

Beta-Glukanın Hayvan Beslemede Bağışıklık Sistemi ve Performans Üzerine Etkisi

Onur KESER, Tanay BİLAL
İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları
Anabilim Dalı, İstanbul-TÜRKİYE

Özet: Yem katkı maddesi olarak antibiyotiklerin kullanılmasının yasaklanmasından sonra birçok araştırmacı antibiyotiklere alternatif olabilecek doğal katkı maddeleri üzerine yoğunlaşmıştır. Mevcut birçok doğal katkı maddesine ek olarak maya, bakteri ve mantarlar ile yulaf, arpa çavdar gibi tane yemlerin hücre duvarından elde edilen β -glukanların hayvanlarda bağışıklığı ve dolayısıyla performansı iyileştirmede etkili bir ürün olabileceği düşünülmektedir. Bu yazıda in vivo ve in vitro çalışmaların halen devam ettiği β -glukanın hayvanlarda bağışıklık ve performans üzerine etkilerine ve son yıllarda yapılan bazı araştırmaların sonuçlarına yer verilecektir.

Anahtar Kelimeler: β -glukan, bağışıklık sistemi, performans.

The Effects of Beta-Glucan on Immune System and Performance in Animal Nutrition

Summary: Many researchers were focused on alternative natural additives to antibiotics after the ban of the use of antibiotic growth promoters as a feed additive. In addition to many present natural feed additives, β -glucans, obtained from cell walls of yeast, bacteria, fungi and some cereals such as oat, barley and rye, have been considered as an effective product in the improvement of animal immune system and performance. In this paper, the effects of β -glucan that has been still studied as in vivo or in vitro, on the immune system and performance in animals, and the results of some experiments will be mentioned.

Key Words: β -glucan, immune system, performance.

Giriş

Çiftlik hayvanlarının beslenmesinde yem katkı maddesi olarak antibiyotiklerin kullanılmasının büyüme ve yemden yararlanma üzerine olan olumlu etkileri iyi bilinmektedir. Fakat yemlerde sürekli antibiyotiklerin kullanılmasının gerek bakteriyel direnç yolu açabileceği gerekse hayvansal yan ürünlerde artık bırakarak insan sağlığını tehdit edebileceği endişesiyle Avrupa Birliğinde 1 Ocak 2006 tarihinden itibaren antibiyotik büyütme faktörlerinin kullanımı tümüyle yasaklanmıştır. Bu yasaklanma ile birlikte gerek gastro-intestinal ekosistemin sağlığını koruyarak enterik bakteriyel hastalıkların kontrol altına alınması gerekse hayvanların bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi için antibiyotiklere alternatif olabilecek yem katkı maddelerinin geliştirilmesi ile ilgili çalışmalar hız kazanmıştır. Hayvanlarda gerek bağışıklık ve performansı desteklemek gerekse mortaliteyi azaltmak için β -glukanların yem katkı maddesi olarak kullanılması iyi bir alternatif olarak dikkat çekmektedir.

β -Glukanın Kimyasal Yapısı

β -glukanlar maya, bakteri ve mantarlar ile yulaf, arpa, çavdar gibi tane yemlerin hücre duvarlarının

dan elde edilen glikoz polimerleridir. Glikoz moleküllerinin birbirleri ile bağlanış şekillerindeki farklılıklar her bir β -glukana kendine has yapısal farklılıklar vermektedir. Molekül ağırlığı, dallanma derecesi, uyumluluk ve moleküller arası birleşim şekilleri bakımından farklılıklar β -glukanın biyolojik aktivitesini etkileyebilen faktörlerdir (4). Maya ve mantarların hücre duvarındaki β -glukanlar az sayıda 1,6 β bağlı dallar ile 1,3 β bağlı glikopiranosil kalıntılarından oluşmuştur. Bunun aksine yulaf ve arpa hücre duvarları 1,3 ve 1,4 β bağlı glikopiranosil kalıntısı içeren dalsız β -glukan içeriyorken, bakteriyel kaynaklı β -glukanlar ise dalsız 1,3 β bağlı glikopiranosil kalıntılarından oluşmuştur (5; 6). Farklı kaynaklardan elde edilen çeşitli β -glukanlar ve yapısal özellikleri Tablo 1'de sunulmuştur.

Bağışıklık Üzerine Etkisi

β -glukanın bağışıklık sistemini düzenleyici etkisi ile ilgili çok sayıda literatür olmakla birlikte çoğu bildiriler bu etkinin makrofa ve nötrofillerin fonksiyonel aktivitesini artırarak meydana geldiğini belirtmektedir (35; 39). İlk olarak T-lenfositler üzerinde bu hücrelerin çoğalmasını sağlayan tanımlanamayan bir reseptörün varlığı anlaşılmış ve daha sonra makrofa cDNA ekspresyonu ile bu reseptörün bir β -glukan reseptörü olan Dectin-1 olduğu ortaya konmuştur (7). β -glukana karşı olan hücresel yanıtta

Tablo1.

| İsim | Kaynak | Kaynak Tipi | Yapı |
|--|---|----------------------------------|--|
| Glomerellan | <i>Glomerella cingulata</i> | Mantar | 1,3 1,6 dallı |
| GRN (Grifolan) | <i>Grifola frondosa</i> (Maitake mantarı) | Mantar | 1,3 1,6 dallı |
| LNT (Lentinan) | <i>Lentinula edode</i> (Shiitake mantarı) | Mantar | 1,3 1,6 dallı |
| Pneumocytis carinii | <i>Pneumocytis carinii</i> | Mantar/protozoon | 1,3 1,6 dallı |
| P-SG (Ganoderma lucidum polisakkariti) | <i>G.lucidum</i> | Mantar | 1,3 1,6 dallı |
| SPG (Sonifilan/schizophyllan) | <i>Schizophyllum commune</i> | Mantar | 1,3 1,6 dallı |
| SR (Scleroglucan) | <i>Sclerotium rolfsii</i> veya <i>S.glucanicum</i> | Mantar | 1,3 1,6 tek dallı |
| SSG (Sclerotinia sclerotiorum glukani) | <i>S.sclerotiorum</i> (ascomycotma) | Mantar | 1,3 1,6 çok dallı |
| CSBG (Candida spp. β -glukan) | <i>Candida albicans</i> | Mantar/maya | 1,3 1,6 dallı |
| Glukan fosfat (GluP) | <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | Sentetik | 1,3 |
| PGG (Betafectin) | <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | Genetik yoldan elde edilmiş maya | 1,3 1,6 çok dallı |
| <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | Maya | 1,3 ve az sayıda 1,6 dallı ve 1,6 bağlı |
| WGP-glukan (Bütün glukani partikülü) | <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | Maya | 1,3 1,6 |
| Zymocel | <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | Maya | Ham β -glukan ekstraktı |
| Zymoza | <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | Maya | β -glukan ve mannan içeren ham ekstrakt; düzensiz dallar ve omurga birimleri |
| Arpa, yulaf, buğday, çavdar β -glukanı | | Tahıl (Garmineler) | 1,3 1,4 karma bağlı |
| Curdlan | <i>Alcaligenes faecalis</i> | Gram(-) bakteri | dalsız |
| LAM (Laminarin/Laminaran) | <i>Laminaria spp.</i> | Alg | 1,3 dalsız (az miktarda 1,6 dallı) |

aracılık ettiği kanıtlanan bu reseptörün ayrıca yanğı sonrası sitokinlerin üretilmesinde de rol oynadığı bildirilmiştir (5).

İn vitro ve hayvan denemeleri maya ve mantarlar-dan elde edilen 1,3 β -glukanların bağışıklıkla ilgili hücrelerin fonksiyon ve yanıtında artış yaratabildiğini göstermiştir. Olson ve ark. (28), *S.cerevisiae*'dan elde edilen β -glukanın ratlardan izole edilen alveolar makrofajlar sayesinde in vitro TNF- α üretimini artırdığını göstermiştir. Ayrıca β -glukanın etkileriyle ilgili çalışmalarda sıkça kullanılan ve β -glukan bakımından zengin bir maya partikülü olan zymosan'ın makrofajlarda TNF- α

sekresyonunu uyardığı bildirilmiştir (6). İn vitro çalışmalara ek olarak hayvanlardan izole edilen lökositlerle yürütülen eks vivo çalışmalarda β -glukan ile muamele edilmiş lökositlerin patojenlere karşı sitokin üretiminde (1), öldürücü oksidatif yeteneğinde (28) ve kemotaksisinde (22) artış olduğu görülmüştür.

Hayvanlarda patojen enfeksiyonuna karşı β -glukanın etkisinin araştırıldığı bazı çalışmalarda genel olarak ölümcül şekilde enfekte olan hayvanlarda β -glukanın mortaliteyi azalttığı görülmüştür. Örneğin Kournikakis ve ark. (21) antraks ile enfekte farelerde maya β -glukanının subkutan

enjeksiyonu hayvanların hayatta kalma oranını artırmış, akciğerlerde bakteriyal yükü azaltmış ve bakterisiz hayvan sayısı oranını yükseltmiştir. Benzer şekilde Liang ve ark. (25) kas içi olarak β -glukan uyguladıkları ratlarda kandaki *S.aureus* bakteri sayısını azalttığını ve monosit ve nötrofil sayısını artırdığını bildirmişlerdir.

Yun ve ark. (38) tarafından deksametazon ile bağı-şıklığı baskılanmış laboratuvar farelerinde yulaf tan elde edilen β (1,3/1,6) glukanın *Eimeria vermiformis* enfeksiyonuna direnç üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada hayvanlara intragastrik ve subkutan olarak sırasıyla 3 mg ve 500 μ g düzeyinde β -glukan uygulanmıştır. β -glukan uygulanmayan grupta klinik semptomlar şiddetli ve mortalite oranı % 50 iken β -glukan uygulanan grupta semptomlar düşük seviyede kalmış ve ölüm gözlenmemiştir. β -glukan uygulanan grupta serum total IgG, IgG₁, IgG_{2a}, IgM ve IgA immunoglobulinleri kontrol grubundan daha yüksek olmuştur. Deneme grubunda spesifik IgG anti-sporozoit ve merozoit immunoglobulinleri de kontrol grubundan önemli derecede yüksek çıkmıştır. Ayrıca dalak ve mezenterik lenf yumrularında sporozoit antijenlerine karşı oluşan IFN- α ve IL-4 salgılayıcı hücreler sadece β -glukan uygulanan grupta tespit edilmiş ve sonuç olarak yulaf β -glukanının enfeksiyona karşı direnci artırdığı bildirilmiştir.

β -glukanın oral yoldan uygulanması ya da rasyona katılmasının bağı-şıklık sistemi üzerine etkisini inceleyen araştırmalar da mevcuttur (15, 26, 8). Guo ve ark. (15) broylerlerde başlangıç yemine 0, 20, 40 mg/kg ve büyütme yemine 0, 20, 20 mg/kg β -glukan ilavesinin bağı-şıklık üzerine etkilerini inceledikleri araştırmada; rasyona β -glukan eklenmesinin makrofajların fagositik etkisini, koyun eritrositlerine karşı antikor yanıtı ve lenfoproliferatif yanıtı arttırmıştır. İntestinal intraepitelyal lökositlerdeki CD4⁺, CD8⁺ ve CD4⁺/CD8⁺ yüzdesini arttırmış, ayrıca bursa fabrisus, timus ve dalak gibi primer ve sekonder lenfoid organlar kontrol grubuna göre daha büyük olmuştur. Sonuç olarak araştırmacılar β -glukanın broylerlerde bağı-şıklık yanıtı artırdığını ve bu maddenin yemlerde bağı-şıklığı düzenleyici bir katkı maddesi olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Lowry ve ark. (26) saflaştırılmış β -glukan ilaveli rasyona beslenen yarkalardan izole edilen heterofillerin *S.enterica* invazyonuna karşı fagositik, bakterisitik ve oksidatif öldürme yeteneğini arttırdığını ve rasyona β -glukan ilavesinin *S.enterica* organ invazyonunu önemli derecede azalttığını bildirmişlerdir. Chae ve ark. (8), broylerlerde yaptıkları bir çalışmada gruplara sırasıyla % 0, 0.02 ve 0.04 β -glukan ilavesi yapmışlar ve denemenin 28. gününde MHC-class II, CD4

(yardımcı T hücreleri), CD8 (sitotoksik T hücreleri), TCR-1 (T hücresi reseptörü), TCR-2 ve B-lenfosit popülasyonlarında önemli bir farklılığa rastlanmamış fakat denemenin 42. gününde % 0.04 β -glukan ilavesi yapılan grupta CD8 ve TCR-1 hücre sayısı kontrol grubuna göre daha yüksek olmuştur. Stuyven ve ark. (34), domuz yavrularında yaptıkları bir çalışmada ilk iki deneme grubunun (G1 ve G2) rasyonlarına sırasıyla *Saccharomyces cerevisiae*'den elde edilen β -glukandan 500 ve 750 g/ton, diğer grubun (G3) rasyonuna ise *Sclerotium rolfsii*'den elde edilen β -glukandan 500 g/ton oranında ilavesinin enterotoksijenik *E.coli* enfeksiyonu (ETEC) üzerine etkisini araştırmışlardır. Sütten kesimden sonra 2 hafta süresince bu rasyonlarla beslenen domuz yavrularının kontrol grubuna göre ETEC enfeksiyonuna daha az duyarlı oldukları ve dışkı ile daha az *E.coli* atıldığı ve deneme grupları arasında ise dışkı ile *E.coli* atılımı en az G1 grubunda görülmüştür. Ayrıca kontrol grubuna göre lenfoid dokularda spesifik IgM antikor salgılayan hücre miktarı en az G2 ve G3 grubunda tespit edilirken spesifik IgA antikor salgılayan hücre miktarı ise en az G1 grubunda saptanmıştır. Bu bulgular doğrultusunda araştırmacılar β -glukanın domuz yavrularında ETEC enfeksiyonuna karşı koruyucu etki gösterdiği sonucuna varmışlardır. Yavru domuzlarla yapılan *S.cerevisiae*'den elde edilen β -glukanın humoral ve hücresele bağı-şıklık üzerine etkilerinin incelendiği başka bir çalışmada (24), rasyona 50 mg/kg oranında β -glukan ilave etmişler ve humoral yanıtı araştırmak için denemenin 14. gününde hayvanlara ovalbumin enjeksiyonu yapmışlardır. Hücresele bağı-şıklık için de denemenin 28. gününde hayvanlardan izole edilen lenfositler 16 μ g/ml lipopolisakkarit (LPS) ile kültür ortamında inkübe edilmiştir. LPS inkübasyonundan sonra 0-48. saatler arasında 3 saat ara ile toplanan örnekler IL-6, TNF- α ve IL-10 bakımından değerlendirilmiştir. Denemenin 31. gününde de her gruptan 6 hayvana 25 μ g/kg CA miktarında LPS enjeksiyonu yapılmış enjeksiyondan 3 saat sonra toplanan kan örnekleri plazma IL-6, TNF- α ve IL-10 bakımından analiz edilmiştir. Denemenin sonucunda rasyona β -glukan ilavesi hayvanlarda ovalbumin enjeksiyonundan sonra ilk hafta içerisinde antikor yanıtı artırmıştır. Rasyona β -glukan ilavesi ayrıca lenfositlerin LPS ile inkübe edildiği kültür ortamında IL-6 ve TNF- α miktarında kısmen bir azalma yaratırken IL-10 miktarı artmıştır. β -glukan ilaveli rasyona beslenen ve LPS enjeksiyonu yapılan hayvanlardan alınan plazma örneklerinde ise IL-6 ve TNF- α artışında yavaşlatma yaparken IL-10 artışını hızlandırmıştır. Sonuç olarak araştırmacılar β -glukanın domuzlarda antienflamatuvar sitokinleri artırarak humoral ve hücresele bağı-

şıklığı iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Benzer bir çalışmada (23), 0 ve 50 ppm düzeyinde β -glukan ilave edilmiş rasyonla 28 gün boyunca besledikleri domuzlarda LPS enjeksiyonunu takiben kanda sitokin üretimini incelemişler ve rasyona β -glukan ilavesinin plazma IL-6, TNF- α ve IL-10 üretimini artırdığını dolayısıyla sütten kesilmiş domuz yavrularında bağışıklık fonksiyonu üzerine yararlı etki gösterdiğini bildirmişlerdir. Yavru domuzlarda oral yoldan hayvan başına günlük 50 mg miktarında β -glukan verilmesinin domuz influenza virus (DIV) enfeksiyonu üzerine antiviral etkisinin araştırıldığı bir çalışmada (20) deneme gruplarına sırasıyla DIV, β -glukan ve β -glukan+DIV uygulamışlardır. β -glukanın enfeksiyondan 3 gün önce uygulandığı bu çalışmada β -glukan kullanılan gruba göre sadece DIV uygulanan grupta mikroskobik akciğer lezyonları daha şiddetli seyretmiş ve akciğer DIV nükleik asit miktarı daha çok tespit edilmiştir. Ayrıca β -glukan+DIV grubunda interferon- γ ve nitrik oksit miktarının diğer gruplardan daha yüksek tespit edildiği bu çalışmada *S.cerevisiae*'den elde edilen β -glukanın DIV ile enfekte olmuş domuzlarda akciğer lezyon skorunu ve viral replikasyonu azalttığı sonucuna varılmıştır.

β -glukanın bağışıklık üzerine etkisi ile ilgili olarak laboratuvar hayvanları, kanatlı ve domuzlardan başka su ürünleri yetiştiriciliğinde de yapılan araştırmalar mevcuttur. Nitekim su kültürleri üretiminde verimlilik ve bağışıklığı arttırmak amacıyla β -glukan bazlı ürünler kullanılmaktadır (11). Yapılan çalışmalarda β -glukanların Atlantik somon balıklarında bakteriyel enfeksiyona karşı non-spesifik immün yanıtı ve direnci artırdığı gösterilmiştir (32). Levreklerle (*Dicentrarchus labrax*) yapılan bir çalışmada her 3 ayda bir 2 haftalık periyotlarla rasyona % 2 β -1,3/1,6 glukan ilavesinin kontrol grubuna göre plazma komplement aktivitesini artırdığı bildirilmiştir (3). Ai ve ark. (2) büyük sarı şarlatan (*Pseudosciaena crocea*) balıklarında 8 hafta süresince rasyona düşük (% 0.09) ve yüksek (% 0.18) düzeyde β -1,3 glukan ilavesinin doğal bağışıklık üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında β -glukanın düşük konsantrasyonunun böbrek makrofajlarında fagositik aktiviteyi arttırdığını fakat yüksek konsantrasyonun aynı etkiyi göstermediğini tespit etmişlerdir. Ayrıca her iki düzey β -glukan ile beslenen gruplarda serum lizozim aktivitesi kontrol grubuna göre önemli derecede yüksek bulunmuş ve aynı etki % 0.09 glukan konsantrasyonu ile karşılaştırıldığında % 0.18 glukan konsantrasyonu ile beslenen grupta görülmüştür. Bir tür tatlı su balığı olan fathead minnow (*Pimephales promelas*) balıklarında rasyona % 1 oranında β -glukan katılmasının stressiz, akut stres ve kronik stres durumlarında nötrofil fonksiyonları üzerine

etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada (29) β -glukan stressiz balıklarda nötrofil degranulasyonunu artırırken akut stres altındaki balıklarda degranulasyonun azalmasını önlemiştir. Kronik stres altındaki balıklarda ise degranulasyon düzeyi β -glukan ilavesinden 3 gün sonra stressiz balıklardaki düzeye ulaşmıştır. Bu çalışmanın sonucunda araştırmacılar rasyona β -glukan ilavesinin balıklarda akut ve kronik stres durumlarında nötrofil fonksiyonlarını arttırarak taşıma ya da düşük kalitede suya maruz kalma durumlarından sonra hastalık direncini ve hayatta kalma oranını arttırmada potansiyel teşkil ettiğini bildirmişlerdir.

β -glukanın hayvanlarda bağışıklık üzerine olumlu etkilerini destekleyen çalışmalar yanında herhangi bir etkisinin olmadığını belirten bildirişler de mevcuttur. Broilerlerde yapılan bir çalışmada (19), hava keseleri deneysel olarak *E.coli* ile enfekte edilen civcivlerde rasyona 22 ppm düzeyinde β -1,3/1,6-glukan ilavesinin etkilerini araştırmışlardır. Hayvanları kontrol, D1 (sadece enfeksiyondan 7 gün önce β -glukan ilavesi) ve D2 (deneme süresince β -glukan ilavesi) şeklinde gruplara ayırdıkları bu çalışmada mortalite oranları sırasıyla % 63, % 47 ve % 53 olarak bulunmuş fakat gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmayıp sadece sayısal bakımdan bir fark tespit edilmiştir. *E.coli* enfeksiyonuna bağlı olarak karaciğer ve kalp kısmi ağırlıkları artarken bursa fabrisus kısmi ağırlıkları azalmış ve bu etkiler β -glukan ilavesi ile modüle edilmiştir. Fakat ilgili organ ağırlıkları bakımından gruplar arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli olmayıp sadece sayısal bazda kalmıştır. Nil çupraları (*Oreochromis niloticus*) üzerinde yapılan bir denemede Whittington ve ark. (37) 0, 50, 100 ve 200 mg β -glukan içeren rasyonla yapılan beslemenin 43. ve 64. gününde her bir grubun yarısını *S.iniae*'ye karşı aşılama ve aşılama 21 gün sonra hayvanlara *S.iniae* içeren kültürden intra-peritoneal olarak 100 μ l enjekte edilmiştir. Aşılama alt gruplarda mortalite oranı azalmış fakat bunun rasyondaki β -glukan düzeyiyle bir bağlantısının olmadığı ve ayrıca β -glukan düzeyi ile aşılama arasındaki etkileşimin bunda etkisinin olmadığı görülmüştür. Ayrıca bu çalışmada bakteriyel inakulasyona karşı oluşan spesifik anti-kor yanıtta rasyondaki β -glukan düzeyinin uyarıcı bir etkisinin olmadığı da bildirilmiştir. Sütten kesilmiş, üreme ve solunum sendromuna (PRRS) karşı aşılama domuz yavrularının rasyonlarına % 0, 0.015 ve 0.03 düzeyinde β -glukan ilavesi yapan Hiss ve Sauerwein (18), kontrol ve deneme grupları arasında lenfosit proliferasyonu bakımından bir fark olmadığını, aşılama karşı oluşan PRRS antikor titrelerinin tüm gruplarda görüldüğünü fakat bunun β -glukan ile bir ilgisinin olmadığını gözlem

Tablo 2. Çeşitli hayvan türlerinde β -glukanın bağışıklık sistemi üzerine etkisi ile ilgili bazı araştırma sonuçları

| Tür | Parametre | Gruplar | | | | Kaynak |
|-----------|---|----------------------|--|--|----------------------------------|--------|
| | | Kontrol | β -glukan ¹ 20-20 mg/kg | β -glukan ² 40-20 mg/kg | | |
| Broyler | <u>Makrofaj fonksiyonları</u> | | | | | (15) |
| | Nitrit oluşumu (μ M) | 4.63 | 3.37 | 4.03 | | |
| | IL-6 üretimi (U/mL) | 1.81 | 1.66 | 1.71 | | |
| | IL-1 (SI) | 0.33 | 0.40 | 0.42 | | |
| | Fagositik makrofaj (%) | 34.02 | 44.61 | 41.04 | | |
| | SRBC/Fagositik makrofaj | 1.76 ^b | 2.67 ^a | 2.75 ^a | | |
| | <u>Antikor yanıtı</u> | | | | | |
| | Primer yanıt | 5.0 | 4.4 | 5.1 | | |
| | Sekonder yanıt | 8.4 ^b | 9.7 ^{ab} | 10.7 ^a | | |
| | <u>IEL</u> | | | | | |
| | CD4 ⁺ (%) | 5.10 ^c | 8.98 ^b | 11.11 ^b | | |
| | CD8 ⁺ (%) | 9.58 ^c | 17.64 ^{bc} | 23.09 ^b | | |
| | CD4 ⁺ / CD8 ⁺ (%) | 1.70 ^c | 3.16 ^c | 7.00 ^b | | |
| | <u>Lenfoid organ ağırlıkları</u> | | | | | |
| | Bursa (%) | 0.165 ^b | 0.218 ^a | 0.225 ^a | | |
| Timus (%) | 0.221 | 0.297 | 0.256 | | | |
| Dalak (%) | 0.101 ^b | 0.131 ^a | 0.133 ^a | | | |
| Broyler | <u>Heterofil fonksiyonları</u> | Grup-I ³ | Grup-II ⁴ | Grup-III ⁵ | Grup-IV ⁶ | (26) |
| | SE içeren heterofiller (%) | - | 38.54 | - | 78.84 ^a | |
| | Heterofil başına SE sayısı | - | 4.38 | - | 8.20 ^a | |
| | Fagositik indeks | - | 175.54 | - | 644.10 ^a | |
| | <u>Heterofil degranülasyonu</u> | | | | | |
| | B-Glukuronidaz üretimi (μ M) | 34.25 ^a | 124.63 ^b | 37.03 ^a | 134.42 ^b | |
| | <u>Heterofil öldürme yeteneği</u> (Hücre/dakika). (10 ⁶) | 0.60 ^a | 5.09 ^b | 0.89 ^a | 10.03 ^c | |
| Domuz | <u>Antikor titreleri</u> | Kontrol | β -glukan (% 0.02) | Antibiyotik | β -glukan + Antibiyotik | (16) |
| | P. multocida Tip A için | | | | | |
| | 15. gün | 1,722.5 ^a | 674.7 ^c | 719.3 ^c | 1,062.8 ^b | |
| | 24. gün | 1,405.5 | 1,012.1 | 1,690.6 | 1,386.3 | |
| | 46. gün | 911.8 ^a | 648.3 ^{ab} | 522.4 ^b | 385.3 ^b | |
| | P. multocida Tip D için | | | | | |
| | 15. gün | 1,700.2 ^a | 671.6 ^c | 715.5 ^c | 1,052.9 ^b | |
| | 24. gün | 1,389.2 ^b | 1,003.1 ^b | 2,214.5 ^a | 1,494.9 ^{ab} | |
| | 46. gün | 904.6 ^{ab} | 645.5 ^{bc} | 521.8 ^c | 1,146.0 ^a | |
| | <u>Lenfosit hücreleri (%)</u> | | | | | |
| | 4. hafta | | | | | |
| | MHC-II | 19.40 ^b | 31.00 ^a | 15.53 ^b | 16.53 ^b | |
| | CD-2 | 30.37 | 34.27 | 36.03 | 29.70 | |
| | CD-4 | 10.97 | 9.10 | 4.77 | 7.63 | |
| | CD-8 | 17.20 | 16.67 | 22.13 | 12.00 | |
| | 8. hafta | | | | | |
| MHC-II | 9.73 | 11.47 | 26.50 | 16.60 | | |
| CD-2 | 16.50 ^e | 18.00 ^{de} | 44.50 ^c | 30.67 ^d | | |
| CD-4 | 12.10 ^d | 23.00 ^c | 13.67 ^d | 8.93 ^d | | |
| CD-8 | 6.57 ^b | 24.00 ^a | 10.57 ^b | 8.67 ^b | | |

| | | β -glukan 0 mg/kg | β -glukan 50mg/kg | Önemlilik | | |
|------------------|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|---|
| Domuz | <u>OVA⁷ antikor yanıtı</u> | | | | | |
| | 21.gün | 1.16 | 1.42 | Önemsiz | | |
| | 28.gün | 1.63 | 1.62 | Önemsiz | | |
| | | - LPS | | + LPS ⁸ | | Önemlilik |
| | | β -glukan 0 mg/kg | β -glukan 50 mg/kg | β -glukan 0 mg/kg | β -glukan 50 mg/kg | β -glukan LPS |
| | IL-6 (pg/ml) | 136 | 122 | 379 | 308 | Önemli [†] Önemli [†] |
| | TNF- α (ng/ml) | 0.430 | 0.388 | 4.700 | 3.672 | Önemli [†] Önemli [†] |
| | IL-10 (pg/ml) | 77 | 96 | 96 | 109 | Önemli [†] Önemli [†] |
| | | Kontrol | DIV ⁹ | β -glukan 50 mg | β -glukan ¹⁰ + DIV | |
| | Domuz | <u>Akciğer lezyon skoru</u> | | | | |
| | 1. gün | 0 | 9.56 | 0 | 9.43 | |
| | 3. gün | 0 | 5.93 | 0 | 6.05 | (20) |
| | 5. gün | 0 | 4.64 | 0 | 4.15* | |
| | 7. gün | 0 | 5.35 | 0 | 2.85* | |
| | 10. gün | 0 | 5.48 | 0 | 3.03* | |
| | <u>DIV(+) hücre sayısı</u> | | | | | |
| | 1. gün | 0 | 28.37 | 0 | 28.28 | |
| | 3. gün | 0 | 8.70 | 0 | 8.51 | |
| | 5. gün | 0 | 9.99 | 0 | 7.67* | |
| | 7. gün | 0 | 10.7 | 0 | 1.81* | |
| | 10. gün | 0 | 13.2 | 0 | 2.52* | |
| | | β -glukan 0mg/kg | β -glukan 50mg/kg | β -glukan 100mg/kg | β -glukan 200mg/kg | Önemlilik |
| Balık (Çupra) | Mortalite (%) | 37.77 | 36.03 | 24.16 | 35.61 | Önemsiz |
| | A-AT (log ₁₀) | | | | | |
| | 0. gün | 0.03 | 0.10 | 0.05 | 0.15 | Önemsiz |
| | 21.gün (Aşı ¹¹ sonr) | 0.77 | 0.92 | 0.87 | 0.92 | Önemsiz |
| | 14.gün (Enf. ¹² sonr) | 1.54 | 1.65 | 1.72 | 1.29 | Önemsiz |
| | ELISA-AA | | | | | |
| | 0. gün | 0.09 | 0.10 | 0.07 | 0.08 | Önemsiz |
| | 21.gün (Aşı sonr) | 0.18 | 0.21 | 0.17 | 0.16 | Önemsiz |
| | 14.gün (Enf. sonr) | 0.31 | 0.30 | 0.29 | 0.24 | Önemsiz |
| | | | | | | |

^{a-e} P<0.05, SI: Stimülasyon indeksi; IEL: İntraepitelyal lökositler

¹Büyütme ve bitirme rasyonuna 20 mg/kg ilave edilmiştir, ²Büyütme rasyonuna 40 mg/kg, bitirme rasyonuna 20 mg/kg ilave edilmiştir, ³Sadece kontrol rasyonu verilmiştir, ⁴Salmonella enteritidis ile enfekte edilen (SE+) gruba kontrol rasyonu verilmiştir, ⁵(SE-) gruba β -glukan ilave edilmiştir, ⁶(SE+) gruba β -glukan ilave edilmiştir.

[†](P<0.05), [‡](P<0.001), *Önceki zamana göre önemli derecede farklı (P<0.05)

⁷Ovalbumin: Hayvanlara 14. günde humoral immün yanıtı gözlemek için enjekte edilmiştir, ⁸Lipopolisakarit: Hayvanlara 31. günde enjekte edilmiştir, ⁹DIV: Domuz influenza virüsü, ¹⁰Hayvan başına DIV enfeksiyonundan 3 gün önce oral yoldan 50 mg/gün olarak verilmiştir, ¹¹Beslemenin 43. gününde intraperitoneal olarak 0.1 S. iniae ARS-98-60 aşısı kullanılmıştır, ¹²Aşılamadan 21 gün sonra intraperitoneal olarak 100 μ l S. iniae kültürü enjekte edilmiştir, A-AT: Aglutinasyon antikor titresi, ELISA-AA: İndirek ELISA antikor aktivitesi.

lemişler ve rasyona β -glukan ilavesinin bağışıklık parametreleri üzerine etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Rasyona β -glukan ilavesinin domuz yavru- larında non-spesifik bağışıklık üzerine etkilerinin incelendiği başka bir çalışmada (12), domuz yavru- larının rasyonlarına % 0, 0.025 ve 0.05 düzeyle- rinde β -glukan ilave etmişler ve elde edilen kan örneklerinde *S.aureus*'a karşı makrofaj ve nötrofillerin süperoksit anyon üretimlerinde ve bakterisidal aktivitelerinde bir fark gözlemleme- mişlerdir. Ayrıca denemenin 28. gününde intravenöz olarak uygulanan *S.suis*'e karşı % 0.025 β -glukan ile beslenen grubun kontrol grubu- na göre daha duyarlı olduğunu ve % 50 düzeyinde mortalite oranına sahip olduğunu bildirmişlerdir. Yine sütten kesilen domuzlarda Hahn ve ark. (16) tarafından yapılan diğer çalışmada elde edilen sonuçlar oldukça karmaşıktır. Bu çalışmada G1: % 0 β -glukan ve % 0 antibiyotik, G2: % 0.02 β -glukan, G3: antibiyotik, G4: % 0.02 β -glukan + antibiyotik olarak ayrılan gruplarda antibiyotik ola- rak 0-2. haftalar arası % 0.15 apramisin ve % 0.1 karbadoks, 3-8. haftalar arası % 0.1 klortetrasiklin ve % 0.1 karbadoks kullanılmıştır. Hayvanlarda yapılan atropik rinitis aşısından sonra 15., 24. ve

46. günde *P.multocida* tip A ve tip D'ye karşı olu- şan antikor titreleri ölçülmüş ve 15. günde *P.multocida* tip A'ya karşı antikor titreleri kontrol grubunda diğer gruplardan daha yüksek, 46. gün- de ise aynı grupta sadece antibiyotik (G3) ve β -glukan + antibiyotik (G4) grubundan daha yüksek olmuştur. *P.multocida* tip D'ye karşı antikor titreleri ise yine 15. günde kontrol grubunda en yüksek bulunmuş, 46. günde ise β -glukan + antibiyotik (G4) grubundaki titre değerleri β -glukan (G2) ve antibiyotik (G3) grubundan daha yüksek olmuştur. Diğer gruplarla karşılaştırıldığında β -glukan (G2) grubunda 4. haftada sadece MHC-II lenfositlerin diğer gruplardan daha yüksek olduğu görülmüş, 8. haftada ise β -glukan (G2) grubunda CD4 hücreleri ve antibiyotik (G3) grubunda CD2 hücreleri diğer gruplardan daha yüksek bulunmuştur. Sonuç ola- rak araştırmacılar immun yanıt üzerine olan bu değişken etkilere dayanarak β -glukanın bağışıklığı arttırıcı rolü olup olmadığı üzerine daha fazla çalış- maların yapılması gerektiğini vurgulamışlardır. Çeşitli hayvan türlerinde β -glukanın bağışıklık üye- rine etkisi ile ilgili bazı araştırma sonuçları Tablo 2'de sunulmuştur.

Performans Üzerine Etkisi

β -glukanın hayvanlarda bağışıklık üzerine etkileri ile ilgili literatür bildirişler göz önünde bulundurul- duğunda bu doğal ürünün büyüme ve performans üzerinde dolaylı olarak etki yaratabileceği düşünö-

lebilir. β -glukanın immunolojik etkileri yanında per- formans değerlerinin de incelendiği araştırmalarda elde edilen sonuçlar oldukça farklıdır. Kafes ve yerde olmak üzere iki farklı barınma sisteminin her birinde % 0, 0.02 ve 0.04 β -glukan ilave edilmiş rasyonla beslemenin etkisinin araştırıldığı bir broyler denemesinde başlangıç döneminde (0-17. günler) canlı ağırlık, yem tüketimi ve yemden ya- rarlanma bakımından gruplar arasında bir fark görölmemiştir. Bitirme döneminde (18-34. günler) β -glukan kullanan gruplarda canlı ağırlık kazancı ve yem tüketimi kontrol grubuna göre önemli dere- cede yüksek olmuştur. Her iki dönemde ve tüm deneme süresince (0-34. günler) yemden yararlan- ma bakımından ise gruplar arasında bir fark olma- mıştır (8). Aynı araştırmacıların yaptıkları ikinci bir denemede ise dört broyler grubuna sırasıyla % 0 β -glukan + % 0 antibiyotik (G1), % 0.03 β -glukan (G2), antibiyotik (G3) ve % 0.03 β -glukan + antibi- yotik (G4) içeren rasyonlar verilmiştir. Deneme süresince (0-34. günler) ve tüm dönemlerde canlı ağırlık kazancı bakımından gruplar arasında önemli bir farklılık olmamış fakat başlangıç (0-17. günler) ve tüm deneme süresince (0-34.günler) β -glukan ilavesi yapılan grupta yem tüketimi kontrol grubuna göre daha yüksek olmuştur. Yemden ya- rarlanma oranı ise β -glukan ve antibiyotik ilavesi yapılan grupta sadece başlangıç döneminde daha iyi olmuştur (8). Deneysel olarak hava keseleri *E.coli* ile enfekte edilen ve edilmeyen broyler civ- civlerinde 22 ppm (20 g/ton) β -1,3/1,6-glukanın etkisinin araştırıldığı bir çalışmada (20) her grup üç alt gruba ayrılmış ve bu alt gruplara sırasıyla kontrol yemi, 7 günlük ön β -glukan ilavesi ve 25 günlük sürekli β -glukan'lı yemle besleme yapılmıştır. Enfekte edilmeyen grupta β -glukan uygulaması canlı ağırlığı kontrol yemi ile beslenenlere göre azaltmıştır. Enfekte edilen grupta ise canlı ağırlık sadece 7 günlük ön β -glukan uygulaması yapılan grupta diğer enfekte edilen gruplara göre yüksek bulunmuştur. Yemden yararlanma oranı ise enfekte edilen broylerde sadece 7 günlük ön β -glukan uygulaması yapılan grupta iyileşmiş ve enfekte edilmeyen grupta ise rasyona β -glukan ilavesinin yemden yararlanma oranı üzerine her- hangi bir etkisi olmamıştır. Iowa Eyalet Üniversite- si'nde broyler rasyonlarına % 0.1 oranında β -glukan ilavesi yapılarak gerçekleştirilen bir dene- mede (31) β -glukan verilen grubun hayvanlarının göğüs/vücut kütlesi oranının kontrol grubundan daha yüksek olduğu fakat yem tüketimi ve canlı ağırlık bakımından gruplar arasında önemli bir farkın olmadığı bildirilmiştir. Atlantik Kanatlı Araş- tırma Enstitüsü'nde yapılan bir çalışmada (30) 3 gruba ayrılan broylerlere sırasıyla katkısız rasyon (kontrol), antibiyotik katkılı rasyon ve maya β -

glukanı katkılı rasyon verilmiştir. β -glukan düzeyinin başlangıç döneminde (0-14. günler) % 0.004, büyütme (15-24. günler) ve bitirme (25-38. günler) döneminde % 0.002 olarak ayarlandığı bu çalışmanın 14. gününde canlı ağırlıklar bakımından gruplar arasında bir farklılık olmamış, 24. gününde antibiyotik verilen grubun canlı ağırlıkları diğer gruplardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Denemenin 38. gününde ise antibiyotik ve β -glukan grubunun canlı ağırlıkları arasında farklılığa rastlanmayıp her iki grup da kontrol grubundan önemli derecede yüksek olmuştur. Deneme süresince gruplar arasında yem tüketimi ve yemden yararlanma oranı bakımından herhangi önemli bir farka da rastlanmamıştır. Sonuç olarak bu araştırmacılar deneme sonu itibarıyla performans parametreleri açısından antibiyotik ve β -glukan verilen grup arasında bir farkın olmamasının β -glukanın antibiyotiğe alternatif olarak kullanılabilmesinin bir göstergesi olduğunu vurgulamışlardır. Domuz yavrularında yapılan ve deneme gruplarının aynı şekilde tasarlandığı iki çalışmada Hahn ve ark. (16), rasyonlara I. denemede % 0, 0.01, 0.02, 0.03 ve 0.04 düzeyinde β -glukan, II. denemede ise % 0.02 düzeyinde β -glukan ilavesi yapmışlardır. I. denemede sütten kesimden 2. haftaya kadarki dönemde gruplar arasında günlük canlı ağırlık artışı, günlük ortalama yem tüketimi ve yemden yararlanma bakımından önemli bir farklılığa rastlanmamış, 3. ve 5. haftalar arasındaki dönemde ve tüm deneme süresince (0-35.günler) rasyondaki β -glukan düzeylerine bağlı olarak günlük canlı ağırlık artışlarında doğrusal bir artış olduğu fakat bunun istatistiksel açıdan önemli olmadığı tespit edilmiştir. Buna ek olarak yine aynı dönemde ve deneme süresince günlük ortalama yem tüketimi ve yemden yararlanma açısından gruplar arasında bir farka rastlanmamıştır. II. denemede rasyona β -glukan, antibiyotik ve her ikisinin birden ilavesi 0.-2. haftalar arasında yine günlük canlı ağırlık artışı, günlük ortalama yem tüketimi ve yemden yararlanma bakımından önemli bir farklılık yaratmamıştır. Denemenin 3.-5. haftaları arasında ise sadece β -glukan + antibiyotik kullanılan grup kontrol grubundan günlük canlı ağırlık artışı bakımından önemli derecede yüksek değere sahip olmuştur. Tüm deneme süresince ise günlük canlı ağırlık artışı β -glukan + antibiyotik kullanılan grupta kontrol grubundan ve tek başına β -glukan kullanılan gruptan daha yüksek olmuş fakat sadece antibiyotik kullanılan gruptan farklı olmamıştır. Sonuç olarak araştırmacılar rasyondaki β -glukan düzeyinin günlük canlı ağırlık artışı üzerinde antibiyotik olmadan iyileştirici bir etki yaratmadığını ve sütten kesilen domuz yavrularında antibiyotiğin büyüme performansı bakımından β -glukandan daha etkili olduğunu bildirmişler-

dir. Sütten kesilen domuz yavrularında yapılan diğer bir çalışmada (12) rasyona % 0.1 β -glukan ilavesinin günlük canlı ağırlık artışını kontrol grubuna göre önemsiz düzeyde azalttığını fakat denemenin 7-14. günler arasında günlük ortalama yem tüketimini kontrol grubuna göre önemli derecede düşürdüğünü gözlemlemişlerdir. Tüm deneme süresince ise (7-35. günler) β -glukan ilavesi büyüme performansında önemli bir fark yaratmamıştır. Aynı araştırmacıların rasyona % 0.025 ve 0.05 düzeyinde β -glukan katarak yaptıkları diğer bir denemede ise sadece % 0.025'lik β -glukan düzeyinin kontrol grubuna göre günlük canlı ağırlık artışını ve yem tüketimini önemli derecede arttırdığını, yemden yararlanma oranı bakımından gruplar arasında farklılığa rastlanmadığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde Hiss ve Sauerwein (18), 4. haftada sütten kesilmiş domuz yavrularında rasyona % 0, 0.015 ve 0.03 oranında β -glukan ilave ederek yaptıkları çalışmada günlük canlı ağırlık artışı, yem tüketimi ve yemden yararlanma bakımından gruplar arasında önemli bir farklılığa rastlanmadığını bildirmişlerdir. Fakat önemli olmamakla birlikte % 0.03 β -glukan verilen grubun kontrol grubuna göre daha fazla yem tüketmeye meyilli olduğunu belirtmişlerdir. Yeni doğmuş domuz yavrularında 4 hafta süresince C vitamini ve β -glukanın büyümeyi ilerletici etkisinin araştırıldığı bir çalışmada (13) deneme gruplarının rasyonlarına sırasıyla % 2.5 β -glukan, 75 ppm C vitamini ve % 2.5 β -glukan + 75 ppm C vitamini ilavesi yapılmıştır. Kontrol ve C vitamini grubuyla karşılaştırıldığında β -glukan ilavesi yapılan gruplarda günlük canlı ağırlık kazancının daha yüksek olduğu ve C vitamini ile β -glukanın birlikte sinerjik etki yarattıkları tespit edilmiştir. Tavşanlarda bir kısmının bireysel kafeslerde bir kısmının da grup halinde barındırıldığı ve her barınma sisteminde rasyonlara 0, 50, 100, 150, 200 ve 250 ppm β -1,3-1,6-glukan ilavesinin yapıldığı bir çalışmada (14) bireysel kafeslerde barındırılanlarda 100 ve 150 ppm β -glukan verilen grubun canlı ağırlık, canlı ağırlık kazancı ve yem tüketimleri kontrol grubuna göre sırasıyla % 9.4, 13.5 ve 14.3 daha yüksek olmuştur. Grup halinde barındırılan tavşanlarda ise 50 ve 150 ppm β -glukan verilenlerde canlı ağırlık ve canlı ağırlık kazancı kontrol grubundan sırasıyla % 5.8 ve 9.8 daha yüksek bulunmuştur. Sonuç olarak araştırmacılar tavşanlarda büyüme performansının iyileştirilmesinde 150 ppm β -glukanın rasyona ilave edilmesinin tavsiye edilebilir bir düzey olduğunu bildirmişlerdir.

β -glukanın etkilerini araştırmak için çiftlik hayvanlarından özellikle kanatlı ve domuzlarla yapılan yoğun çalışmalara ek olarak üzerinde araştırmaların devam ettiği diğer bir alan da su ürünleri yetiştiriciliğidir. Su ürünleri yetiştiriciliğinde β -glukana

Tablo 3. Çeşitli hayvan türlerinde β -glukanın performans üzerine etkisi ile ilgili bazı araştırma sonuçları

| Tür | Parametre | Gruplar | | | | | Kaynak | |
|-----------|----------------------|---------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---|----------------------------|------|
| | | Kontrol | Antibiyotik % 0.1 | β -glukan % 0.03 | β -glukan+ Antibiyotik | Önemlilik β -glukan Antibiyotik | | |
| Broyler | <u>CA kaz, g</u> | | | | | | | |
| | 0-17.gün | 471 | 498 | 494 | 508 | Önemsiz | (8) | |
| | 18-34.gün | 835 | 862 | 857 | 872 | Önemsiz | | |
| | 0-34.gün | 1306 | 1361 | 1351 | 1379 | Önemsiz | | |
| | <u>Yem tük, g</u> | | | | | | | |
| | 0-17.gün | 745 | 797 | 834 | 816 | Önemli ¹ | | |
| | 18-34.gün | 1557 | 1676 | 1680 | 1648 | Önemsiz | | |
| | 0-34.gün | 2301 | 2473 | 2514 | 2465 | Önemli ¹ | | |
| | <u>YYO</u> | | | | | | | |
| | 0-17.gün | 1.58 | 1.60 | 1.69 | 1.61 | Önemli ² | | |
| | 18-34.gün | 1.87 | 1.94 | 1.96 | 1.89 | Önemsiz | | |
| | 0-34.gün | 1.76 | 1.82 | 1.86 | 1.79 | Önemsiz | | |
| Broyler | <u>CA, g</u> | | | | | | | (30) |
| | 0-14.gün | 293.9 | 320.0 | 309.3 | | | | |
| | 15-24.gün | 752.9 ^b | 817.9 ^a | 771.4 ^b | | | | |
| | 25-38.gün | 1934.2 ^b | 2008.5 ^a | 1986.5 ^a | | | | |
| | <u>Yem tük, g</u> | | | | | | | |
| | 0-14.gün | 419.2 | 435.9 | 433.7 | | | | |
| | 15-24.gün | 849.3 | 889.8 | 859.2 | | | | |
| | 25-38.gün | 2129.0 | 2129.4 | 2108.4 | | | | |
| | <u>YYO</u> | | | | | | | |
| | 0-14.gün | 1.68 | 1.59 | 1.62 | | | | |
| 15-24.gün | 1.87 | 1.80 | 1.87 | | | | | |
| 25-38.gün | 1.80 | 1.79 | 1.74 | | | | | |
| Domuz | | Kontrol | β -glukan % 0.015 | β - glukan % 0.03 | | | (18) | |
| | GCAA, g/gün | 265 | 293 | 307 | | | | |
| | GYT, g/gün | 434.5 | 466.0 | 501.0 | | | | |
| | YYO | 1.6 | 1.6 | 1.6 | | | | |
| Domuz | | Kontrol | β -glukan % 0.025 | β -glukan % 0.05 | | | (12) | |
| | <u>GCAA, g/gün</u> | | | | | | | |
| | 0-14.gün | 322 | 377 | 331 | | | | |
| | 14-28.gün | 504 ^a | 608 ^b | 558 ^{ab} | | | | |
| | 0-28.gün | 413 ^a | 495 ^b | 445 ^{ab} | | | | |
| | <u>GYT, g/gün</u> | | | | | | | |
| | 0-14.gün | 309 ^a | 372 ^b | 318 ^{ab} | | | | |
| | 14-28.gün | 522 | 640 | 581 | | | | |
| | 0-28.gün | 431 ^a | 531 ^b | 481 ^a | | | | |
| | <u>YYO</u> | | | | | | | |
| 0-14.gün | 1.03 | 1.01 | 1.03 | | | | | |
| 14-28.gün | 0.83 | 0.82 | 0.81 | | | | | |
| 0-28.gün | 0.94 | 0.93 | 0.93 | | | | | |
| Tavşan | | Kontrol | β -glukan 50 ppm | β -glukan 100 ppm | β -glukan 150 ppm | β -glukan 200 ppm | β -glukan 250 ppm | (14) |
| | <u>Birey kafeste</u> | | | | | | | |
| | CA, g | 1910 ^b | 2053 ^{ab} | 2087 ^a | 2093 ^a | 2029 ^{ab} | 2013 ^{ab} | |
| | GCAA, g/gün | 40.5 ^b | 44.6 ^{ab} | 45.9 ^a | 46.1 ^a | 44.5 ^{ab} | 42.3 ^{ab} | |
| | GYT, g/gün | 94.4 ^b | 106.6 ^{ab} | 108.4 ^a | 107.4 ^a | 105.9 ^{ab} | 99.0 ^{ab} | |
| | YYO | 2.33 | 2.39 | 2.36 | 2.32 | 2.37 | 2.36 | |
| | <u>Grup kafeste</u> | | | | | | | |
| | CA, g | 1852 ^b | 1956 ^a | 1913 ^{ab} | 1955 ^a | 1931 ^{ab} | 1946 ^{ab} | |
| | GCAA, g/gün | 38.8 ^b | 42.6 ^a | 41.0 ^{ab} | 42.6 ^a | 41.7 ^{ab} | 42.2 ^{ab} | |
| | GYT, g/gün | 83.8 | 91.7 | 86.4 | 92.2 | 91.0 | 87.7 | |
| YYO | 2.16 | 2.15 | 2.11 | 2.15 | 2.18 | 2.06 | | |

| Balık | | β -glukan 0 mg/kg | β -glukan 50 mg/kg | β -glukan 100mg/kg | β -glukan 200mg/kg | (37) |
|---------|--------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|
| | CAK, g/balık | 53.80 | 56.67 | 55.09 | 55.49 | |
| | YYO | 0.67 ^{ab} | 0.69 ^a | 0.63 ^b | 0.63 ^b | |
| Balık | | Grup I ⁴ | Grup II ⁵ | Grup III ⁶ | Grup IV ⁷ | Grup V ⁸ |
| | CAK ⁹ | | | | | |
| | 3.hafta | 139 ^a | 137 ^{ab} | 143 ^a | 115 ^b | 137 ^{ab} |
| | 9.hafta | 605 | 589 | 622 | 625 | 577 |
| | YYO | | | | | (33) |
| | 3.hafta | 0.67 ^c | 0.70 ^{bc} | 0.73 ^{ab} | 0.77 ^a | 0.75 ^a |
| | 9.hafta | 0.90 | 0.95 | 0.95 | 0.98 | 0.97 |
| Karides | | Kontrol | MOS | β -glukan | | |
| | CAK, g | 1.07 ^b | 1.37 ^a | 1.12 ^b | | (17) |
| | YYO | 3.09 | 3.13 | 3.12 | | |
| | Son uzunluk, cm | 7.16 | 7.42 | 7.39 | | |

¹(P<0.10), ^{2,a,b}(P<0.05), ³Başlangıç rasyonuna % 0.04, büyüme ve bitirme rasyonuna % 0.02 oranında katılmıştır, CA: Canlı ağırlık, GCAA: Günlük canlı ağırlık artışı, GYT: Günlük yem tüketimi, YYO: Yemden yararlanma oranı ^{a,b,c}(P<0.05)

⁴Sadece buğday içeren rasyon verilmiştir, ⁵Düşük (38 g/kg) β -glukan düzeyli arpa içeren rasyon verilmiştir,

⁶Orta (52 g/kg) β -glukan düzeyli arpa içeren rasyon verilmiştir, ⁷Yüksek (82 g/kg) β -glukan düzeyli arpa içeren rasyon verilmiştir, ⁸Maya β -glukan'ı (2 g/kg) içeren rasyon verilmiştir.

⁹ $[(\text{Son ortalama canlı ağırlık} - \text{Başlangıç ortalama canlı ağırlığı}) / \text{Başlangıç ortalama canlı ağırlığı}] \times 100$

CAK: Ortalama canlı ağırlık kazancı

bağlı olarak büyüme performansındaki artış büyük ölçüde β -glukanın rasyonda kullanıldığı miktara, besleme süresine, çevre sıcaklığına ve çalışılan türe bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Büyüme performansında artışın sağlanabilmesi için β -glukanın dozu ve uygulama süresi ile ilgili olarak her balık türü için besleme stratejilerinin geliştirilmesi gerektiği bildirilmektedir (10). Son yıllarda balıklarda β -glukanın büyüme performansı üzerine etkilerini açıklayan çeşitli çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmaların bir kısmı belirli çevre şartlarında β -glukanın büyüme performansı üzerine artırıcı etkisi olduğunu ileri sürerken bir kısmı ise herhangi bir etkisinin olmadığını bildirmektedir. Örneğin Cook ve ark. (9) *Pagrus auratus* türü levreklerde rasyona % 0.1 oranında β -glukan ilavesinin 24 °C su sıcaklığında canlı ağırlık artışı bakımından gruplar arasında önemli bir fark yaratmazken 12 °C sıcaklıkta deneme grubu kontrol grubuna göre önemli derecede yüksek canlı ağırlığa sahip olduğunu bildirmişlerdir. Ai ve ark. (2) büyük sarı şarlatan (*Pseudosciaena crocea*) balıklarında 8 hafta süresince rasyona düşük (% 0.09) ve yüksek (% 0.18) düzeyde β -1,3 glukan ilavesi yaptıkları bir denemede düşük β -glukan ile beslenen grubun büyüme oranını kontrol grubuna göre önemli derecede yüksek bulmuşlardır. Yüksek β -glukan oranı ile beslenen grup ile kontrol grubu arasında ise aynı parametre bakımından önemli bir farka rastlanmamıştır. Whittington ve ark. (37) tarafından Nil çupralarında 0, 50, 100 ve 200 mg β -glukan içeren

rasyonla yaptıkları bir çalışmada canlı ağırlık kazancı bakımından gruplar arasında önemli bir farka rastlanmamış fakat 50 mg/kg β -glukan ilavesi yapılan grubun yemden yararlanma oranı diğer iki deneme grubuna göre daha yüksek olmuştur. Kontrol grubu ile deneme grupları arasında ise canlı ağırlık kazancı ve yemden yararlanma bakımından önemli bir farka rastlanmamıştır. Sealey ve ark. (33) tarafından levreklerde (*Oncorhynchus mykiss*) yapılan bir çalışmada kontrol grubuna buğday içeren rasyon, deneme gruplarından üç tanesine sırasıyla düşük (38 g/kg), orta (52 g/kg) ve yüksek (82 g/kg) düzey β -glukana sahip üç farklı genotipteki arpalardan içeren rasyonlar ve diğer deneme grubuna ise 2 g/kg maya β -glukanı içeren rasyon verilmiştir. Denemenin 3. haftasında yüksek β -glukanlı arpa ile beslenenlerde canlı ağırlık kazancı kontrol grubuna göre önemli derecede düşük, yemden yararlanma oranı ise yüksek β -glukanlı arpa ve maya β -glukanı verilen grupta kontrol grubuna göre önemli derecede yüksek bulunmuştur. Denemenin 9. haftasında ise gruplar arasında performans parametreleri bakımından önemli bir farka rastlanmamıştır. Karideslerde yapılan bir denemede ise Hisano ve ark. (17) % 0.2 mannanoligosakkarit (MOS) içeren rasyonla beslenen grubun kontrol grubu ve % 0.2 β -glukan verilen gruptan önemli derecede yüksek canlı ağırlık kazandığını, fakat β -glukan verilen grup ile kontrol grubu arasında önemli bir farkın olmadığını bildirmişlerdir. Yemden yararlanma bakımından ise

gruplar arasında farkın olmadığını bildiren araştırmacılar sonuç olarak MOS'in β -glukana göre büyüme performansı bakımından daha iyi sonuç yarattığını belirtmişlerdir. Çeşitli hayvan türlerinde β -glukanın performans üzerine etkisi ile ilgili bazı araştırma sonuçları Tablo 3'te sunulmuştur.

Sonuç

Hayvan beslemede bağışıklık ve performansı iyileştirici yem katkı maddesi olarak β -glukanın kullanılması ile ilgili son yıllarda yapılan çalışmalar oldukça farklı sonuçlar ortaya koymuştur. Bu nedenle bu maddenin etkinliği ile ilgili kesin bir sonuca varmak zor olmakla birlikte özellikle kanatlı, küçükbaş ve büyükbaş çiftlik hayvanları üzerinde daha geniş saha çalışmalarına ihtiyaç vardır. Bu yöndeki eksikliklerin giderilmesi β -glukanın alternatif yem katkı maddesi olarak güvenle kullanılması açısından son derece yararlı olacaktır.

Kaynaklar

- Adachi Y, Okazaki M, Ohno N, Yadomae T, 1994. Enhancement of cytokine production by macrophages stimulated with (1 \rightarrow 3)-beta-D-glucan, grifolan (GRN), isolated from *Grifola frondosa*. *Biol Pharm Bull*, 17 (12): 1554-1560.
- Ai Q, Mai K, Zhang L, Tan B, Zhang W, Xu W, Li H, 2007. Effects of dietary β -1,3 glucan on innate immune response of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea*. *Fish Shellfish Immunol*, 22 (4): 394-402.
- Bagni M, Archetti L, Amadori M, Marino G, 2000. Effect of long-term administration of an immunostimulant diet on immunity in sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *J Vet Med B Infect Dis Vet Public Health*, 47 (10): 745-751.
- Bohn JA, BeMiller JN, 1995. (1-3)- β -D-glucans as biological response modifiers: A review of structure-functional activity relationships. *Carbonhydr Polym*, 28 (1): 14.
- Brown GD, Gordon S, 2003. Fungal β -glucans and mammalian immunity. *Immunity*, 19 (3): 311-315.
- Brown GD, Herre J, Williams DL, Willment JA, Marshall AS, Gordon S, 2003. Dectin-1 mediates the biological effects of β -glucans. *J Exp Med*, 197 (9): 1119-1124.
- Brown GD, Gordon S, 2001. Immune recognition: A new receptor for β -glucans. *Nature*, 413: 36-37.
- Chae BJ, Lohakare JD, Moon WK, Lee SL, Park YH, Hahn TW, 2006. Effects of supplementation of β -glucans on the growth performance and immunity in broilers. *Res Vet Sci*, 80 (3): 291-298.
- Cook MT, Hayball PJ, Hutchinson W, Nowak BF, Hayball JD, 2003. Administration of a commercial immunostimulant preparation, EcoActivaTM as a feed supplement enhances macrophage respiratory burst and growth rate of snapper (*Pagrus auratus*, Sparidae (Bloch and Schneider)) in winter. *Fish Shellfish Immunol*, 14 (4): 333-45.
- Dalmo RA, Bogwald J, 2008. β -glucans as conductors of immune symphonies. *Fish Shellfish Immunol*, 25 (4): 384-396.
- Debaulny M, Quentel C, Fournier V, Lamour F, Legouvello R, 1996. Effects of long term oral administration of β -glucan as an immunostimulant or an adjuvant on some non-specific parameters of the immune response of turbot, *Scophthalmus maximus*. *Dis Aquat Org*, 2: 139-147.
- Dritz SS, Shi J, Kielian TL, Goodband RD, Nelssen JL, Tokach MD, Chengappa MM, Smith JE, Blecha F, 1995. Influence of dietary β -glucan on growth performance, nonspecific immunity, and resistance to *Streptococcus suis* infection in weanling pigs. *J Anim Sci*, 73 (11): 3341-3350.
- Eicher SD, McKee CA, Carroll JA, Pajor EA, 2006. Supplemental vitamin C and yeast cell wall β -glucan as growth enhancers in newborn pigs and as immunomodulators after an endotoxin challenge after weaning. *J Anim Sci*, 84 (9): 2352-2360.
- García-Ruiz AI, Pérez-Bonilla A, Pérez de Ayala P, Eissen J, 2008. Effect of yeast β -glucans on rabbit performances and mortality from 35 to 63 days of age. *9th World Rabbit Congress – June 10-13, 2008 – Verona – Italy*.
- Guo Y, Ali RA, Qureshi MA, 2003. The influence of β -glucan on immune responses in broiler chicks. *Immunopharmacol Immunotoxicol*, 25 (3): 461-472.
- Hahn TW, Lohakare JD, Lee SL, Moon WK, Chae BJ, 2006. Effects of supplementation of β -glucans on growth performance, nutrient digestibility, and immunity in weanling pigs. *J Anim Sci*, 84 (6): 1422-1428.

17. Hisano H, Falcon DR, Barros MM, Pezzato LE, 2008. Influence of yeast and yeast derivatives on growth performance and survival of Juvenile Prawn *Macrobrachium Amazonicum*. *Ciênc Anim Brasil*, 9 (3): 657-662.
18. Hiss S, Sauerwein H, 2003. Influence of dietary β -glucan on growth performance, lymphocyte proliferation, specific immune response and haptoglobin plasma concentrations in pigs. *J Anim Physiol Anim Nutr*, 87 (1-2): 2-11.
19. Huff GR, Huff WE, Rath NC, Tellez G, 2006. Limited treatment with β -1,3/1.6-glucan improves production values of broiler chickens challenged with *Escherichia coli*. *Poult Sci*, 85 (4): 613-618.
20. Jung K, Ha Y, Ha SK, Han DU, Kim DW, Moon WK, Chae C, 2004. Antiviral effect of *Saccharomyces cerevisiae* β -glucan to swine influenza virus by increased production of interferon- γ and nitric oxide. *J Vet Med B*, 51 (2): 72-76.
21. Kournikakis B, Mandeville R, Brousseau P, Ostroff G, 2003. Anthrax-protective effects of yeast β -1,3 glucans. *MedGenMed*, 5 (1):1.
22. Leblanc BW, Albina JE, Reichner JS, 2006. Effect of β -glucan on neutrophil chemotaxis in vivo. *J Leukocyte Biol*, 79 (4): 667-675.
23. Li J, Li DF, Xing JJ, Cheng ZB, Lai CH, 2006. Effects of β -glucan extracted from *Saccharomyces cerevisiae* on growth performance and immunological and somatotropic responses of pigs challenged with *Escherichia coli* lipopolysaccharide. *J Anim Sci*, 84 (9): 2374-2381.
24. Li J, Xing JJ, Li D, Wang X, Zhao L, Lv S, Huang D, 2005. Effects of β -glucan extracted from *Saccharomyces cerevisiae* on humoral and cellular immunity in weaned piglets. *Archiv Anim Nutr*, 59: 303-312.
25. Liang J, Melican D, Cafro L, Palace G, Fiset L, Armstrong R, Patchen ML, 1998. Enhanced clearance of a multiple antibiotic resistant *Staphylococcus aureus* in rats treated with PGG-glucan is associated with increased leukocyte counts and increased neutrophil oxidative burst activity. *Int J Immunopharmacol*, 20 (11): 595-614.
26. Lowry VK, Farnell MB, Ferro PJ, Swaggerty CL, Bahl A, Kogut MH, 2005. Purified β -glucan as an antibiotic feed additive up-regulates the innate immune response in immature chickens against *Salmonella enterica* serovar *Enteritidis*. *Int J Food Microbiol*, 98 (3): 309-318.
27. Mucksova J, Babicek K, Pospisil M, 2001. Particulate 1,3- β -D-glucan, carboxymethylglucan and sulfoethylglucan-influence of their oral or intraperitoneal administration on immunological response of mice. *Folia Microbiol (Praha)*, 46 (6): 559-563.
28. Olson EJ, Standing JE, Griego-Harper N, Hoffman OA, Limper AH, 1996. Fungal β -glucan interacts with vitronectin and stimulates tumor necrosis factor alpha release from macrophages. *Infect Immun*, 64 (9): 3548-3554.
29. Palic D, Andreasen CB, Herolt DM, Menzel BW, Roth JA, 2006. Immunomodulatory effects of β -glucan on neutrophil function in fathead minnows (*Pimephales promelas* Rafinesque, 1820). *Dev Comp Immunol*, 30 (9): 817-830.
30. Rathgeber B, Budgell K, Maclsaac J, Mirza M, 2007. Yeast β -glucans and broiler chicken growth. Atlantic Poultry Research Institute, Factsheet, 30, 2007. <http://www.thepoultrysite.com/articles/940/yeast-beta-glucans-and-broiler-chicken-growth/print>
31. Redmond SB, Lamond SJ, 2008. Effect of dietary β -glucans on growth performance in developing chickens. Iowa State University Animal Industry Report 2008, A.S. Leaflet R2331. <http://www.ans.iastate.edu/report/air/?pg=tablecontent08>
32. Robertsen B, Roerstand G, Engstad RE, Raa J, 1990. Enhancement of non-specific disease resistance in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., by a glucan from *Saccharomyces cerevisiae* cell walls. *J Fish Dis*, 13: 391-400.
33. Sealey WM, Barrows FT, Hang A, Johansen KA, Overturf K, LaPatra SE, Hardy RW, 2008. Evaluation of the ability of barley genotypes containing different amounts of β -glucans to alter growth and disease resistance of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Anim Feed Sci Technol*, 141 (1-2): 115-128
34. Stuyven E, Cox E, Vancaeneghem S, Arnouts S, Deprez P, Goddeeris BM, 2009. Effect of β -glucan on an ETEC infection in piglets. *Vet Immunol Immunopathol*, 128 (1-3): 60-66.

35. Tzianabos AO, 2000. Polysaccharide immunomodulators as therapeutic agents: Structural aspects and biologic function. *Clin Microbiol Rev*, 13 (4): 523-533.
36. Volman JJ, Ramakers JD, Plat J, 2008. Dietary modulation of immune function by β -glucans. *Physiol Behav*, 94 (2): 276-284.
37. Whittington R, Lim C, Klesius PH, 2005. Effect of β -glucan levels on the growth response and efficacy of *Streptococcus iniae* vaccine in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 248 (1-4): 217-225.
38. Yun CH, Estrada A, Kessel AV, Gajadhar AA, Redmond MJ, Laarveld B, 1997. β -(1 \rightarrow 3, 1 \rightarrow 4) oat glucan enhances resistance to *Eimeria vermiformis* infection in immunosuppressed mice. *Int J Parasitol*, 27 (3): 329-337.
39. Yun CH, Estrada A, Van Kessel A, Park BC, Laarveld B, 2003. β -glucan, extracted from oat, enhances disease resistance against bacterial and parasitic infections. *FEMS Immunol Med Microbiol*, 35 (1): 67-75.

Yazışma Adresi:

Dr. Onur KESER
İstanbul Üniversitesi, Veteriner Fakültesi
Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları ABD
Avcılar/İstanbul, 34320
Tel: 212 473 70 70 / 17173
Fax: 212 473 72 41
E-mail: okeser@istanbul.edu.tr