edilen yeşil ot veriminin dekara 9 ile 13 ton kuru maddeye eş değer olduğunu bildirmektedir. Bu sistemlerde, işletmelerin isteğine bağlı olarak farklı kapasitelerde üretim yapmak mümkündür. Hidroponik tarım sisteminde üretilen kaba yemlerin verim ve kalitesini; sistem yönetimi, kullanılan tohum çeşiti ve kalitesi, su kalitesi, su pH’sı, sulama süresi ve sıklığı, ön ısılatma süresi, bitki besin elementleri varlığı, sıcaklık, nem oranı, ışık yoğunluğu, pozisyonu, tohum yoğunluğu ve yetiştirme süresi gibi özellikler etkilemektedir (URL 1; Karaşahin, 2014).

#### *Besin Solüsyonları*

Hidroponik sistemde, bitkiler, toprak yerine, bitkinin yetiştirilmesi için ihtiyacı olan mineralleri içeren besin solüsyonundan faydalanırlar. Böylece, bitkiler besinleri daha kolay bir şekilde ve doğrudan besin solüsyonundan alabilirler. Bu üretim sisteminde üretilen yeme, mümkün olan en yüksek besin değerinin katılması ve aynı zamanda toksik kimyasallar ve klorun hiçbir şekilde kullanılmamasını sağlayan özel doğal bir besin formülü kullanılmaktadır. Besin solüsyonları hiçbir toksik madde içermediğinden, bu yemlerle beslenen hayvanlardan elde edilen ürünlerin tüketimi sonucunda ise insanlara doğal olmayan hiçbir maddenin geçmediği ileri sürülmektedir. Taşınması kolay kapalı kutular içinde temin edilebilen solüsyonları hazırlamak için ayrıca zaman kaybedilmez. Besin katkıları, otomatik bir dozaj sistemi vasıtasıyla önceden belirlenmiş miktarlarda su karıştırma sistemine katılır daha sonra da bu besin katkısı her sulama işleminde bitkiler üzerine yayılarak işlem uygulanmaktadır (URL 1).

#### *Tohum Temini*

Hidroponik tarım sisteminde piyasadan temin edilecek bütün tahıl tohumları kullanılabilir. Ancak, daha iyi sonuç alabilmek için söz konusu sistemleri geliştiren firmalardan tohum temini yapmak mümkündür. Ayrıca, bu firmalardan farklı tohumlardan hazırlanan tohum karışımlarının temini de yapılabilmektedir. Tüketicinin tercihine göre uygun tohumlar satın alınabilir. Arpa gibi belirli tohum türlerinin yanı sıra, hayvan besleme uzmanları tarafından en iyi besleme uygulamalarını temin etmek üzere özenle analiz edilen ‘özel tasarımı’ karışımlar da kullanılabilir (URL 1; URL 2).

Hidroponik tarım sistemi ile çimlendirmede arpa, yulaf, buğday ve mısır tohumları da kullanılabilir. Beraber, genellikle arpa tohumları kullanılmaktadır (Sneath ve McIntosh, 2003). Bunlar arasında arpa kuru tarımda da üretilebilen yaygın ve ucuz bir tohum olduğundan kolaylıkla temin edilebilmektedir. Hasatı oldukça kolay ve pratik olduğundan bu aşamada herhangi bir araç gerektirmez. Yılın her günü hasat etmek mümkün olduğundan stoklamaya ihtiyaç duyulmamaktadır.

#### *Hidroponik Tarım Sisteminde Kaba Yem Üretim Aşamaları*

İklim koşullarına bağlı kalmaksızın hidroponik tarım sisteminde 365 gün taze yeşil yem üretimi sağlanabilmekte ve yem giderlerinde %50’ye varan tasarruf sağlanmaktadır. Arazi ihtiyacını ortadan

kaldıracağı için minimum iş gücü ile maksimum verim sağlar. İhtiyaç duyulan insan gücü sadece tohumların tepsilere serilip yetişen yemlerin tepsilere alınmasından ibarettir. Bu sistemler, kapalı yetiştirme odalarında günlük olarak sürekli taze hayvan yemi temin edecek şekilde geliştirilmiş ve düzenlenmiştir. Yetiştirme odaları içerisindeki çevre tam kontrollüdür. Çimlenmesi yüksek kaliteli tohumlar, özel geliştirilmiş tavalara serilerek zaman ayarlı otomatik sulama sistemleri ile sulanır ve sistem hızlı büyümeyi sağlayacak ısıyı otomatik olarak kendisi ayarlar. Bu sistemde 7. günde 15-20 santimetreye ulaşan yetişmiş taze yemler tavalardan alınır (Şekil 1). Tavalara suyla temizlenip tekrar tohum serilerek yerlerine sürülür. İlk uygulamada 7 günlük bir zamanda ürün alınmazken 7. Günün sonunda münavebeli olarak her gün ürün almak mümkündür. Taneler çimlendikten sonra kökler halı görünümünü alarak, 6-8 gün içerisinde yeşil aksam 20-25 cm boya ulaşmaktadır. Buna göre kullanılan tanelerin 6- 10 katı yeşil yem elde edilebilmektedir. Nitekim, hasat zamanının gecikmesiyle HTS ile elde edilen arpa yeşil yemlerinde enerji içerikleri ve organik maddeler içeriklerinin düştüğü, en uygun besleme değerlerinin 7. günde hasat edilmesi durumunda elde edildiği bildirilmektedir (Akbağ ve ark., 2014).

Kullanılan sistemler günlük üretilmesi hedeflenen taze kaba yem miktarına göre farklı ebatlarda olabilmektedir. Buna göre, günde 1 ton taze kaba yem (hasıl) üretimi yapabilecek sistemler 4,6 x 11,6 x 2,3 metre ebatlarında yapılmakta olup, bunun için günde 1377 litre su ve 18-40 kw arasında enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır (URL 3). Bununla beraber, bu sistemlerde oldukça önemli miktarlarda su tasarruf edilmekte olup, tarlada yapılan üretimde kullanılan suyun sadece %3-5'i ile aynı miktarda üretim yapılabilmektedir. Hatta su kullanım etkinliğinin geleneksel üretime göre %95-97 kadar tasarruflu olduğu da bilinmektedir. En yüksek kuru madde verimleri elde etmek için 24 saat ön ıslatma süresi, 24°C sıcaklık uygulaması tavsiye edilmektedir (URL, 1; Al Ajmi ve ark., 2009; Atıcı, 2012; Kardeşin, 2014). Bununla birlikte çimlendirmede; metre kareye 4,5 kg tohum kullanıldığı, tohumların 12-24 saat süreyle ön ıslatmaya bırakıldığı, 18-22 (22 ±1)°C sıcaklık, %65-70 nispi nem, 12-14 saat ışıklandırma ve günde iki kez (90x30x4 cm ebatlarındaki tepsilere için sabah ve öğleden sonra her tepsiye günlük toplam 500 ml su ile) sulama yapıldığı da görülebilmektedir (Peer ve Leeson, 1985; Fazaeli ve ark., 2011; Saidi ve Omar, 2015).

İyi yönetilmeyen HTS uygulamalarında küflenme başlıca sorunlardandır (Myers, 1974). Bilindiği gibi küflü yeşil yemler hayvanların performansını düşürmekte hatta ölümle bile sonuçlanmaktadır. Bu yönüyle de HTS uygulamalarında bütün aşamalar büyük bir hassasiyetle yerine getirilmelidir aksi halde hatalı işlemler önemli ekonomik kayıplara neden olabilecektir.

### Hidroponik Tarım Sistemi ile Çimlendirilmiş Yemlerin Besin Değerleri

Hidroponik tarım sistemi ile çimlendirilmiş arpa, %98 oranında sindirilebilirliğe sahiptir. İçerisinde %17-22 ham protein, %16-21 kuru madde ve 2800 Kkal/kg Metabolik Enerji (ME) içermektedir. Hidroponik yeşil yem üretiminde özellikle vitamin E, beta – karoten, biotin ve serbest folik asit miktarında önemli artışlar elde edilmiştir. Bu artışın yaklaşık 20 kat fazla olabileceği bildirilmektedir (Cuddeford, 1989). Tanelerdeki (E) vitamininin 6 kat (%600) artması, düşük nişasta değeri ve diğer artı özellikleri ile de oldukça kullanışlı bir alternatif yem olduğu görülmektedir. Elde edilen yemler; A ve E vitaminleri, folik asit ve doğal enzimler bakımından çok zengin olduğu için hayvanlarda üreme kabiliyetini arttırmaktadır. Genel olarak, %98 civarında sindirilebilir bir ürün olduğundan tamamı hayvanlar tarafından yenilir ve organik yetiştiricilik için uygundur. Üretilen yeşil yemlerin ve köklerin tamamı yenilebilir ve hazmedilebilir olup, elde edilen yeşil yemlerin doğal enzimler, antioksidan, doğal şeker ve lif açısından aktif olması en önemli özelliğidir (Sneath ve McIntosh, 2003; Dung ve ark., 2012). Hidroponik tarım sisteminde 4-13 gün arasında yapılan çimlendirme sonrasında hasat zamanının gecikmesiyle besleme değerinin düştüğü; arpa yeşil yemine ait KM içeriklerinin %10,2-20,2 arasında; HK %4,3-5,7 arasında; HP %17,7-18,2 arasında, NDF %47,0-54,0 arasında, ADF %16,6-26,1 arasında ve ADL içeriklerinin ise %3,0-5,9 arasında olduğu belirlenmiştir (Akbağ ve ark., 2014). Çimlendirme döneminin ilk günlerinde (1. gün) son günlerine (6-7.gün) kıyasla besleme değerinin daha yüksek olduğu, çimlenme süresi ilerledikçe protein içeriğinin düştüğü, kuru madde kayıpları ile ham kül, ham yağ ve lifli bileşik içeriklerinin ise arttığı bildirilmektedir (Peer ve Leeson, 1985). Ayrıca, çimlendirilmemiş arpanın; çimlendirilmiş arpaya göre daha fazla lifli bileşik içeriğine sahip olduğu (Chung ve ark., 1989), çimlendirilmiş arpanın kuru madde bazında %86,3 organik madde, %12,2 ham protein, %28 NDF ve %12,8 ADF içerdiği (Fazaeli ve ark., 2011) bildirilmiştir. Kutlu (2012) 7 günlük sürede 15-20 cm yükseklikte iken hasat edilen çimlendirilmiş arpanın farklı kısımlarına ait besin madde analiz sonuçlarını Çizelge 1'deki gibi bildirmektedir.10; Fazaeli ve ark., 2012; Baytekin, 2015).

Çimlendirilmiş arpa bütün olarak tartıldığında; tartılan materyalin yaklaşık %20'sinin yeşil aksam ve %80'inin ise kök kısmından oluştuğu görülmüştür. Yeşil aksamın HP bakımından zengin ancak ME bakımından fakir olduğu, bütün materyalin HS ve hücre duvarı yapı elemanları (NDF, ADF) bakımından yeşil aksama göre daha düşük değer gösterdikleri belirlenmiştir. Arpa filizi %15,8 ham protein içermektedir ancak, çimlendirilmiş arpa bazı yemlerde protein seviyeleri %29,5'a kadar çıkmaktadır. Arpa filizinde normalde düşük seviyede bulunan kalsiyum seviyesi yaklaşık 2 kat (2.0mg/kg'dan 4,1mg/kg'a) artmaktadır (Kutlu, 2012).

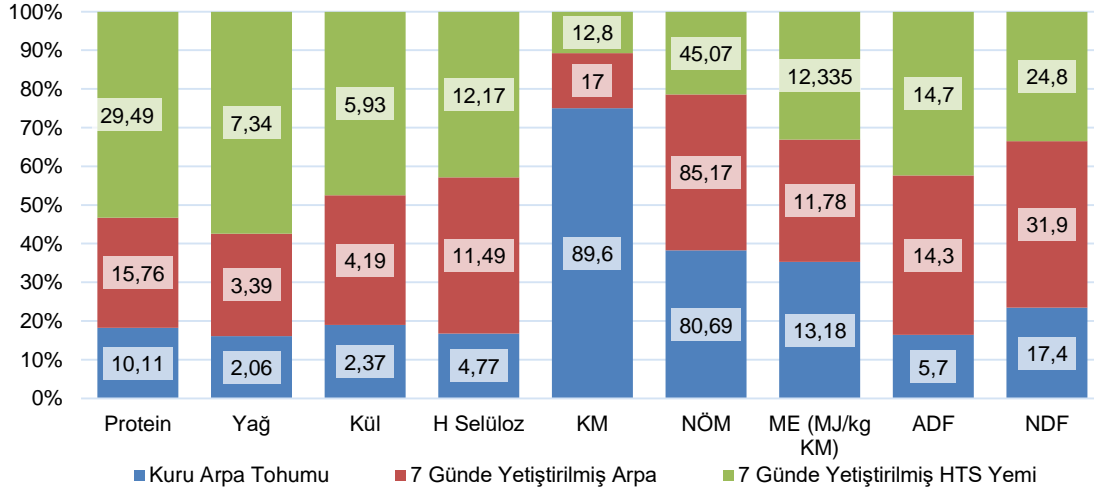
Çizelge 1 Çimlendirilmiş arpa yeşil aksam, kök ve bütün haline ait analiz sonuçları

Örnek	%KM*	%KM**	%HK	%HP	%HY	%HS	%ADF	%NDF	%NÖM	ME
Yeşil Aksam	11,00	92,27	4,82	30,02	3,81	16,54	20,49	35,88	37,09	2584,3
Kök	29,25	98,66	2,53	12,08	2,45	8,89	10,88	24,80	67,70	2903,3
Bütün halde	27,06	93,75	2,61	13,35	2,59	9,43	12,04	25,15	65,77	2891,3

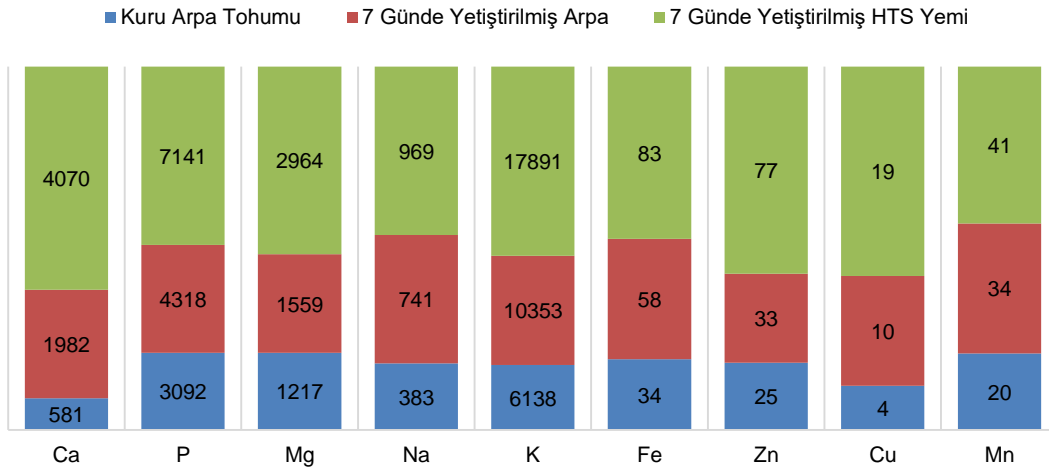
Kutlu, (2012), KM: kuru madde, HK: ham kül, HP: ham protein, HY:ham yağ, HS: ham selüloz, ADF: asit çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler, NDF: nötr çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler, NÖM: azotsuz öz maddeler, ME: metabolize edilebilir enerji (kkal/kg KM), \*:doğal halde. \*\*:havada kuru



Şekil 1 Hidroponik tarım sisteminde arpanın çimlenme aşamaları (URL 3)



Şekil 2 Hidroponik tarım sisteminde yetişen arpa ile normal ekim yapılan arpa ve kuru arpa tohumunun kimyasal bileşimi (URL 2)



Şekil 3 Hidroponik tarım sisteminde yetişen arpa ile normal ekim yapılan arpa ve kuru arpa tohumunun mineral madde içerikleri (URL 2)

Apranın çimlendirilmesi aşamasında besin madde içeriğinde bazı değişimler olduğu bilinmektedir. Buna göre arpanın HTS ile 8. günlük çimlenmesi sonrasında HP içeriği %12'den %19,8'e; HS içeriği %3,5'tan %8,0'e; NDF içeriği %13,0'ten %35,0'e; ADF içeriği %6,0'dan %11,0'e ve HK içeriği ise %2,2'den 3,6'ya artış göstermiştir (Saidi ve Omar, 2015). Buğdayın HTS ile çimlenmesinde ise tanede %10,8 olan HP içeriği %13,5'ye yükselmiş (Sharif ve ark., 2013) olup, arpaya göre daha düşük düzeyde kaldığı görülmektedir. Çimlendirilmiş arpada kuru madde sindirilebilirliğinin çimlenme süresi uzadıkça düştüğü, 4. günde 8. güne göre kuru madde sindirilebilirliğinin daha yüksek olduğu bildirilmektedir (Peer ve Leeson, 1985). *İn vitro* sindirilebilirliklerin 6-8 günlük çimlendirme sonrasında %72-74 arasında (Mansbridge ve Gooch, 1985), *in vivo* sindirilebilirliklerin %73-76 arasında ve ME'nin ise 12,2 MJ/kg KM olduğu belirlenmiştir (Cuddeford, 1989).

Çimlendirilmiş arpa tohumlarının besleme değerini belirlemek için yapılan bir çalışmada: Kuru arpa danesi, 7 günde yetiştirilmiş arpa ve 7 günde yetiştirilmiş (HTS) arpa taze yemleri (Şekil 2 ve 3) kullanılmıştır. Yemler; kimyasal bileşimleri ve mineral madde içerikleri bakımından karşılaştırılmıştır (URL 2).

Hidroponik tarım sistemi ile çimlendirilmiş arpa taze yemlerinin, %29,5'lük ham protein içeriği, geniş getiren yükek verimli hayvanlar için oldukça önemli bir seviyededir. HTS yemleri, inekler ve atlar için uygun yoğunlukta birçok mineral madde içermektedir. Ayrıca, selenyum içeriği yok denecek kadar azdır (URL, 2). Bununla birlikte 3-5 cm halinde kıyıldıktan sonra silajlarının yapılabiliceği de bildirilmiştir (Kutlu, 2012).

### Çimlendirilmiş Yemlerinin Kullanım Alanları

Çimlendirilmiş taze arpa filizleri ve kökleri; büyükbaş hayvanlar, atlar, koyunlar, tavuklar ve develer de dahil olmak üzere bir çok hayvanın beslenmesinde rahatlıkla kullanılabilir. Özellikle geviş getiren hayvanların sindirim sistemi, en çok yeşil ve taze yemleri sindirirken verimli bir şekilde çalışır.

#### *Atların Beslenmesinde Kullanımı*

Çalıştırılan atlar, harcanan enerji dolayısıyla serbest radikallerden kaynaklanan oksidasyona tabidir. Oksidatif stres karşısında kullanılabilir en iyi doğal ürünün, taze ve yapraklı bitkilerde bulunan antioksidanlar olduğu kabul edilmekte olup, çimlendirilmiş taze yemler ayrıca serin ve nemli olmaları dolayısıyla; çalıştırılan atların beslenmesinde kullanılabilir ideal yemlerdir. Bu yemlerde yüksek oranda sindirilebilir lif bulunmakta ve bu lifler bağırsak florasını destekleyen uçucu yağ asitlerine dönüşmekte ve enerji kaynağı olarak emilmektedirler. Aşırı enerji sarfiyatından hemen sonra, atlar tarafından bu yemler güvenle tüketilebilir. Ayrıca çimlendirilmiş taze yemler karotenoid, antioksidan, folik asit ve Omega-3 yağlı asitlerinin yanı sıra önemli bir klorofil kaynağıdır. İlaveten, azami besin değeri için temiz besleyici kök kütle ve yumuşak tohumlar içerir, dehidrasyonu azaltır ve ihtiyaç duyulan saman oranını düşürürler. Kök kısmı, tamponlama özelliği dolayısıyla, atlarda sık görülen mide ülserini engellemesi bakımından önem taşımaktadır (URL 2).

#### *Ruminant Hayvanların Beslenmesinde Kullanımı*

Çimlendirilmiş yemler; gür ve yumuşak yapraklara, besleyici kök yapısına sahip olduğundan özellikle kök kısmının tüketilmesi, tükürük üretimini artırarak rumenin tamponlama özelliğini artırmaktadır. Hidroponik tarım sistemi ile yetiştirilmiş 1 haftalık arpa taze yemlerinin hayvanların refahına olumlu katkıları bulunduğu, sindirilebilirlikleri artırdığı, süt verimi (%8,7-10) ve sütteki yağ oranını (%14) artırdığı bilinmektedir (Sneath ve McIntosh, 2003; Sharif ve ark., 2013). Ayrıca, hastalıklara karşı direnci artırdığı, döl tutma oranını artırdığı ve çimlendirme ile A ve E vitaminlerinde artış görüldüğü bilinmektedir (Atıcı, 2012). Çimlendirilmiş arpa taze yemi; kan dolaşımındaki kırmızı kan hücre sayısını artırır böylece, kan içerisindeki oksijenin artmasıyla birlikte hayvanlar, su kaynağına kadar yürümek gibi günlük aktivitelerinde daha az enerji harcamakta ve daha fazla performans sergileyebilmektedirler (URL 2).

Genel olarak besideki sığırların rasyonlarında artan miktarlarda çimlendirilmiş taze arpa yemi kullanıldığında KM, OM, HP ve NDF sindirilebilirliklerinin arttığı bilinmektedir (Lardy ve ark., 2004). Buzağı besisinde tane arpa yemi ile 6 günlük dönemler halinde çimlendirilmiş arpa kaba yemi karşılaştırılmıştır. Toplam rasyon kuru maddesinin %22,8'i kadar kullanılan çimlendirilmiş arpa kaba yeminden aynı miktarda kullanılan arpa tanesine göre 4,5 kat daha fazla yeşil yem elde edildiği belirlenmiştir. Ayrıca, buzağı besisinde arpa tanesi ile çimlendirilmiş arpa kaba yeminin canlı ağırlık artışı üzerine benzer etkilerinin olduğu ve buzağı beslemede arpa tanesinin tercih edilmesi gerektiği bildirilmiştir (Fazaeli ve ark., 2011).

Sığırların beslenmesinde 15,4 kg ya da buna eşdeğer 1,8 kg kuru maddeyi karşılayacak kadar çimlendirilmiş taze yem verilmesinin hayvanların performansını iyileştirdiği bildirilmektedir (Tudor ve ark., 2003). Yüksek oranlarda çözünebilir şeker ve nişasta içeriğiyle birlikte nispeten düşük ADF ve NDF değerlerine sahip olması, rumen fermentasyonunu olumlu etkilemekte ve bu sayede de süt üretimi ile büyüme için sürekli enerji sağlanmaktadır (URL, 2).

Sulser (2015) koçlarda ve koyunlarda çimlendirilmiş arpa kaba yemini, kontrol grubu (yonca kuru otu ve karışık arpa-mısır tanesinden oluşan) rasyonuna ilave ettiklerinde hayvanların canlı ağırlık artışlarındaki farklılığın önemsiz olduğunu, ancak çimlendirilmiş arpa tüketen grupların daha fazla kuru madde tükettiklerini, rasyon maliyetinin ise kontrol grubunda 0,54\$/gün iken çimlendirilmiş arpa tüketen grup için 0,96\$ olduğunu bildirmiştir. Buna göre; HTS ile üretilen taze kaba yemlerin koyun ve koçların rasyonlarına yonca kuru otu ya da tahılların yerine kullanılması durumunda gerek rasyon maliyeti gerekse günlük canlı ağırlık artışı bakımından olumsuz sonuçlar verdiği ve bu konuda yapılan çalışmaların artarak devam etmesi gereği vurgulanmıştır.

Koyunlarda TMR ile beslenen gruplarda buğday otu yerine HTS ile üretilen arpa yeşil yemi ikame edildiğinde; yem tüketimi, canlı ağırlık değişimi, süt verimi ve kompozisyonunun etkilenmediği ancak, çimlendirilmiş arpa ile beslemede hayvanların daha sağlıklı olduğu, gebelik oranının ve ölüm oranının pozitif yönde etkilendiği görülmüştür (Saidi ve Omar, 2015).

### *Diğer Hayvanların Beslenmesinde Kullanımı*

Çimlendirilmiş yemler tavuklar, hindiler, kazlar vb. kanatlı hayvanların beslenmesinde de kullanılabilir. Otlığa erişimin mümkün olmadığı bazı durumlarda, kimi tavuk yetiştiricileri vitamin temini için çimlenen tohumları kullanmaktadır. Çimlenme, tohumda bulunan beta karoten (vitamin A) miktarını arttırabilmekte ve sertifikalı organik kanatlı yetiştiriciliğinde yıl boyu var olan bir kaynak olarak, yemde kullanılması gereken sentetik vitamin miktarını azaltmak için avantaj sağlayabilmektedir. Ayrıca çimlendirilmiş yemleri yemeleri halinde kesilen tavukların derilerinin daha sarı renkte olduğu ve bunların yumurta sarılarının daha koyu renkte oldukları görülebilmektedir (URL 4). Etlik piliçlerde çimlendirilmiş arpa kullanımı besin maddeleri sindirilebilirliğini yükseltmiş ve canlı ağırlık artışını %8 artırmıştır. Yumurtacı tavukların diyetlerine katıldığında ise yumurta üretimini düşürdüğü bildirilmektedir (Sharif ve ark., 2013).

### **HTS ile Üretilen Yemlerin Ekonomik Açından Değerlendirilmesi**

Günümüzde üzerinde yeterince çalışılmayan bir konu olduğu ve yaygın kullanımı olmadığı için hayvan besleme açısından bu yemlere şüphe ile yaklaşmaktadır. Ekonomik açıdan çimlendirilmiş arpa üretiminin avantajlı olduğunu bildiren çalışmalar yanında, avantajlı olmadığını bildiren çalışmalara da rastlanılmaktadır. HTS ile çimlendirilmiş taze kaba yem üretiminde yeşil yem, kuru madde ve protein verimlerinin yanında, sindirilebilirlik, metabolik enerji değeri, vitamin ve mineral madde içeriği, enerji ve işçilik giderleri, sistemin çalıştırılması için gerekli nitelikli eleman varlığı, yatırım maliyetleri, faiz ve amortisman giderleri, işletme büyüklükleri, arazi ve su imkanları, iklim, hayvan performansı, döl tutma oranı ve nihai ürün kalitesi gibi etkilerin göz önüne alınarak maliyet analizleri yapılmalıdır.

Hidroponik tarım sistemi ekonomik açıdan değerlendirildiğinde; arpanın fiyatının 70 kuruş/kg olduğu dikkate alınırsa kuru madde bazında 1 kg sindirilebilir kaba yemin 50-60 kuruşa mal olduğu ortaya çıkmaktadır. Yeşil yem üretiminin maliyeti ise enerji ve su giderleriyle birlikte 10 kuruşun altına düşmektedir. Ayrıca, arpanın HTS ile çimlendirilmesiyle enerji içeriği her kg KM başına 11,8 MJ den 13 MJ değerine ulaşırken, kuru madde içeriği %17'den %88,1'e yükselmiş ve arpa danesi yerine çimlendirilmiş arpa kaba yemi kullanımında hayvan başına 0,46\$/gün, yılda 167,90\$ kazanç sağlanabileceği bildirilmiştir (URL, 1). Günlük taze yeşil yem üretiminde kullanılan çimlenme gücü yüksek 1 kg arpadan 7 günde kuru madde oranı %16-21, ham protein oranı %17-22, sindirilebilirliği % 98'e varan, 6-10 kg kadar yeşil yem ve 0,9-1,1 kg arasında kuru madde üretilebilmektedir. Bu durum kaba yemini dışarıdan satın almak zorunda olan işletmeler için önemli bir alternatif kaba yem temin etme aracını oluşturmakta; araziye ve piyasaya bağımlılığı ortadan kaldırmaktadır (Kruglyakov, 1989; Mukhopad, 1994; Baytekin, 2015). Taze yeşil yem üretimi bakımından; yılda 300 ton üretim için 50 m<sup>2</sup> yer yeterlidir. Hidroponik tarım sistemi için 130 m<sup>2</sup> alanda bir

yılda elde edilen yeşil yem üretimi, 120 ha tarlada üretime eşdeğerdir (Karaşahin, 2014). Normal şartlarda, her bir büyükbaş hayvanın kaba yem ihtiyacını karşılamak için 2,5 dekar arazi olması istenilmektedir. Bu sayede işletmeler; arazi kullanma ve kiralama külfetinden kurtulmakta ve söz konusu arazinin başka ürünlerin yetiştirilmesi için kullanımıyla ekonomik açıdan önemli katkılar (%35-45 tasarruf) sağlamaktadır (Atıcı, 2012).

Hidroponik tarım sisteminin kurulum maliyetinin yaklaşık 16 aylık etkin kullanımla karşılanabileceği bildirilmektedir. Bununla birlikte, HTS ile üretilen taze kaba yemlerin sindirilebilirliği yüksek olduğu için kesif yem kullanımını azaltırken süt verimini de artırmaktadır. Bu bakımdan da hayvan başına günlük 4-5 TL ekonomik katkısı olduğu bildirilmektedir (Baytekin, 2015). Ancak, sistemin ilk kuruluş maliyetinin yanı sıra enerji giderlerinin de dikkate alınması gerekmektedir. Nitekim her işletmede benzer sonuçlar elde edilemediği ve bazı işletmelerde sistemde meydana gelecek aksaklıklar dolayısıyla üretimin durması ya da bitki boyunun 7 günde istenilen uzunluğa erişememesi, HTS sisteminde kullanılan enerjinin oldukça maliyetli olduğu ve çimlenme süresinin 7 günden uzun olduğu uygulamalarda görülebilmektedir. Bazı kullanıcılar bu sürenin 15 günü bulduğunu dahi belirtmektedirler. Hasat süresinin uzaması enerji ve su giderlerini de artırabilmekte olup, üretim masrafını yükseltebilmektedir. Pratik uygulamalarda sistemin, teorikte ya da ön denemelerde olduğu gibi çalışmadığı ve kullanıcıların şikayetlerinin çokluğu dikkati çekmektedir. Özellikle elektrik ücretinin fazlalığı dolayısıyla maliyetin arttığı ileri sürülmektedir.

Çimlendirilmiş taze yeşil yem üretimi üzerine yapılan maliyet analizlerinin yeşil yem üretimi dikkate alındığında ekonomik olduğu; kuru madde verimi dikkate alındığında ise yüksek maliyetli olduğu bildirilmiştir (Karaşahin, 2014). Ancak, standart sürede yetiştirme sorunu görülmeyen işletmelerde ekonomik olacağı düşünülmektedir. Bununla birlikte, sistemin günümüzde hayvancılık işletmelerinde kullanımının ekonomik olmayacağı (Fazaeli ve ark., 2012) ve çimlendirmede maliyetin %24 (Fazaeli ve ark., 2011) ya da %70'e kadar (Sulser, 2015) daha fazla olduğu belirtilirken, diğer yandan TMR oluşturmada koyunların diyetine çimlendirilmiş arpa ikamesiyle rasyon maliyetinin %42 kadar daha ucuzlayacağı bildirilmektedir (Saidi ve Omar, 2015).

Çimlendirilmiş taze yemleri, arpa tanesi ya da çimlendirmede kullanılan diğer yemlerin tanesine alternatif olarak görmek ve bunlarla ekonomik açıdan karşılaştırmak HTS'nin üretim amacına (kaba yem üretimi) uygun değildir. Bununla birlikte, silajların yerine doğrudan ikame edilebilecek çimlendirilmiş taze yeşil yem kullanımı, satın alınan silaja göre %50 tasarruf sağlamaktadır (Baytekin, 2015). Nitekim alternatif olabileceği yemler arasında silajların yanısıra; taze yeşil yemler ve kuru otlarda yer almaktadır.

### **Sonuç**

Hidroponik tarım sisteminde çimlendirilmiş taze yeşil yemin, o yemin tohumuyla (tanesiyle) karşılaştırılması asla yapılmamalıdır. Çünkü, HTS ile taze yeşil yem üretiminin amacı, özellikle kış aylarında hayvanların kaba

yem ihtiyaçlarının karşılanmasına katkıda bulunmaktadır. Bu sitemin uygulanmasında bilinçli ve teknik donanımlı kalifiye elemanlara ve yapılacak ekonomik analize büyük iş düşmektedir. Aksi halde, istenilen başarının yakalanması zor görülmektedir. Literatür araştırmalarında da görüldüğü gibi, HTS ile üretilmiş taze yeşil yemlerin olumlu ve olumsuz sonuçlarının alındığı çalışmalar ve uygulamalar bulunmaktadır. Yapılan farklı araştırmalarda elde edilen sonuçların farklı olmasının sebebi kullanılan tohum çeşiti, metrekaireye atılan tohum miktarı, sulama, ışıklandırma, kullanılan besin solüsyonlarının farklılığı, farklı nem ve sıcaklık uygulaması gibi faktörlere bağlanabilir. Bununla beraber, günümüzde HTS'nin Ar-Ge çalışmaları ve kullanımının yaygınlaşma aşamasında olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak, yapılacak ekonomik analiz sonuçlarına ve piyasa şartlarına göre HTS ile yeşil yem üretimine karar verilmelidir. Etkin ve ekonomik olarak çalışan sistemlerde HTS kullanımını ile kaba yem açığının kapatılabileceği; ruminant rasyonlarında tek başına kaba yem kaynağı olarak kullanılmaması, kuru otlarla birlikte verilmesi önerilmekte olup, silajlarının da yapılabileceği dikkate alınmalıdır.

## Kaynaklar

- Akbağ HI, Türkmen OS, Baytekin H, Yurtman İY. 2014. Effects of Harvesting Time on Nutritional Value of Hydroponic Barley Production.. Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences Special Issue: 2: 1761 – 1765.
- Al Ajmi A, Salih AA, Kadim I, Othman Y. 2009. Yield and water use efficiency of barley fodder produced under hydroponic system in GCC countries using tertiary treated sewage effluents. Journal of phytology. 1(5) 342-348.
- Al-Karaki G, Al-Hashimi M. 2012. Green Fodder Production and Water Use Efficiency of Some Forage Crops Under Hydroponic Conditions. ISRN Agronomy, 10: 1-5.
- Ateş S, Nefzaoui A, Keles G. 2013. Batı Asya-Kuzey Afrika'da Entegre Bitkisel-Hayvansal Üretim Sistemlerinde Mera ve Kaba Yem Kaynaklarının Rolü ve Yönetimi. VII. Ulusal Hayvan Besleme Kongresi (Uluslararası Katılımlı), 26 - 27 Eylül, Ankara. Sayfa: 29-37.
- Atıcı KD. 2012. Hasılatmatik yem derdini ortadan kaldırıyor. Tarım Gündem Dergisi, Sayı 9 (Temmuz-Ağustos), Sayfa:96-97.
- Baytekin H. 2015. Kaba yeme alternatif lazım. Erişim adresi: <http://bigagunlugu.com/yazarDetay.aspx?yazarID=5&haberID=3987> Erişim tarihi: 01.04.2015
- Chung TY, Nwokolo EN, Sim, JS. 1989. Compositional and Digestibility Changes in Sprouted Barley and Canola Seeds. Plant Foods for Human Nutrition, 39, 267-278. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01091937>
- Cuddeford D. 1989. Hydroponic grass. In Practice, 11(5): 211-214.
- Dung DD, Godwin IR, Nolan JV. 2010. Nutrient content and in sacco digestibility of barley grain and sprouted barley. J. Anim. Vet. Adv. 9 (19): 2485-2492.
- Fazaeli H, Golmohammadi HA, Shoayee AA, Montajebi N, Mosharraf SH. 2011. Performance of Feedlot Calves Fed Hydroponics Fodder Barley. J. Agr. Sci. Tech. (2011) Vol. 13: 367-375
- Fazaeli H, Golmohammadi HA, Tabatabayee SN, Asghari-Tabrizi M. 2012. Productivity and nutritive value of barley green fodder yield in hydroponic system. World Appl. Sci. J. 16 (4): 531-539.
- Güleçyüz E, Kılıç Ü. 2016. Kaba yemlerin peletlenmesi ve ruminant beslemede kullanılabilirliği. 12. Ulusal Zooteknik Öğrenci Kongresi, 9-11 Mayıs 2016. Sayfa: 138. Isparta.
- Karashaşin M. 2014. Kaba Yem Kaynağı Olarak Hidroponik Arpa Çimi Üretiminde Kuru Madde ve Ham Protein Verimleri Üzerine Farklı Uygulamaların Etkileri. SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 9 (1):27-33.
- Kruglyakov Yu A. 1989. Construction of equipment for growing green fodder by a hydroponic technique. Traktory-I Sel'skokhozyaistvennye Mashiny, 6: 24-27.
- Kutlu HR. 2012. General evaluation and conclusion of barley greengrass, radicle and mat whole. Feed Analyses Report. [http://www.gfsturkiye.com/eng/?page\\_id=138](http://www.gfsturkiye.com/eng/?page_id=138) Erişim: 15.06.2016
- Lardy GP, Ulmer DN, Anderson VL, Caton JS. 2004. Effects of Increasing Level of Supplemental Barley on Forage Intake, Digestibility, and Ruminant Fermentation in Steers Fed Medium-Quality Grass Hay. J Anim Sci, 82:3662-3668.
- Mansbridge RJ, Gooch BJ. 1985. A nutritional assesment of hydroponically grown barley for ruminants. Animal Production, 40:569-570.
- Marsico G, Micera E, Dimatteo S, Minuti F, Vicenti A, Zarrilli A. 2009. Evaluation of Animal Welfare and Milk Production of Goat Fed on Diet Containing Hydroponically Germinating Seeds. Ital. J. Anim. Sci., 8(2): 625-627.
- Micera E, Ragni M, Minuti F, Rubino G, Marsico G, Zarrilli A. 2009. Improvement of Sheep Welfare and Milk Production Fed on Diet Containing Hydroponically Germinating Seeds. Ital. J. Anim. Sci., 8(2): 634-636.
- Mukhopad Yu. 1994. Cultivating green forage and vegetables in the Buryat Republic. Mezhdunarodnyi Sel'skokhozyaistvennyi Zhurnal, 6(1):51-52.
- Myers JR. 1974. Feeding Livestock From The Hydroponic Garden. M. Sci. Thesis, Arizona State University, p 101, Arizona-USA.
- Özcan U. 2015. Topraksız tarım teknolojisi ile çimlendirilmiş kaba yem üretimi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek lisans semineri. Samsun
- Peer DJ, Leeson S. 1985. Nutrient content of hydroponically sprouted barley. Animal Feed Science and Technology. 13: 191-202.
- Rodriguez-Muela C, Rodriguez HE, Ruiz O, Flores A, Grado JA, Arzola C. 2004. Use of green fodder produced in hydroponic system as supplement for lactating cows during the dry season. In the Proceeding of the American Society of Animal Science, pp: 271-274.
- Saidi ARM, Omar JA. 2015. The Biological and Economical Feasibility of Feeding Barley Green Fodder to Lactating Awassi Ewes. Open Journal of Animal Sciences, 5(02), 99
- Sharif M, Hussain A, Subhani M. 2013. Use of sprouted grains in the diets of poultry and ruminants Indian Journal of Research. 2(10):4-7
- Sneath R, McIntosh F. 2003. Review of hydroponic fodder production for beef cattle. Queensland Government, Department of Primary Industries, Dalby, Queensland.
- Sulser A. 2015. Hydroponic barley fodder feed tests on replacement rams and ewes. Journal of the Nacaa. 8(2). Erişim: <http://www.nacaa.com/journal/index.php?jid=515> Erişim: 15.06.2016
- Tudor G, Darcy T, Smith P, Shallcross F. 2003. The intake and live weight change of drought master steers fed hydroponically grown, young sprouted barley fodder (Auto Grass). Department of Agriculture Western Australia.
- URL 1. GFS Besin Değerleri., Erişim adresi: [http://gfsturkiye.com/tr/?page\\_id=324](http://gfsturkiye.com/tr/?page_id=324) Erişim: 05.05.2015
- URL 2. Nutritional Data. [http://www.gfsturkiye.com/eng/?page\\_id=145](http://www.gfsturkiye.com/eng/?page_id=145) Erişim: 15.06.2016
- URL 3. İklim koşullarına bağlı kalmaksızın yılın 365 günü taze yeşil yem. Erişim adresi: <http://gfsturkiye.com/tr/wp-content/uploads/Sunu1.pdf> Erişim: 14.08.2016
- URL 4. Tavukların en iyi sağlık ve en yüksek performansla yönelik olarak beslenmesi. Erişim adresi: <http://hayvancilikakademisi.com/egitim/yazarlar-egitim/tavuklarin-en-iyi-saglik-ve-en-yuksek-performansa-yonelik-olarak-beslenmesi/> Erişim: 12.05.2016