



Japon Bildircını Diyetlerine Betain İlavésinin Büyüme Performansı, Karkas ve Duodenum Villus Uzunluğu Üzerine Etkisi

Mükremin ÖLMEZ

Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları ABD, Kars, Türkiye

Geliş/Received: 14.04.2021

Kabul/Accepted: 26.05.2021

Yayın/Published: 30.09.2021

Atıf yapmak için: Ölmöz, M. (2021). Japon Bildircını Diyetlerine Betain İlavésinin Büyüme Performansı, Karkas ve Duodenum Villus Uzunluğu Üzerine Etkisi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(3), 390-394

How to cite: Ölmöz, M. (2021). Effects of Betain Using on Growth Performance, Carcass and Duodenum Villus Length in Japanese Quail Diets. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(3), 390-394.

<https://orcid.org/0000-0002-5003-3383>

***Sorumlu yazarın:**

Mükremin ÖLMEZ
Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi
Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları
ABD, Kars, Türkiye
✉: mukremin.olmez@hotmail.com

Öz: Bu çalışma bildircını diyetlerine ilave edilen betainin performans, karkas randımanı ve bazı iç organ ağırlıkları ile duodenum villus uzunlukları üzerine etkilerini incelemek amacı ile yapılmıştır. Deneme 1 günlük yaştaki 150 adet japon bildircını ile yürütülmüştür. Araştırmada hayvanlar 1 kontrol ve 2 deneme grubu olmak üzere toplam 3 gruba ayrılmıştır. Gruplar, her birinde 10 civciv bulunan 5 alt gruba ayrılmıştır. Denemede kontrol grubu sadece bazal diyetle beslenirken deneme gruplarına sırasıyla; %0,3 ve %0,8 betain HCL eklenmiştir. Deneme rasyonları izokalorik ve izonitrojenik olarak hazırlanmıştır. Hayvanlara yem ve su ad-libitum verilmiştir. Çalışma 35 gün sürdürülmüştür. Elde edilen verilere göre betainin bildircını diyetlerine ilavesiyle canlı ağırlık, canlı ağırlık artışı, yem tüketimi, yemden yararlanma oranı ile duodenum villus uzunluğu üzerine istatistiksel olarak olumlu etkiler gösterdiği belirlenmiştir ($P < 0,05$). Karkas randımanı ve bazı iç organ ağırlıkları üzerine etkisinin olmadığı tespit edilmiştir ($P > 0,05$). Sonuç olarak; bildircını diyetlerine %0,8 düzeyinde betain ilavesinin büyüme performansı ve bağırsak sağlığını iyileştirdiği ve güvenle kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Betain, bildircını, karkas, performans, villus.

Effects of Betain Using on Growth Performance, Carcass and Duodenum Villus Length in Japanese Quail Diets

Abstract: This study was aimed to examine the effects of betaine supplemented to quail diets on performance, carcass yield and some visceral weights and duodenal villus lengths. The study was conducted with 150 one-day-old Japanese quails. In the study, animals were equally divided into 3 groups as 1 control and 2 experimental groups. Groups were divided into 5 subgroups of 10 chicks each. While the control group was fed only basal diet, the experimental groups were fed with; 0.3% and 0.8% betaine HCL were added in the trial. Diets were prepared as isocaloric and isonitrogenic. Feed and water were supplied ad-libitum. The study was lasted for 35 days. According to the data obtained, betaine was found to have statistically positive effects on body weight, body weight gain, feed consumption, feed conversion rate and duodenal villus length with the supplementation of quail diets ($P < 0.05$). It was found that it had no effect on the carcass yield and some visceral weights ($P > 0.05$). It was concluded that 0.8% betaine supplementation to quail diets improved growth performance and intestinal health and could be used safely.

***Corresponding author's:**

Mükremin ÖLMEZ
Division of Animal Nutrition and Nutritional
Diseases, Faculty of Veterinary, Kafkas
University, KARS, Turkey
✉: mukremin.olmez@hotmail.com

Keywords: Betaine, carcass, quail, performance, villus.

GİRİŞ

Betain, protein ve enerji metabolizmasında önemli rol oynayan üç metil grubundan oluşan amino asit türevidir (Ratriyanto vd., 2009). Kanatlı organizmasında betain metil donörü ve ozmoprotektan olarak iki önemli fonksiyona sahiptir (Metzler-Zebeli vd., 2009). Bunun yanında betainin sindirim kanalındaki besin maddelerinin sindirilebilirliğini arttırdığı bilinmektedir (Eklund vd., 2006). Betain, kolin ve metiyonin çiftlik hayvanlarının rasyonlarında 3-metil grubu sağlayıcılarıdır. Metiyonin protein sentezinde birincil kaynak olarak kullanılırken geri kalan kısmı metil grubu reaksiyonlarında değerlendirilmektedir (DasSarma vd., 2006). Kolin, asetilkolinin sentezinde kullanıldıktan sonra geri kalanı betain molekülüne dönüştürülmektedir (Niculescu & Zeisel, 2002). Betain, metiyonin metabolizmasının oluşturduğu homosisteine metil grubu vererek transsülfürasyon ile metiyonin veya sisteine dönüşmesini sağlar. Betain metiyonin dönüşümüyle protein sentezinin artmasını ve böylece kanatlılarda büyüme performansının daha yüksek olmasını sağlayabilmektedir (Rao vd., 2011). Hayvan beslemede karma yemlere betain ilavesinin kolin ve metiyonin ihtiyacını azalttığı, kolin ve metiyonin yararlanabilirliğini arttırdığı belirtilmiştir (Eklund vd., 2005). Kanatlı diyetlerine betain ilavesinin canlı ağırlığı ve yemden yararlanma oranını iyileştirdiği bildirilmekle birlikte Ayrıca mineral emilimini ve kasların su tutma kapasitesini arttırarak canlı ağırlık ve karkas ağırlığını arttırdığı da tespit edilmiştir (Esteve-Garcia & Mack, 2000).

Betainin hücrede birikmesi, ozmotik dengenin daha az enerji ile kurulmasını sağlamaktadır (Remus, 2001). Betain ozmotik etkisiyle bağırsak epitel hücrelerini koruyarak villus gelişimini desteklediği ve bağırsakta bulunan mikroorganizmaları destekleyerek besin maddelerinin sindirilebilirliğini arttırmaktadır (Dos Santos vd., 2019; Ratriyanto vd., 2017).

Bu çalışmada Japon bıldırcın diyetlerine farklı düzeylerde ilave edilen betainin büyüme performansı, karkas, iç organ ağırlıkları ve duodenum villus uzunlukları üzerine etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Hayvanlar, Deneme Dizaynı ve Yem: Bu çalışma Kafkas Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'nun KAÜ-HADYEK/2020-159 kodlu onayıyla yapıldı. Çalışma 35 gün sürdürüldü. Hayvan materyali olarak bir günlük yaşta 150 adet Japon bıldırcını (*Coturnix coturnix japonica*) kullanıldı. Çalışma 1 kontrol ve 2 deneme olmak üzere üç gruba yürütüldü. Her bir deneme grubu içerisinde on hayvan bulunan beş alt gruba ayrıldı. Araştırmada kontrol grubuna bazal diyet verilirken deneme

grubu diyetlerine %0,3 ve %0,8 betain HCL ilave edildi. Her alt gruptaki bıldırcınlar 60×20×100 cm ölçülerine sahip türe özel olarak düzenlenmiş kafeslerde barındırıldı. Çalışmadaki tüm gruplar %24 HP ve 2950 kcal/kg ME içeren diyetle beslendi (Tablo 1). Diyet formülasyonu NRC'ye göre hazırlandı (Dale, 1994) ve AOAC'ye göre besin madde analizleri yapıldı (AOAC, 2019). Hayvanlara yem ve su *ad libitum* olarak sunuldu. Çalışma süresince tüm hayvanlar ilk üç gün boyunca 32-33 °C sıcaklıkta tutulduktan sonra sıcaklık her hafta 1-2 °C düşürülerek 25 °C'ye sabitlendi. Kafeslere 24 saat/gün aydınlatma sağlandı. Araştırmada kullanılan betain özel bir ticari firmadan (Betamar®, Vimar A.Ş.- İstanbul) tedarik edildi.

Tablo 1. Beslemede kullanılan rasyonun besin madde ve kimyasal analiz içeriği.

Table 1. Nutrient and chemical analysis content of the diet.

İçindekiler	%
Mısır	56,11
Soya küspesi (%48 HP)	40,20
Bitkisel yağ	1,00
Mermer tozu	1,33
Dikalsiyum fosfat	0,60
Tuz	0,25
L-lizin sülfat	0,15
L-treonin	0,11
Vitamin - Mineral karışımı ¹	0,25
Toplam	100
Besin madde analizi	
Ham protein (%)	23,80
*Metabolize enerji (Kcal/kg)	2950
*Kalsiyum (%)	1,19
*Fosfor (%)	0,31
*Lizin (%)	1,33
*Metiyonin (%)	0,80
*Treonin (%)	1,02
*Triptofan (%)	0,33

*Hesapla bulunmuştur.

Performans: Canlı ağırlık (CA) ve yem tüketimi (YT) tüm alt gruplarda haftalık olarak belirlendi. Yapılan tartımlar sonucu elde edilen farklardan canlı ağırlık artışı (CAA) ve yemden yararlanma oranı (YYO) hesaplandı (YT/CAA).

Karkas Parametreleri: Denemenin sonunda, karkas özelliklerini incelemek için her gruptan rastgele 10 adet bıldırcın seçilip aç bırakıldıktan sonra tek tek tartılıp kesim ağırlıkları belirlenerek kesildi. Kesilen hayvanların kanı boşaltıldıktan sonra tüyler yolundu. İç organlar (kalp, karaciğer ve taşlık) çıkarılarak karkas ve iç organları tartılıp ağırlıkları belirlendi. Sıcak karkas randımanı hesaplandı.

Histolojik Analizler: Çalışma sonunda bıldırcınlardan alınan duodenum doku örnekleri %10'luk formol solüsyonunda tespit edildikten sonra rutin histolojik işlemlerden geçirilerek parafinde bloklandı. Bu bloklardan alınan 5µ'luk kesitlere duodenum dokusunun genel yapısını incelemek amacı ile Crossman'ın üçlü boyama tekniği (Triple Boyama) uygulandı (Luna, 1968). Tüm grupların duodenum dokusunda villus uzunluk ölçümleri için image-j (v1. 50i) software programı kullanıldı. Villus uzunluk ölçümleri her bir grupta 4 farklı kesitteki toplam

40 alandan yapıldı (Akgül vd., 2015).

İstatistik Analiz: Elde edilen performans ve karkas parametreleri ile villus uzunlukları SPSS 20.0 (IBM-USA) istatistik programında değerlendirildi. Gruplara ait sonuçlar arasındaki farklılık tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile belirlendi. Gruplar arasındaki ikili karşılaştırmalarda Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanıldı. Önemlilik $P < 0,05$ derecesinde belirlendi.

BULGULAR

Bıldırıcın diyetlerine betain ilavesinin performans üzerine etkileri Tablo 2' de verilmiştir. Deneme sonu CA, CAA, YT ve YYO betain içeren gruplarda istatistik olarak önemli derecede etkilenmiştir ($P < 0,05$).

Tablo 2. Betainin performans parametreleri üzerine etkisi
Table 2. Effect of betaine on performance parameters

Parametreler	Kontrol	B1	B2	P
Çikim, g	8,30±0,02	8,29±0,02	8,28±0,03	0,833
CA-35, gün, g	172,29±0,77 ^b	180,27±1,08 ^a	179,20±1,28 ^a	0,001
CAA, g/gün	4,69±0,02 ^b	4,91±0,03 ^a	4,88±0,04 ^a	0,001
YT, g/gün	16,45±0,11 ^b	17,07±0,11 ^a	16,79±0,15 ^{ab}	0,009
YYO, g/g	3,51±0,03 ^b	3,48±0,00 ^{ab}	3,44±0,00 ^a	0,016

CA: Canlı ağırlık, CAA: Canlı ağırlık artışı, YT: Yem tüketimi, YYO: Yemden yararlanma oranı.
^{ab}: Aynı satırda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($P < 0,05$).

Çalışma sonuçlarına göre karkas randımanı, kalp, karaciğer ve taşlık ağırlıkları betain ilavesinden etkilenmemiştir ($P > 0,05$) (Tablo 3).

Tablo 3. Betainin kesim parametreleri üzerine etkisi
Table 3. Effect of betaine on slaughter parameters

Parametreler	Kontrol	0,3% Betain	0,8% Betain	P
Karkas Randımanı, %	64,28±1,99	65,01±2,68	67,12±1,86	0,647
Kalp, g	1,66±0,07	1,52±0,04	1,51±0,08	0,716
Karaciğer, g	4,53±0,33	4,22±0,29	4,34±0,17	0,409
Taşlık, g	2,93±0,38	3,18±0,20	3,44±0,15	0,507

Histolojik parametreler incelendiğinde %0,8 düzeyinde betain HCL ilave edilen grupta duodenum villus uzunluğunun diğer gruplara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P < 0,05$) (Tablo 4).

Tablo 4. Betainin duodenum villus uzunluğu üzerine etkisi
Table 4. Effect of betaine on duodenal villus length

Parametre	Kontrol	0,3% Betain	0,8% Betain	P
Villus uzunluğu (µm)	1309,60±53,25 ^b	1214,09±59,68 ^b	1640,58±76,98 ^a	0,001

^{ab}: Aynı satırda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($P < 0,05$).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırma bıldırıcın diyetlerine ilave edilen betain katkısının CA, CAA, YT, YYO, karkas randımanı ve iç organ ağırlıkları ile duodenum villus uzunlukları üzerine olan etkilerini tespit etmek amacıyla yürütülmüştür.

Betain ilavesinin çalışma sonunda performans parametrelerini istatistik olarak önemli derecede iyileştirdiği bulunmuştur. Deneme sonu CA ve ortalama günlük CAA incelendiğinde betain ilave edilen iki grupta

da kontrol grubuna göre daha yüksek canlı ağırlık değerleri elde edilmiştir. Günlük ortalama en yüksek YT'nin %0,3 betain HCL içeren grupta olduğu belirlenirken en iyi YYO'nun ise %0,8 betain HCL içeren grupta olduğu tespit edilmiştir.

Sunulan çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde bazı çalışmalarla uyum içerisinde olduğu görülmüştür. Betainin etlik piliçlerde performans parametrelerinin değerlendirildiği bir çalışmada diyetle %0,8 düzeyinde ilavesinin CA ve CAA'yı arttırdığı bildirilmiştir (Şahin vd., 2020). Chand vd., (2017) ise etlik piliç diyetlerine betainin 2g/kg düzeyinde ilavesi ile YT ve YYO'yu olumlu düzeyde etkilediğini belirtmişlerdir. El-Husseiny, (2007) de broiler diyetlerine 0.75 g/kg düzeyinde betain ilavesinin YYO'yu iyileştirdiğini belirlemiştir. Mevcut çalışma sonuçları diğer bazı literatür bildirişleriyle de benzerlik göstermiştir (Liu vd., 2019; Sakomura vd., 2013b). Araştırmalardan elde edilen performans parametrelerinde görülen iyileşmenin betainin etkisiyle artan besin madde sindiriminden kaynaklanabileceği ifade edilmiştir (Sakomura vd., 2013b). Yine betainin enerji ve protein metabolizmasını etkileyerek büyüme performansını destekleyebileceği tespit edilmiştir (Eklund vd., 2005).

Waldroup vd., (2006)'nin betain ilavesiyle performans parametrelerinde herhangi bir değişiklik olmadığı yönündeki bildirişi ile Schutte vd., (1997)'nin betainin etlik piliçlerde performansı düşürdüğü yönündeki bildirişi mevcut çalışma sonuçları ile farklılık arz etmiştir. Betainin etkinliğinde görülen farklılıkların rasyonların protein ve enerji içeriğine bağlı olabileceği bildirilmiştir (Lawrence vd., 2002).

Yapılan araştırmalarda betain ilavesinin karkas randımanı ile kalp, karaciğer ve taşlık ağırlıkları üzerine etkisinin olmadığını bildiren sonuçlar mevcut çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir (El-Shinnawy, 2015; Şahin vd., 2020). Benzer şekilde Uzunoğlu ve Yalcin, (2019) betain ilavesinin etlik piliçlerde karkas randımanını etkilemediğini bildirmişlerdir. Bu çalışmaların aksine betain ilavesinin su tutma kapasitesini artırarak, karkas randımanını yükselttiği yönünde araştırma sonuçları da bulunmaktadır (Chand vd., 2017; Waldroup & Fritts, 2005). Başka bir çalışmada ise etlik piliçlerde betain ilavesinin karkas randımanını arttırdığı, ancak karaciğer üzerine olumsuz etki gösterdiği belirlenmiştir (Jahanian & Rahmani, 2008). Etlik piliçlerde yapılan bir çalışmada ise betainin 100 mg/kg düzeyinde ilavesinin karkas randımanı üzerine iyileştirici etki gösterdiği tespit edilmiştir (Esteve-Garcia & Mack, 2000). Sonuçlarda görülen farklılıkların beslenme şartlarıyla birlikte betainin kullanım dozu ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Bağırsaklarda görülebilecek bozukluklar veya

hasarlar besinlerin emiliminin azalmasına, epitel geçirgenliğinin artmasına, hastalıklara karşı direncin azalmasına ve bunun sonucunda da kanatlılarda performansın düşmesine yol açmaktadır (Wijtten vd., 2011). Bu açıdan bakıldığında bağırsak morfolojisi genel anlamda bağırsak sağlığı hakkında araştırmalara ışık tutabilmektedir. Bağırsak villus bütünlüğünün ve epitel hücrelerinin aktivitesinin korunması patojen mikroorganizmaların girişini önleyeceğinden bağırsak sağlığının iyileştirilmesinde önemli rol oynamaktadır (Wang vd., 2020). Nitekim mevcut çalışmada, betain ilavesinin duodenum villus uzunluğunu arttırdığı belirlenmiştir. Bağırsaklarda betain birikimi, enterositlerin su tutma kapasitesini geliştirdiğinden bağırsak epitel hücrelerinin yapısının korunmasında etkili olduğu ve kanatlılarda bağırsağın gerilme mukavemetini artırarak villus uzunluğunu olumlu etkilediği ortaya konmuştur (Kettunen vd., 2001a). Betainin bu sayede kanatlılarda besin emilimini ve yemden yararlanma oranını arttırarak performansı iyileştirdiği düşünülmektedir. Dos Santos vd., (2019) etlik piliçlerde betain ilavesinin, duodenum villus genişliğini azaltıp, uzunluğunu arttırdığını bunun da duodenumda emilim kapasitesini iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada ise betainin iyonofor antikoksidiyallerle birlikte kullanımının bağırsak sağlığını koruduğu belirtilmiştir (Kettunen vd., 2001b). Eklund vd., (2005) betainin etlik piliçlerde bağırsak villus bütünlüğünü koruyarak daha iyi besin emilimi ve sindirilebilirlik sağladığını tespit etmişlerdir. Betainin ısı stresi altındaki etlik piliçlerde villus uzunluğunu etkilemediğini bildiren çalışmalar da bulunmaktadır (Sakomura vd., 2013a). Ortaya çıkan bu farklılığın oluşturulan ısı stresinin boyutu ve süresi ile diyete katılan betain düzeyine bağlı olabileceğini düşündürmüştür.

Sonuç olarak; betain %0,8 düzeyinde canlı ağırlık, canlı ağırlık artışı, yemden yararlanma oranı ve duodenum villus uzunluğunu iyileştirmiştir. Kanatlı diyetlerine betain ilavesinin bağırsak sağlığını olumlu etkileyerek performansı artırabileceği ancak kesim parametrelerini artırıcı etkinliğinin araştırılması gerektiği kanaatine varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Çalışmanın histolojik analizleri için Dr. Öğr. Üyesi Şükran YEDİEL ARAS'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Akgül, C., Özparlak, H., Çelik, İ. & Öznurlu, Y. (2015). Nifedipinin ince bağırsak histolojisi üzerine etkileri. *Research Journal of Biology Sciences*, 8(1), 11-18.

- AOAC. (2019). *Official methods of analysis* 21st ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Chand, N., Naz, S., Maris, H., Khan, R.U., Khan, S. & Qureshi, M.S. (2017). Effect of betaine supplementation on the performance and immune response of heat stressed broilers. *Pakistan Journal of Zoology*, 49(5), 1857-1862. DOI: 10.17582/journal.pjz/2017.49.5.1857.1862
- Chand, N., Naz, S., Maris, H., Khan, R.U., Khan, S. & Qureshi, M.S. (2017). Effect of betaine supplementation on the performance and immune response of heat stressed broilers. *Pakistan Journal of Zoology*, 49(5), 1857-1862. DOI: 10.17582/journal.pjz/2017.49.5.1857.1862
- Dale, N. (1994). National research council nutrient requirements of poultry-ninth revised edition (1994). *Journal of Applied Poultry Research*, 3(1), 101
- DasSarma, S., Berquist, B.R., Coker, J.A., DasSarma, P. & Müller, J.A. (2006). Post-genomics of the model haloarchaeon *Halobacterium* sp. NRC-1. *Saline Systems*, 2(1), 1-12. DOI: 10.1186/1746-1448-2-3
- Dos Santos, T.T., Dassi, S.C., Franco, C.R., da Costa, C.R., Lee, S.A. & da Silva, A.V.F. (2019). Influence of fibre and betaine on development of the gastrointestinal tract of broilers between hatch and 14 d of age. *Animal Nutrition*, 5(2), 163-173. DOI: 10.1016/j.aninu.2018.06.005
- Eklund, M., Bauer, E., Wamatu, J. & Mosenthin, R. (2005). Potential nutritional and physiological functions of betaine in livestock. *Nutrition Research Reviews*, 18(1), 31-48. DOI: 10.1079/NRR200493
- Eklund, M., Mosenthin, R., Tafaj, M. & Wamatu, J. (2006). Effects of betaine and condensed molasses solubles on nitrogen balance and nutrient digestibility in piglets fed diets deficient in methionine and low in compatible osmolytes. *Archives of Animal Nutrition*, 60(4), 289-300. DOI: 10.1080/17450390600785525
- El-Husseiny, O. (2007). Response of broilers performance to dietary betaine and folic acid at different methionine levels. *International Journal of Poultry Science*, 6(7), 515-523. DOI: 10.3923/ijps.2007.515.523
- El-Shinnawy, A. (2015). Effect of betaine supplementation to methionine adequate diet on growth performance, carcass characteristics, some blood parameters and economic efficiency of broilers. *Journal of Animal and Poultry Production*, 6(1), 27-41. DOI: 10.21608/jappmu.2016.52726
- Esteve-Garcia, E. & Mack, S. (2000). The effect of DL-methionine and betaine on growth performance and carcass characteristics in broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 87(1-2), 85-93. DOI: 10.1016/S0377-8401(00)00174-7
- Jahanian, R. & Rahmani, H. (2008). The effect of dietary fat level on the response of broiler chicks to

- betaine and choline supplements. *Journal of Biological Sciences*, **8**(2), 362-367. DOI: [10.3923/jbs.2008.362.367](https://doi.org/10.3923/jbs.2008.362.367)
- Kettunen, H., Peuranen, S. & Tiihonen, K. (2001a)**. Betaine aids in the osmoregulation of duodenal epithelium of broiler chicks, and affects the movement of water across the small intestinal epithelium in vitro. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, **129**(2), 595-603. DOI: [10.1016/S1095-6433\(01\)00298-7](https://doi.org/10.1016/S1095-6433(01)00298-7)
- Kettunen, H., Tiihonen, K., Peuranen, S., Saarinen, M. & Remus, J. (2001b)**. Dietary betaine accumulates in the liver and intestinal tissue and stabilizes the intestinal epithelial structure in healthy and coccidia-infected broiler chicks. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, **130**(4), 759-769. DOI: [10.1016/s1095-6433\(01\)00410-x](https://doi.org/10.1016/s1095-6433(01)00410-x)
- Lawrence, B., Schinckel, A., Adeola, O. & Cera, K. (2002)**. Impact of betaine on pig finishing performance and carcass composition. *Journal of animal science*, **80**(2), 475-482. DOI: [10.2527/2002.802475x](https://doi.org/10.2527/2002.802475x)
- Liu, W., Yuan, Y., Sun, C., Balasubramanian, B., Zhao, Z. & An, L. (2019)**. Effects of dietary betaine on growth performance, digestive function, carcass traits, and meat quality in indigenous yellow-feathered broilers under long-term heat stress. *Animals*, **9**(8), 506. DOI: [10.3390/ani9080506](https://doi.org/10.3390/ani9080506)
- Luna, L.G. (1968)**. *Manual of histologic staining methods of the Armed Forces Institute of Pathology* 3rd ed., Blakiston Division, McGraw-Hill, New York.
- Metzler-Zebeli, B., Eklund, M. & Mosenthin, R. (2009)**. Impact of osmoregulatory and methyl donor functions of betaine on intestinal health and performance in poultry. *World's Poultry Science Journal*, **65**(3), 419-442. DOI: [10.1017/S0043933909000300](https://doi.org/10.1017/S0043933909000300)
- Niculescu, M.D. & Zeisel, S.H. (2002)**. Diet, methyl donors and DNA methylation: interactions between dietary folate, methionine and choline. *The Journal of nutrition*, **132**(8), 2333S-2335S. DOI: [10.1093/jn/132.8.2333S](https://doi.org/10.1093/jn/132.8.2333S)
- Rao, S.V., Raju, M.V.L.N., Panda, A.K., Saharia, P. & Sunder, G.S. (2011)**. Effect of supplementing betaine on performance, carcass traits and immune responses in broiler chicken fed diets containing different concentrations of methionine. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, **24**(5), 662-669. DOI: [10.5713/ajas.2011.10286](https://doi.org/10.5713/ajas.2011.10286)
- Ratriyanto, A., Indreswari, R. & Nuhriawangsa, A.M.P. (2017)**. Effects of dietary protein level and betaine supplementation on nutrient digestibility and performance of Japanese quails. *Brazilian Journal of Poultry Science*, **19**(3), 445-454. DOI: [10.1590/1806-9061-2016-0442](https://doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0442)
- Ratriyanto, A., Mosenthin, R., Bauer, E. & Eklund, M. (2009)**. Metabolic, osmoregulatory and nutritional functions of betaine in monogastric animals. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, **22**(10), 1461-1476. DOI: [10.5713/ajas.2009.80659](https://doi.org/10.5713/ajas.2009.80659)
- Remus, J. (2001)**. Betaine for increased breast meat yield in turkeys. *Poultry World*, **21**(2), 14-15.
- Sakomura, N., Barbosa, N., Longo, F., Da Silva, E., Bonato, M. & Fernandes, J. (2013a)**. Effect of dietary betaine supplementation on the performance, carcass yield, and intestinal morphometrics of broilers submitted to heat stress. *Brazilian Journal of Poultry Science*, **15**(2), 105-112. DOI: [10.1590/S1516-635X2013000200005](https://doi.org/10.1590/S1516-635X2013000200005)
- Sakomura, N.K., Barbosa, N.A., Da Silva, E.P., Longo, F.A., Kawauchi, I.M. & Fernandes, J.B. (2013b)**. Efeito da suplementação de betaina em dietas de frangos de corte em condições de termoneutralidade. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, **8**(2), 336-341. DOI: [10.5039/agraria.v8i2a1442](https://doi.org/10.5039/agraria.v8i2a1442)
- Schutte, J., De Jong, J., Smink, W. & Pack, M. (1997)**. Replacement value of betaine for DL-methionine in male broiler chicks. *Poultry Science*, **76**(2), 321-325. DOI: [10.1093/ps/76.2.321](https://doi.org/10.1093/ps/76.2.321)
- Şahin, T., Özel, O.Ç. & Ölmez, M. (2020)**. The Effect of Supplementation of Betaine on Performance, Carcass Yield and Some Blood Parameters in Broilers. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, **17**(3), 260-267. DOI: [10.32707/ercivet.828789](https://doi.org/10.32707/ercivet.828789)
- Uzunoglu, K. & Yalcin, S. (2019)**. Effects of dietary supplementation of betaine and sepiolite supplementation on performance and intestinal health in broilers. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, **66**(3), 221-230. DOI: [10.33988/auvfd.434359](https://doi.org/10.33988/auvfd.434359)
- Waldroup, P., Motl, M., Yan, F. & Fritts, C. (2006)**. Effects of betaine and choline on response to methionine supplementation to broiler diets formulated to industry standards. *Journal of Applied Poultry Research*, **15**(1), 58-71. DOI: [10.1093/japr/15.1.58](https://doi.org/10.1093/japr/15.1.58)
- Waldroup, P.W. & Fritts, C.A. (2005)**. Evaluation of Separate and Combined Effects of Choline and Betaine in Diets for Male Broilers. *International Journal of Poultry Science*, **4**(7), 442-448. DOI: [10.3923/ijps.2005.442.448](https://doi.org/10.3923/ijps.2005.442.448)
- Wang, H., Li, S., Xu, S. & Feng, J. (2020)**. Betaine improves growth performance by increasing digestive enzymes activities, and enhancing intestinal structure of weaned piglets. *Animal Feed Science and Technology*, **267**, 114545. DOI: [10.1016/j.anifeedsci.2020.114545](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114545)
- Wijtten, P.J.A., Meulen, J.V.D. & Verstegen, M.W.A. (2011)**. Intestinal barrier function and absorption in pigs after weaning: A review. *British Journal of Nutrition*, **105**(7), 967-981. DOI: [10.1017/S0007114510005660](https://doi.org/10.1017/S0007114510005660)