

İnülinin Kanatlı Beslemede Kullanılması

Onur KESER *  Tanay BİLAL *

* İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, TR-34320, Avcılar, İstanbul - TÜRKİYE

Makale Kodu (Article Code): KVFD-2009-1107

Özet

Son yıllarda birçok araştırmacı hayvan beslemede alternatif doğal yem katkı maddesi olarak prebiyotik ve doğal sakkaritik maddeler üzerine yoğunlaşmıştır. İnülin konağın kalın bağırsaklarında fermente edilen prebiyotik bir oligosakkarittir. Bu derlemede inülinin kanatlılarda sindirim sistemi özellikleri (mikroflora, morfoloji, dışkı özellikleri vs), büyüme ve verim performansı, yağ dokusu, kolesterol ve mineral emilimi üzerine etkilerine değinilmektedir.

Anahtar sözcükler: *İnülin, Kanatlı besleme, Mikroflora, Performans*

The Use of Inulin in Poultry Nutrition

Summary

In recent years, many researches were focused on alternative natural feed additives such as prebiotics and natural saccharitic materials for animal nutrition. Inulin is a prebiotic oligosaccharide fermented in the large intestine of host. In this review, the effects of inulin on gastrointestinal characteristics (microflora, morphology, feces characteristics etc.), growth and production performance, fat tissue, cholesterol and mineral absorption in poultries will be mentioned.

Keywords: *Inulin, Poultry feeding, Microflora, Performance*

GİRİŞ


Hayvanlarda refahı artırmak ve ekonomik faydalar sağlamak amacıyla hayvan yemlerinde antibiyotik ve kemoterapötikler uzun yıllar kullanılmıştır. Bu durum hem insan hem de hayvanlarda patojenik bakterilerin antibiyotiklere karşı direnç geliştirmesi riski ile ilgili endişelerin artmasını da beraberinde getirmiştir. Avrupa Birliğinde 1 Ocak 2006 tarihinden itibaren antibiyotik büyütme faktörlerinin kullanımı tümüyle yasaklanmıştır. Büyümeyi ilerletici antibiyotiklerin eksikliğinin üstesinden gelebilmek amacıyla; ortamdaki patojenlerin uzaklaştırılması ve immun yanıtın artırılması için bağırsak mikroflorasının düzenlenmesine yardım eden ve performansı artıran besleme stratejileri ile yem katkı maddeleri geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bu bağlamda, son yıllarda antibiyotiklere alternatif olarak probiyotik organizmalar ve prebiyotik bileşiklere ilgi giderek artmıştır. Prebiyotikler, konakçı tarafından sindirilemeyen fakat


etkisini bağırsak içerisinde sınırlı sayıda yararlı bakterilerin büyüme ve aktivitesini uyarak gösteren ve böylece konakçının sağlık durumunu iyileştiren maddeler olarak tanımlanmaktadır ¹. Birçok bitkisel kaynaktan doğal bir prebiyotik olarak dikkat çekmekte ve bununla ilgili çalışmalar devam etmektedir ². Günümüzde en çok çalışılan inülin tipi fruktanlar içerisinde nativ inülin, enzimle hidrolize edilen inülin ve fruktooligosakkaritler bulunmaktadır ³.

İNÜLİNİN KİMYASAL YAPISI VE KAYNAKLARI

İnülin, bitkilerde depo karbonhidrat olarak geniş ölçüde bulunan fruktan zincirlerinin bir karmasıdır. Yaklaşık 36.000 bitki türünün inülin içerdiği tahmin edilmek-

 **İletişim (Correspondence)**

 +90 212 4737070/17173

 okeser@istanbul.edu.tr

tedir. Günümüzde, ticari olarak inülinin büyük bir kısmı hindiba bitkisinin köklerinden elde edilmektedir². Kimyasal olarak inülin β -(2→1) fruktosil-fruktoz bağları içeren çoklu dağılımlı doğrusal bir karbonhidrattır⁴. Ticari olarak kısmen daha ucuz üretilebilen, herhangi bir toksik etkisine rastlanmayan ve prebiyotik sınıfına dahil edilen hindiba inülini, polimerizasyon derecesi sırasıyla 11-65 ve 3-10 arasında değişen fruktan ve oligofruktoz zincirlerini beraber içermektedir⁵. Bazı doğal kaynaklar ile içerdikleri inülin miktarları **Tablo 1**'de sunulmuştur.

Tablo 1. Bazı bitkisel kaynaklar ve inülin düzeyleri⁶

Table 1. Some herbal sources and their inulin levels⁶

Kaynak	Kullanılabilir Kısım	İnülin İçeriği (%)
Soğan	Yumru	2-6
Yerelması	Yumru	14-19
Hindiba	Kök	15-20
Pırasa	Yumru	3-10
Sarımsak	Yumru	9-16
Enginar	Yapraklar ve göbek	3-10
Muz	Meyve	0.3-0.7
Çavdar	Tahıl	0.5-1
Arpa	Tahıl	0.5-1.5
Dulavratotu	Kök	3.5-4.0
Kamas	Yumru	12-22
Yemlikotu	Kök	4-11

İNÜLİNİN MİKROBİYAL FLORA ve SİNDİRİM SİSTEMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Kanatlılarda özellikle sekum olmak üzere tüm sindirim kanalı çok sayıda mikrofloranın gelişmesine olanak sağlayacak yapıdadır. İnce bağırsak mikroflorası iki hafta içerisinde oluşurken, erişkin sekal floranın oluşması için daha uzun bir süreye gerek vardır. Otuz gün içerisinde sekum *bifidobacteria* ve laktobasiller gibi zorunlu anaerob bakteriler tarafından istila edilir. Erişkin bir kanatlıda sekum içeriğinin her gramındaki mikroflora yükü yaklaşık 10¹⁰'dur¹¹. Kanatlılarda sekum içerisinde normal bir mikrofloranın olmaması bakteriyel enfeksiyon şüphesini uyandırmaktadır⁷. Prebiyotik olarak inülin ve inülin tipi fruktanlar sağlık açısından güvenilir ve toksik bir yan etkisi olmayan maddeler olarak tanımlanmaktadır⁸. İnülinin prebiyotik etkisiyle ilgili çeşitli araştırmalar mevcuttur. Genel olarak bu maddenin hayvanlarda sağlığı iyileştirmede ve bağırsak fonksiyonlarını düzenlemede katkı sağladığı bildirilmektedir. Ayrıca bazı enterik enfeksiyonları baskılaması yanında bağırsakların morfolojisini modifiye edebildiği ve absorpsiyon kapasitesini artırdığı da ileri sürülmektedir⁹. Suda çözünübilirlik, fermentabilite vs gibi benzer özelliklerinden dolayı inülinin çözünübilir nişasta yapısında olmayan polisakkarit (NOP) gibi davranış gösterdiğine inanılmaktadır¹⁰. İnülinin NOP'lerden ayırıcı özelliği spesifik ve seçici olarak bakteriyel gelişimi uyarmasıdır. İn-

lin sindirim kanalında *bifidobacteria*, *lactobacilli* ve belli başlı bütirik asit üreten yararlı bakterilerin gelişmesini seçici olarak uyarırken¹¹, aynı zamanda *Clostridium perfringens* gibi patojenik bakterilerin çoğalmasını da durdurabilmektedir¹². İnülin ve oligofruktozlar *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* türleri gibi normal bağırsak florası tarafından diğer grup bakterilere göre daha etkin olarak kullanılabilir. Bu mikroorganizmalar inülin ve oligofruktozu fermente ederek kısa zincirli yağ asitleri (KZYA) ve laktat oluşturarak patojenik mikroorganizmaların gelişimini sınırlandıracak asidik bir ortam yaratmaktadır¹³. Wang ve Gibson¹⁴ tarafından yapılan *in vitro* bir çalışmada, inülin ve oligofruktozun fermente olabilirliği kültürdeki bakteriyel son ürünün ölçülerek bir dizi referans karbonhidratla karşılaştırılmıştır. KZYA ve gaz oluşumu bu maddelerin karma bağırsak bakteri popülasyonu tarafından kullanıldığını ve inülinin özellikle *bifidobacterium* üzerine uyarıcı etki gösterdiğini fakat buna karşılık potansiyel patojen bakteri popülasyonlarının kısmen daha düşük seviyede kaldığını ortaya koymuştur. Rada ve ark.¹⁵, yumurtacı tavuklarda inülinin sekal *bifidobacteria* sayısı üzerine olan etkisini araştırdıkları bir çalışmalarında deneme grubunda %5 inülin içeren rasyon kullanmışlar ve sonuç olarak sekal *bifidobacteria* konsantrasyonu deneme grubunda 3 kattan fazla artmıştır. Total *bifidobacteria* sayısı içerisindeki inülin fermente edici *bifidobacteria* oranı ise deneme grubunda kontrol grubuna göre 2 kat daha yüksek bulunmuştur. Yusrizal ve Chen¹⁶ broylerlere hindiba fruktanlarının (inülin ve oligofruktoz) dışkı ve bağırsak mikroflorası üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında deneme gruplarına sırasıyla %1 inülin ve %1 oligofruktoz katmışlardır. Her iki deneme grubunda 4. haftada dışkı total aerob ve *E. coli* sayısında önemli bir azalma görülmüştür. Dişi broylerlerde taşlık ve ince bağırsak içeriğindeki *lactobacilli* sayısında sadece oligofruktoz ilavesi artış yaratırken kalın bağırsak total *Campylobacter* sayısı her iki deneme grubunda önemli derecede düşük bulunmuştur. Ayrıca, dişi broylerlerde her iki deneme grubunda dışkı *lactobacilli* sayısında da artış görülürken erkek broylerlerde *Campylobacter* sayısı, dişi broylerlerde *Salmonella* sayısı düşük bulunmuştur. Chambers ve ark.¹⁷'nin kompleks karbonhidratların *Salmonella typhimurium* kolonizasyonu üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında kontrol grubunun rasyonuna hiçbir karbonhidrat kompleksi katılmamış deneme gruplarına ise sırasıyla %8 yerelması yumrusu unu (%5 Raftiline®'e eşdeğer) ve %5 Raftiline® (rafine hindiba inülini) katılmıştır. Broylerler denemenin 5. gününde oral olarak *S. typhimurium* (10⁷ CFU) ile enfekte edilmiş, denemenin 3. haftasında *Salmonella* skoru bakımından gruplar arasında önemli bir farklılığa rastlanmamış fakat 6. haftada rafine inülin verilen grup diğer gruplardan daha düşük skora sahip olmuştur. İnülinin kanatlılarda mikrobiyal flora üzerine etkileri ile ilgili bazı çalışma sonuçları **Tablo 2**'de sunulmuştur.

Tablo 2. İnülinin mikrobiyal flora üzerine etkileri
Table 2. The effects of inulin on microbial flora

Kanatlı	Parametre	Grup						KN
		Kontrol			% 5 İNL			
Yumurta Tavuğu	SBK	9.6 ^B			10.2 ^A			15
	<i>Bifidobacteria</i>	10.7			10.8			
Total bakteri	35.7 ^B			76.2 ^A				
İFB, %								
		Erkek			Dişi			
		Kontrol	%1 İNL	%1 OF	Kontrol	%1 İNL	%1 OF	
Broyler	SBK (42. gün)							16
	Laktobasil	9.18	9.00	9.32	8.95	9.07	9.00	
	Total aerob	8.59	8.35	8.29	8.89	8.47	8.70	
	<i>E. coli</i> /Koliform	7.99	7.96	7.65	8.69 ^b	7.57 ^a	7.71 ^a	
	<i>Salmonella</i>	8.26	7.79	7.86	8.65 ^b	7.56 ^a	7.71 ^a	
	<i>Campylobacter</i>	5.29 ^b	4.18 ^{ab}	3.30 ^a	4.43	4.14	4.07	
	İBBK (42. gün)							
	Laktobasil	8.91 ^{ab}	8.66 ^a	8.99 ^b	8.01 ^a	8.62 ^{ab}	8.89 ^b	
	Total aerob	9.16	9.03	8.90	9.20	9.03	9.24	
	<i>E. coli</i> /Koliform	8.30	7.50	7.36	8.25 ^b	7.74 ^a	8.27 ^b	
	<i>Salmonella</i>	8.34	7.69	7.81	8.14	7.81	8.13	
	<i>Campylobacter</i>	3.55	3.70	3.19	3.78	3.58	3.54	
	KBBK (42. gün)							
	Laktobasil	9.18	9.35	9.22	8.97 ^a	9.34 ^b	9.40 ^b	
	Total aerob	9.22	9.10	8.90	8.93 ^a	9.40 ^b	9.49 ^b	
	<i>E. coli</i> /Koliform	8.85	7.90	8.12	8.60 ^b	8.08 ^a	8.73 ^b	
	<i>Salmonella</i>	8.53	8.22	7.82	8.92	8.04	8.83	
	<i>Campylobacter</i>	5.32 ^b	4.36 ^{ab}	3.69 ^a	5.37 ^b	3.78 ^a	4.12 ^a	
	TBK (42. gün)							
Laktobasil	6.37 ^a	7.06 ^{ab}	7.31 ^b	7.16 ^b	6.68 ^a	7.86 ^c		
Total aerob	7.16	7.61	7.41	7.48	7.62	7.73		
<i>E. coli</i> /Koliform	3.40	3.50	4.22	3.15 ^a	4.11 ^b	3.64 ^{ab}		
<i>Salmonella</i>	2.42 ^a	3.32 ^{ab}	3.65 ^b	2.79	3.72	2.86		
<i>Campylobacter</i>	2.48	2.64	2.92	2.46	3.07	2.93		
		Kontrol		Deneme I ¹		Deneme II ²		
Broyler	Salmonella skoru³							17
	3. hafta	1.88		2.00		1.96		
	5. hafta	1.78		1.80		1.52		
	6. hafta	1.13		1.81 ^{**}		0.61 [*]		

KN: Kaynak numarası, **SBK:** Sekum bakteri konsantrasyonu (⁶log CFU/g içerik), **İNL:** İnülin, **İFB:** İnülin fermente eden bifidobacteria oranı, **İBBK:** İnce bağırsak bakteri konsantrasyonu, **KBBK:** Kalın bağırsak bakteri konsantrasyonu, **TBK:** Taşlık bakteri konsantrasyonu, **OF:** Oligofruktoz, ¹ Rasyona %5 Raftiline®'e eşdeğer %8 yerelması yumrusu unu ilave edilmiştir, ² Rasyona %5 Raftiline® ilave edilmiştir, ³ Denemenin 5. gününde her gruba oral yoldan 10⁷ cfu *Salmonella typhimurium* verilmiş ve 3. haftadan itibaren sekal swablardan tespit edilmiştir (0= 0 cfu, 1= 1-100 cfu, 2= >100 cfu). ^{A,B} P<0.01, ^{a,b} P<0.05, ^{*}, ^{**} P<0.001

İnülinin sindirim sistemi morfolojisi ve dışkı parametreleri ile ilgili ilişkisini ortaya koyan çalışmalar da mevcuttur. Tam olarak anlaşılacakla birlikte inülinin fermantasyonu ile açığa çıkan son ürün KZYA'nin hücre proliferasyonunu uyararak bağırsak gelişimine katkıda bulunduğu¹⁸ ve özellikle epitel hücreleri için enerji kaynağı olan bütirik asitin villus uzunluğu ve kript derinliğinde düzenleyici etki yarattığı bildirilmiştir¹⁹. Ratlarla yapılan bir laboratuvar çalışmasında inülin ve oligofruktozun bağırsak KZYA miktarını artırarak içerik ve dışkıdaki pH düzeyinin düşmesine yol açtığı ve bu etkinin muhte-

melen bağırsak mukozasının hiperplazisi ve hem ince bağırsakta hem de sekumda duvar kalınlığının artması ile ilişkili olabileceği belirtilmiştir²⁰. Chen ve ark.²¹'nin yumurta tavuklarında deneme gruplarına %1 oligofruktoz içeren bir ticari prebiyotik ve %1 inülin içeren rasyon vererek yaptıkları bir denemede, her iki yem katkı maddesinin de kontrol grubuna göre ince ve kalın bağırsak uzunluğunda önemli bir artış yarattığını tespit etmişlerdir. Deneme grubunda %1 oranında inülin kullanarak yaptıkları bir çalışmada, Rehman ark.²², inülinin broylerde villus:kript derinliği oranında bir değişim yarat-

madan jejunumda villus uzunluğunu ve kript derinliğini önemli ölçüde artırdığını bildirmişlerdir. Erkek ve dişi broylerlerde yapılan bir çalışmada deneme gruplarına %1 inülin ve %1 oligofruktoz ilave edilen rasyon verilmiş ve her iki yem katkı maddesi de dışilerde bağırsak uzunluğunu ve ince bağırsaktaki villus dağılım yoğunluğunu artırmıştır ²³. Aynı araştırmacıların yaptıkları benzer bir çalışmada rasyona %1 oligofruktoz ilavesi taze dışıkadaki uçucu amonyak miktarını ve pH derecesini ilk dört hafta içerisinde azalttığını, fakat bu etkinin 5 ve 6. haftada ortadan kalktığını gözlemlenmiştir. İnülin verilen grupta ise dışkı amonyak miktarı bakımından diğer gruplara göre önemli bir fark görülmemiştir. Dışkı nem içeriğinin ise oligofruktoz ve inülin verilen gruplarda daha az olduğu gözlenmiştir ¹⁶. Hindilerde yapılan bir çalışmada ²⁴ deneme gruplarından birinin rasyonuna flavomisin (8 mg/kg), diğer deneme gruplarının rasyonuna ise sırasıyla inülinin düşük (16 hafta süresince %0.1), orta (ilk 8 hafta %0.4, son 8 hafta %0.2) ve yüksek (ilk 8 hafta %1 ve son 8 hafta %0.4) düzeyleri katılmıştır. Gruplar arasında dışkı amonyak miktarı bakımından önemli bir farka rastlanmamış, fakat inülinin orta ve yüksek dozları düşük doza göre bağırsak içeriği pH düzeyini önemli ölçüde düşürmüştür. İnülin dozunun artırılması düşük doza kıyasla sekumdaki KZYA miktar ve konsantrasyonunu önemli ölçüde artırmıştır. İnce bağırsak ve sekum uzunluğu ve doku ağırlığı bakımından

ise gruplar arasında önemli bir farka rastlanmamıştır. Zdunczyk ve ark. ²⁵ tarafından hindilerde yapılan benzer bir çalışmada, deneme gruplarına sırasıyla flavomisin (8 mg/kg), %1 mannanoligosakkarit (MOS) ve %1 inülin içeren rasyonlar verilmiştir. Dışkı parametrelerinden kuru madde ve amonyak miktarları bakımından gruplar arasında önemli bir farka rastlanmamış, fakat MOS ve inülin verilen gruplarda dışkı pH değeri kontrol grubuna göre önemli derecede düşük olmuştur. Total KZYA miktarı ise en düşük antibiyotik grubunda, en yüksek ise inülin grubunda tespit edilmiştir. Yine hindilerde yapılan kontrol ve dört deneme grubundan oluşan bir çalışmada, Stanczuk ve ark. ²⁶, deneme gruplarında MOS ve inülinin her birinin %0.1 ve %0.4 oranlarını içeren rasyonlar kullanmışlardır. Dışkı kuru madde ve pH değerleri bakımından gruplar arasında önemli bir farka rastlanmamış, fakat %0.1 inülin kullanılan grupta dışkı amonyak miktarı her iki düzey MOS kullanılan gruplara göre önemli derecede düşük bulunmuştur. Total KZYA miktarı bakımından deneme grupları arasında önemli bir farka rastlanmazken, tüm deneme grupları kontrol grubuna göre önemli derecede yüksek KZYA konsantrasyonuna sahip olmuşlardır. İnülinin kanatlılarda sindirim sistemi morfolojisi ve bazı dışkı parametreleri üzerine etkisi ile ilgili yapılan çeşitli araştırmaların sonuçları sırasıyla *Tablo 3* ve *4*'te sunulmuştur.

Tablo 3. İnülünin sindirim sistemi morfolojisi üzerine etkileri

Table 3. The effects of inulin on digestive system morphology

Kanatlı	Parametre	Grup						KN
		Erkek			Dişi			
		Kontrol	%1 İNL	%1 OF	Kontrol	%1 İNL	%1 OF	
Broyler	TBU, cm	180.32	179.39	186.96	172.04 ^a	180.43 ^{ab}	185.63 ^b	22
		Kontrol		%1.3 İNL	%1 OF			
Yumurta Tavuğu	İBU, cm KBU, cm	150.12 ^b 5.33 ^b		157.25 ^a 6.43 ^a		157.13 ^a 6.06 ^a		21
		Kontrol			%1 İNL			
Broyler	VY, mm KD, mm VY:KD		781.6 ^b 199.3 ^b 3.94			941.2 ^a 260.5 ^a 3.63		22
		Kontrol		Antibiyotik ¹	İNL-D ²	İNL-O ³	İNL-Y ⁴	
Hindi	İBU, cm İBDA SU, cm SDA	305 12.92 92 3.21		298 13.11 92 3.01	295 12.58 94 3.01	294 12.43 87 2.83	296 13.63 86 2.97	24

KN: Kaynak numarası, **İNL:** İnülin, **OF:** Oligofruktoz, **TBU:** Tüm bağırsak uzunluğu (ince ve kalın bağırsak), **İBU:** İnce bağırsak uzunluğu, **KBU:** Kalın bağırsak uzunluğu, **VY:** Villus yüksekliği, **KD:** Kript derinliği, **İBDA:** İnce bağırsak doku ağırlığı (g/kg canlı ağırlık), **SU:** Sekum uzunluğu, **SDA:** Sekum doku ağırlığı (g/kg canlı ağırlık), ¹ Rasyona 8 mg/kg Flavomisin ilave edilmiştir, ² Rasyona 16 hafta için düşük düzey inülin (%0.1) ilave edilmiştir, ³ Rasyona orta düzey inülin (ilk 8 hafta için %0.4, son 8 hafta için %0.2) ilave edilmiştir, ⁴ Rasyona yüksek düzey inülin (ilk 8 hafta için %1, son 8 hafta için %0.4) ilave edilmiştir, ^{ab} P<0.05

Tablo 4. İnülinin bazı dışkı parametreleri üzerine etkileri
Table 4. The effects of inulin on some feces parameters

Kanatlı	Parametre	Grup						KN
		Erkek			Dişi			
		Kontrol	%1 İNL	%1 OF	Kontrol	%1 İNL	%1 OF	
Broyler	UAK, ppm	4.13	2.75	3.88	2.56	2.13	2.50	16
	pH	7.00	6.58	6.83	6.68	6.25	6.43	
	Nem, %	81.45	81.74	82.03	82.12	82.42	82.17	
		Kontrol		Deneme I ¹		Deneme II ²		
Broyler	Sekal pH							17
	3. hafta	5.38		5.65		5.54		
	5. hafta	5.80 *		5.34 **		5.50 **		
	6. hafta	5.85 +		5.46 **		5.40 **		
		Kontrol			%1 İNL			
Broyler	Sekal KZYA, µmol/g							43
	Asetat	40.7			37.6			
	Propiyonat	6.0			6.5			
	n-Butirat	7.4			9.5			
	n-Valerat	5.4			2.6			
	İzo-butirat	0.7			0.7			
	İzo-valerat	0.6			0.7			
	Total	60.7			57.6			
		Kontrol	%5 Yerelması		%10 Yerelması			
Yumurta Tavuğu	pH						44	
	Duodenum	5.84	6.11		6.01			
	İnce barsak	5.67	6.06		5.75			
	Sekum	6.05	5.89		6.14			
	Kalın barsak	6.68	6.70		6.04			
	Dışkı	6.78	6.24		6.73			
		Kontrol	Antibiyotik ³	İNL-D ⁴	İNL-O ⁵	İNL-Y ⁶		
Hindi	İleal içerik						24	
	KM, %	17.6	17.7	17.1	17.1	17.4		
	pH	6.30	6.36	6.46	6.19	6.19		
	Sekal içerik							
	KM, %	19.1	19.0	17.7	18.5	18.2		
	pH	6.88	7.09	7.12	6.84	6.92		
	Total KZYA, µmol/g	41.1A	37.9 ^{AB}	26.9 ^C	31.3 ^{BC}	37.4 ^{AB}		
	Dışkı							
	KM, %	18.36	19.41	20.45	19.83	19.67		
	pH	5.77	5.65 ^{ab}	5.56 ^b	5.50 ^b	5.48 ^b		
Amonyak, mg/g	1.57	1.56	1.36	1.53	1.51			
		Kontrol	Antibiyotik ³	%1 MOS	%1 İNL			
Hindi	Dışkı						25	
	KM, %	18.36	19.41	18.20	19.67			
	pH	5.77 ^a	5.65 ^{ab}	5.51 ^b	5.48 ^b			
	Amonyak, mg/g	1.57	1.56	1.43	1.51			
	Asetat, µmol/g	11.21 ^{ab}	7.49 ^b	12.50 ^{ab}	19.34 ^a			
	Propiyonat, µmol/g	4.51 ^a	3.84 ^{ab}	3.17 ^{ab}	2.80 ^b			
	İzo-butirat, µmol/g	0.99 ^A	0.58 ^B	0.63 ^B	0.70 ^B			
	Butirat, µmol/g	3.87	5.01	4.49	3.91			
	Total KZYA, µmol/g	20.58	16.92	20.79	26.75			

KN: Kaynak numarası, **İNL:** İnülin, **OF:** Oligofruktoz, **UAK:** Uçucu amonyak konsantrasyonu, **KZYA:** Kısa zincirli yağ asitleri, **KM:** Kuru madde, ¹ Rasyona %5 inüline eşdeğer %8 yerelması unu ilave edilmiştir, ² Rasyona %5 rafine inülin ilave edilmiştir, ³ Rasyona 8 mg/kg Flavomisin ilave edilmiştir, ⁴ Rasyona 16 hafta için düşük düzey inülin (%0.1) ilave edilmiştir, ⁵ Rasyona orta düzey inülin (ilk 8 hafta için %0.4, son 8 hafta için %0.2) ilave edilmiştir, ⁶ Rasyona yüksek düzey inülin (ilk 8 hafta için %1, son 8 hafta için %0.4) ilave edilmiştir * ** P<0.001, +, ** P<0.01, ab P<0.05, A,B,C P<0.01

İNÜLİNİN PERFORMANS ÜZERİNE ETKİLERİ

İnülin ve inülin tipi fruktanların bağırsak kanalındaki fermentasyonunun, gerek bakteriyel ekosistem üzerindeki düzenleyici etkileri, gerekse bağırsak uzunluğu, vilus yüksekliği ve kript derinliğindeki artışa bağlı olarak emilim kapasitesinde artışa yol açacağı ve sonuç olarak genç hayvanlarda yemden yararlanmayı ve büyümeyi iyileştirici bir sonuç yaratabileceği bildirilmiştir. Özellikle kanatlılarda inüline bağlı olarak performanstaki iyileşmenin ince ve kalın bağırsak uzunluğundaki artışla ve dolayısıyla mide-bağırsak kanalının emici kapasitesindeki artışla ilgili olabileceği ileri sürülmüştür⁹. Literatür bildirişler bu hususta farklı sonuçlar ortaya koymaktadır. Van Leeuwen ve ark.²⁷, çalışmanın 10. gününde *Eimeria acervulina* ve 14, 15 ve 16. gününde *Clostridium perfringens* ile oral yoldan inoküle edilmiş broylerde rasyona 3, 9 ve 20 g/kg oranında ilave ettikleri inülinin iyileştirici etkisini araştırdıkları bir denemede, rasyona inülin katılmasının performans üzerine olumlu etki yarattığını fakat yem tüketimi ve canlı ağırlık kazancı bakımından istatistiksel açıdan önemli farklılıkların inokülasyon öncesi dönemde (0-9 günlük) ve 23-28 günlük dönemde gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Tüm çalışma süresince (35 gün) ise 20 g/kg oranında inülin katılan grup yem tüketimi ve canlı ağırlık kazancı bakımından kontrol ve diğer deneme gruplarından önemli derecede yüksek değere sahip olmuş, fakat yemden yararlanma bakımından gruplar arasında önemli bir farka rastlanmamıştır. Aynı araştırmacıların erkek ve dişi broylerde inülinin farklı düzeyleri (0, 1, 2, 5, 10 ve 20 g/kg) ile yaptıkları benzer bir denemede ise yem tüketimi, canlı ağırlık kazancı ve yemden yararlanma bakımından önemli düzeyde iyileştirici etkinin 0-21 günlük dönem zarfında inülinin en az 10 g/kg düzeyinde kullanılması ile gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, yem tüketimi ve canlı ağırlık kazancı bakımından rasyon ve cinsiyet etkileşiminin istatistiksel açıdan önemli olduğunu ve performans üzerine olan etkilerin dişilere nazaran özellikle erkek broylerde dikkati çektiğini de bildirmişlerdir²⁸. Performans ve cinsiyet arası etkileşime örnek olarak Yusrizal ve Chen²³ tarafından broylerde yapılan bir deneme de gösterilebilir. Bu denemede rasyona %1 inülin ve %1 oligofruktoz ilavesi sadece dişilerde canlı ağırlık kazancını, yemden yararlanmayı, karkas ağırlığını ve karkas yüzdesini iyileştirmiş, erkeklerde ise önemli bir etki yaratmamıştır.

İnülin ve inülin tipi fruktanların kanatlı performansı üzerine önemli bir etki yaratmadığı sonucuna varan çalışmalar da mevcuttur. Nitekim Chen ve ark.²¹, %1 oligofruktoz ve %1 inülin ilavesinin broylerde yemden yararlanma oranını iyileştirdiğini, fakat buna karşılık yem

tüketimi ve canlı ağırlık bakımından önemli bir farklılık yaratmadığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde, yumurtacı tavuklarda yapılan bir denemede rasyonlara %1 oligofruktoz ve %1.3 inülin ilavesinin yem tüketiminde önemli bir fark yaratmadığı (hayvan başına ortalama 99 g/gün) ve canlı ağırlık bakımından ise her iki grupta da benzer bir düşüş meydana geldiği (sırasıyla %6.7 ve %8.6) gözlemlenmiştir²⁹. Yine broylerde yapılan bir çalışmada, antibiyotik (10 mg/kg flavomisin) içeren ve içermeyen kontrol grubuna ek olarak deneme gruplarına inülinin farklı düzeylerinin (5, 10, 15 ve 20 g/kg) ilave edilmesi canlı ağırlık, yem tüketimi ve yemden yararlanma oranı bakımından gruplar arasında önemli bir fark yaratmamış, ve sonuç olarak araştırmacılar inülinin antibiyotik içeren ve içermeyen kontrol grubuna kıyasla büyüme performansında etki yaratmadığı sonucuna varmışlardır³⁰. Yıldız ve ark.³¹'nin yumurtacı tavuklarda yaptıkları bir çalışmada kontrol grubunda sadece bazal rasyon, deneme gruplarına ise sırasıyla %5 fiğ, %5 yerelması, %5 fiğ + %5 yerelması ve %10 fiğ + %10 yerelması içeren rasyon kullanılmışlardır. Rasyonların inülin içeriklerinin sırasıyla %0.9, 1.2, 1.6, 1.86 ve 2.7 olarak tespit edildiği bu denemede %10 fiğ + %10 yerelması kullanılan grupta canlı ağırlıklar diğer gruplara göre %4.36-10.09 oranında azalmıştır. Buna karşılık %5 fiğ + %5 yerelması ve %10 fiğ + %10 yerelması kullanılan gruplarda ise her düzine yumurta üretimi için tüketilen yem miktarı azalmış ve sonuç olarak rasyona yerelması ilavesi yemden yararlanmayı iyileştirmiştir. Hindilerde yapılan 16 haftalık bir denemede inülinin düşük (16 hafta süresince %0.1), orta (ilk 8 hafta %0.4, son 8 hafta %0.2) ve yüksek (ilk 8 hafta %1 ve son 8 hafta %0.4) düzeyleri kullanılmış ve ilk 8 hafta süresince yem tüketimi ve yemden yararlanma tüm gruplar için benzer olmuştur. İnülinin yüksek düzeyi ise canlı ağırlık kazancında diğer gruplara göre azalma yaratmıştır. Sonuç olarak rasyona inülin ilavesi hindilerde son canlı ağırlıkta bir artışa yol açmayıp aksine yüksek düzey inülin verilen hayvanlar en hafif canlı ağırlığa sahip olmuşlardır²⁴. Yine hindilerde yapılan benzer iki çalışmadan birinde deneme gruplarına sırasıyla 8 mg/kg flavomisin, %1 MOS ve %1 inülin; diğerinde ise deneme gruplarına MOS ve inülinin her birinin %0.1 ve %0.4 oranlarını içeren rasyonlar verilmiş ve her iki denemede de canlı ağırlık, yem tüketimi ve yemden yararlanma bakımından gruplar arasında önemli bir farka rastlanmamıştır^{25,26}. İnülinin kanatlılarda büyüme performansı üzerine etkileri ile ilgili bazı çalışmaların sonuçları **Tablo 5'**te sunulmuştur.

Büyüme performansına ek olarak verim bakımından özellikle yumurtacı kanatlı üretiminde yumurta verim ve kalitesinin de önemli bir kriter olduğu bilinmektedir. Yem katkı maddesi olarak inülin ve inülin tipi fruktanların yumurta verim ve kalitesi üzerine etkilerini araştıran çalış-

Tablo 5. İnülinin büyüme performansı üzerine etkileri
Table 5. The effects of inulin on growth performance

Kanatlı	Parametre	Grup						KN
		Erkek			Dişi			
		Kontrol	%1 İNL	%1 OF	Kontrol	%1 İNL	%1 OF	
Broyler	CA, g	2210.79 ^a	2180.66 ^a	2262.35 ^a	1972.81 ^a	1986.53 ^a	2176.22 ^b	23
	Karkas, g	1488.09 ^a	1485.75 ^a	1518.38 ^a	1310.80 ^a	1337.82 ^a	1482.13 ^b	
	Karkas, %	66.69 ^a	68.11 ^b	67.09 ^{ab}	66.36 ^a	66.92 ^{ab}	68.05 ^b	
	YYO	1.84 ^a	1.89 ^a	1.83 ^a	1.93 ^b	1.95 ^b	1.78 ^a	
		Kontrol	40 ppm FLV	%0.5 İNL	%1 İNL	%1.5 İNL	%2 İNL	
Broyler	CA, g	1632	1653	1736	1690	1664	1666	30
	YT, g	2563	2611	2660	2613	2618	2602	
	YYO	1.57	1.58	1.54	1.55	1.58	1.56	
		Kontrol	%0.1 İNL	%0.2 İNL	%0.5 İNL	%1 İNL	%2 İNL	
Broyler	CAA, g/gün	61.7 ^a	61.9 ^a	61.8 ^a	62.8 ^a	64.3 ^b	66.9 ^c	28
	YT, g/gün	91.7 ^a	91.0 ^a	91.1 ^a	92.6 ^{ab}	94.6 ^b	92.8 ^c	
	YYO	1.49	1.47	1.47	1.48	1.47	1.47	
		Kontrol	8 ppm FLV	%0.1 İNL	%0.4 İNL	%1 İNL		
Hindi	CAK, kg	3.90 ^a	3.86 ^{ab}	3.86 ^{ab}	3.95 ^a	3.67 ^b		24
	YT, kg/hindi	7.27	7.36	7.47	7.58	7.23		
	YYO	1.85	1.90	1.92	1.91	1.96		
		Kontrol	8 ppm FLV	%1 MOS	%1 İNL			
Hindi	CA, kg	3.59	3.65	3.69	3.57			25
	YT, kg/8 hafta	6.72	6.92	7.03	7.10			
	YYO	1.88	1.93	1.94	1.99			
		Kontrol	%0.1 MOS	%0.4 MOS	%0.1 İNL	%0.4 İNL		
Hindi	CA, kg	3.65	3.71	3.67	3.60	3.67		26
	YT, kg/8 hafta	7.27	7.40	7.39	7.47	7.57		
	YYO	2.03	2.03	2.05	2.11	2.10		

KN: Kaynak numarası, **İNL:** İnülin, **OF:** Oligofruktoz, **CA:** Canlı ağırlık, **CAA:** Canlı ağırlık artışı, **CAK:** Canlı ağırlık kazancı, **YT:** Yem tüketimi, **YYO:** Yemden yararlanma oranı, **FLV:** Flavomisin, **MOS:** Mannanoligosakkarit ^{ab} P<0.05, ^{a,b,c} P<0.001

malar oldukça az olmakla birlikte elde edilen sonuçların da farklılık gösterdiği dikkati çekmektedir. Hindiba fruktanlarının özellikle kalsiyum ve magnezyum olmak üzere mineral emilimini uyardığı bildirilmiştir³². Chen ve ark.²¹ yumurtacı tavuklarda rasyona %1 oranında oligofruktoz tipi prebiyotik ve %1 inülin ilavesiyle yaptıkları bir çalışmada her iki prebiyotik katkısının yumurta üretimini önemli derecede artırdığını ve bu durumun hayvanların hindiba fruktanları sayesinde yemden yararlanma ve mineral emilimindeki iyileşmeye paralel olarak kümülatif yumurta ağırlığındaki düzelmeye bağlı olabileceğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar ortalama yumurta ağırlığı bakımından gruplar arasında önemli bir farka rastlamışlardır. Araştırmacılar ayrıca yumurta kalitesi açısından da albumin yüksekliğinin bir ölçüsü olan Haugh biriminin uygulamadan etkilenmediğini, fakat her iki prebiyotik ilavesinin yumurta kalitesinde bir gerileme yaratmadan yumurta üretimini önemli ölçüde artırdığını bildirerek rasyona oligofruktoz veya inülin ilavesinin yu-

murta büyüklüğü ve tazeliğine bir zarar vermeden yumurtlama performansını iyileştirdiğini vurgulamışlardır. İçerdiği inülin düzeyi ile hemen hemen hindibaya eşdeğer olan yerelması ile yapılan bir çalışmada Yıldız ve ark.³¹ rasyona yerelması ilavesinin yumurta üretiminde önemli bir etki yaratmadığı fakat yumurta veriminde kısmi artışın %10 yerelması ilavesi yapılan grupta daha belirgin olduğunu (kontrol grubuna kıyasla %2) tespit etmişlerdir. Fakat yumurta ağırlığı, kırılma direnci, kabuk ağırlığı ve kabuk kalınlığı gibi parametreler bakımından rasyona %5 yerelması katılan grup %10 yerelması katılan gruba göre önemli derecede yüksek değerlere sahip olmuştur. Yumurta içi kalitesi ile ilgili olarak ise Haugh birimlerinin deneme gruplarında kontrol grubuna göre önemli düzeyde düşük olduğu tespit edilmiştir. Yumurtacı tavuklarda mineral yararlanımı üzerine oligofruktoz ve inülinin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada ise rasyona %1 oligofruktoz ve %1 inülin ilavesinin denemenin ilk haftasında yumurta kabuğu ağırlık yüzdesi üzerine bir

etkisinin olmadığını, fakat ilerleyen haftalarda kontrol grubuna göre önemli derecede arttığını (sırasıyla %3.64 ve 4.44) tespit etmişlerdir. Aynı şekilde yumurta kabuğu dayanıklılığı da ¹. haftadan sonra artmış ve bu durumun kalsiyum emilimindeki artışın bir sonucu olduğunu bildirmişlerdir ³³. İnülinin kanatlılarda yumurta verim ve kalitesi üzerine etkileri ile ilgili bazı çalışma sonuçları **Tablo 6**'da sunulmuştur.

Tablo 6. İnülinin yumurta verim ve kalitesi üzerine etkileri

Table 6. The effects of inulin on egg production and quality

Kanatlı	Parametre	Grup			KN
		Kontrol	%1.3 İNL	%1 OF	
Tavuk	Yem tüketimi, g/gün	99.54	99.25	99.58	21
	YYO, kg yem/kg yumurta	2.09 ^a	1.87 ^b	1.84 ^b	
	Ortalama yumurta ağırlığı, g	63.09	63.01	62.61	
Tavuk	Ortalama kabuk ağırlık yüzdesi Kırılma dayanıklılığı, kg	Kontrol	%1.3 İNL	%1 OF	33
		8.79 ^b	9.11 ^a	9.18 ^a	
		2.02 ^b	2.15 ^a	2.12 ^a	

KN: Kaynak numarası, **İNL:** İnülin, **OF:** Oligofruktoz, **YYO:** Yemden yararlanma oranı, ^{a,b} $P < 0.05$

İNÜLİNİN YAĞ DOKUSU VE KOLESTEROL ÜZERİNE ETKİLERİ

İnsan ve hayvan sağlığı açısından prebiyotiklerin yararlı etkileri sadece enfeksiyon ve hastalıklara karşı direnci artırmakla ya da bakteriyel fermantasyonla sindirilmeyen besin maddelerinden yararlanımı artırmakla sınırlı olmayıp lipid metabolizması üzerinde de yararlı etkiler yaratabildiği belirtilmektedir ⁹. Örneğin gönüllü olarak insanlar üzerinde yapılan denemelerde inülinin serum kolesterol düzeyini azalttığı ^{34,35}, aynı şekilde inülinin hamster ³⁶ ve köpeklerde ³⁷ de kolesterol düşürücü etkisi olduğu kanıtlanmıştır. Bazı eriyebilir bitki liflerinin hipokolesterolemik etki mekanizmasının nötral steroid ve safra asitlerinin salgılanmasındaki artışa ya da propiyonik asit gibi fermantasyon yan ürünlerinin sentezindeki artışa bağlı olarak karaciğerdeki kolesterol sentezindeki azalışla ilgili olabileceği ileri sürülmüştür ³⁸. Yapılan bu çalışmalar aynı etkilerin kanatlılarda da olabileceği hususunda araştırmacılara umut kaynağı olmaktadır. Fakat kanatlılar üzerinde yapılan çalışmalar oldukça sınırlı sayıdadır. Ammerman ve ark. ³⁹'nin yaptığı bir denemede erkek broylerlerde %0.37 düzeyinde oligofruktoz ilavesi canlı ağırlık, sıcak karkas ağırlığı ve göğüs eti yüzdesini iyileştirmesi yanında abdominal yağ miktarını azaltmıştır. Yusrizal ve Chen ²³ broyler rasyonlarında %1 oligofruktoz ve %1 inülin kullanarak yaptıkları bir denemede abdominal yağ miktarı azalmış ve bu fark inülin kullanılan grupta istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Ayrıca araştırmacılar aynı çalışmada rasyona

inülin veya oligofruktoz ilavesinin serum kolesterol düzeyini de önemli derecede azalttığını tespit ederek bu durumun karaciğerde kolesterol metabolizması ile etkileşime yol açan propiyonat gibi KZYA'nin üretimindeki artışa bağlı sistemik bir etkiden kaynaklanabileceğini ileri sürmüşlerdir. Yumurtacı tavuklarda yapılan denemeler yumurta sarısı yağ içeriği ve yumurta kolesterolü açısından değerli sonuçlar sunmaktadır. Nitekim Chen ve ark. ²⁹

yumurtacı tavuklarda rasyonlara %1 oligofruktoz ve %1.3 inülin ilavesinin abdominal yağ miktarında kontrol grubuna göre sırasıyla %19 ve 24 yumurta sarısı yağ konsantrasyonunda da sırasıyla %7.2 ve 8.4 oranında azalma yarattığını tespit etmişlerdir. Yine Chen ve ark. ⁴⁰ tarafından yumurta tavuklarında yapılan benzer bir denemede rasyona %1 oligofruktoz ve %1 inülin ilavesinin yumurta sarısında kolesterolü sırasıyla %18.64 ve %16.44 oranında azaltmış olması düşük kolesterol içeren yumurta üretimi açısından oligofruktoz ve inülinin alternatif bir yöntem sunabileceğine dikkat çekmişlerdir. İnülinin kanatlılarda yağ dokusu ve kolesterol üzerine etkileri ile ilgili bazı çalışmaların sonuçları **Tablo 7**'de sunulmuştur.

İNÜLİNİN MİNERAL EMİLİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Rasyondaki minerallerin düzeyi yanında bu minerallerin emilim düzeyi de yararlanılabilirliğin tespit edilmesinde kritik bir faktördür. Laktoz ve kazein fosfopeptidler gibi mineral emilimini arttırıcı potansiyel katkı maddelerine ek olarak sindirilmeyen oligosakkaritlerden özellikle inülin tipi fruktanlara da bu bakımdan ilgi artmıştır ⁴¹. Özellikle ratlar ve insanlar üzerinde yapılan çalışmalar inülin tipi fruktanların esas olarak kalsiyum ve magnezyum gibi minerallerin emilimini uyardığını ve kemik sağlığı üzerine yararlı etkiler yaratabildiğini göstermiştir ³². İnülin tipi fruktanların mineral emilimini uyararak kemik mineral içeriğinde iyileşme yaratmasının altında yatan mekanizmanın kalın bağırsak ve özellikle sekumda KZYA'nin

Tablo 7. İnülinin yağ dokusu ve kolesterol üzerine etkileri
Table 7. The effects of inulin on fat tissue and cholesterol

Kanatlı	Parametre	Grup						KN
		Erkek			Dişi			
		Kontrol	%1 İNL	%1 OF	Kontrol	%1 İNL	%1 OF	
Broyler	Abdominal yağ							23
	% CA	1.73 ^b	1.22 ^a	1.50 ^{ab}	2.20 ^b	1.55 ^a	1.76 ^{ab}	
	% Karkas	2.65 ^b	1.80 ^a	2.24 ^{ab}	3.35 ^b	2.34 ^a	2.34 ^{ab}	
	Serum kolesterol (g/dL)	140.25 ^b	96.00 ^a	96.00 ^a	128.50 ^b	107.00 ^a	103.00 ^a	
		Kontrol		%1.3 İNL	%1 OF			
Yumurta Tavuğu	Yumurta sarısı yağı							29
	% oranı	30.08 ^a		29.71 ^a		28.47 ^b		
	Yumurta başına (mg)	5.27 ^a		4.89 ^b		4.83 ^b		
		Kontrol		%1.3 İNL	%1 OF			
Yumurta Tavuğu	Yumurta sarısı							40
	Ağırlık (mg/yumurta)	17.59 ^a		16.75 ^a		16.51 ^a		
	Kolesterol (mg/g)	11.32 ^a		9.16 ^b		9.16 ^b		
	Kolesterol (mg/yumurta)	199.12 ^a		153.37 ^b		151.25 ^b		
	Atılan kolesterol	2.51 ^b		4.58 ^a		3.98 ^a		
	Dışkıdaki düzey (mg/g)	177.67 ^b		279.39 ^a		313.55 ^a		
	Hayvan başına (mg)							
		Kontrol		%5 Yerelması	%10 Yerelması			
Yumurta Tavuğu	Serum							44
	Trigliserit (mg/dL)	1691.58 ^A		1093.33 ^B		1476.58 ^{AB}		
	Total kolesterol (mg/dL)	188.92		164.75		169.42		

KN: Kaynak numarası, **İNL:** İnülin, **OF:** Oligofruktoz, **CA:** Canlı ağırlık, ^{a,b} P<0.05, ^{A,B} P<0.01

Tablo 8. İnülinin tibia parametreleri üzerine etkileri
Table 8. The effects of inulin on some tibia parameters

Kanatlı	Parametre	Grup						KN
		Kontrol	40 ppm FLV	%0.5 İNL	%1 İNL	%1.5 İNL	%2 İNL	
Broyler	Kuru ağırlık							30
	(g)	4.41	4.42	4.58	4.60	4.56	4.30	
	(g/100 g CA)	0.269	0.269	0.264	0.259	0.262	0.249	
	Uzunluk							
	(cm)	8.13	7.94	8.20	8.06	8.20	7.81	
	(cm/100 g CA)	0.506	0.484	0.478	0.454	0.476	0.452	
	Genişlik							
	(mm)	8.1	8.5	8.9	8.8	8.2	8.4	
	(mm/100 g CA)	0.508	0.520	0.518	0.492	0.476	0.490	
	Kül							
(g)	1.77	1.82	1.99	1.94	1.94	1.83		
(%)	40.1 ^b	41.2 ^{ab}	43.4 ^a	42.1 ^{ab}	41.9 ^{ab}	42.4 ^a		
Kalsiyum								
(g)	0.651	0.662	0.726	0.791	0.697	0.661		
(%)	14.76 ^b	14.99 ^{ab}	15.86 ^a	15.68 ^a	15.27 ^{ab}	15.35 ^{ab}		
		Kontrol		%1.3 İNL	%1 OF			
Yumurta Tavuğu	Kül (g/kg kemik)	560.07 ^b		587.94 ^a		584.18 ^a		33
	Ca (g/kg kemik)	213.44 ^b		225.31 ^a		221.53 ^a		
	Mg (g/kg kemik)	3.24		3.37		3.36		
	P (g/kg kemik)	100.71 ^b		106.30 ^a		104.74 ^a		
	Na (g/kg kemik)	4.46 ^b		4.83 ^a		4.67 ^{ab}		
	K (g/kg kemik)	0.73		0.79		0.75		
	Cu (mg/kg kemik)	< 4.56		< 4.49		< 5.13		
	Zn (mg/kg kemik)	267.48		253.10		257.87		
	Fe (mg/kg kemik)	405.45		367.62		345.03		

KN: Kaynak numarası, **İNL:** İnülin, **CA:** Canlı ağırlık, **FLV:** Flavomisin, **OF:** Oligofruktoz, ^{a,b} P<0.05

mikrobiyal fermantasyonu sonucu lumen içi pH düzeyinin düşmesi ve dolayısıyla minerallerin eriyebilir fraksiyonlarındaki artışa yol açması olduğu bildirilmektedir. Ayrıca fermantasyon ürünü olarak oluşan butirik asitin sekum ağırlığı ve villus yüksekliğindeki artışa yol açarak emilim yüzeyindeki genişlemenin de bunda etkili bir rol oynadığı belirtilmektedir⁴². Yüksek verimli broylerde bacak zayıflığı, osteoporozis ve dejeneratif kemik bozukluklarına bağlı problemler nedeniyle performansta düşüş ve mortalitede artışın görülmesi sık karşılaşılan sorun olmasına rağmen inülin tipi fruktanların kanatlılarda mineral metabolizması üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmalar yok denecek kadar azdır. Broylerde rasyona inülinin farklı düzeylerinin (5, 10, 15 ve 20 g/kg) ilavesi ile yapılan 5 haftalık bir denemede inülin kontrol grubuna göre kısmi kalsiyum, çinko ve bakır tutulumunu iyileştirmiş (sırasıyla %18.4, 35.5 ve 466) fakat magnezyum ve demir tutulumu üzerine önemli bir etki göstermemiştir. Bununla birlikte rasyona inülin ilavesi tibia kül miktarı ve Ca konsantrasyonunu artırmış fakat bu etki tibia morfolojisi (ağırlık, uzunluk ve kalınlık) üzerinde önemli bir değişikliğe yol açmamıştır³⁰. Yumurta tavuklarında yapılan 4 haftalık bir çalışmada ise rasyona %1 oligofruktoz ve %1 inülin ilavesi tibia kül, kalsiyum ve fosfor düzeylerini kontrol grubuna göre önemli düzeyde artırmış fakat tibia magnezyum, potasyum, bakır, çinko ve demir düzeyleri bakımından gruplar arasında bir fark yaratmamıştır. Ayrıca denemenin 1. haftasından sonra yumurta kabuğu ağırlığı ve dayanıklılığı da önemli derecede artmıştır³³. İnülinin kanatlılarda tibia parametreleri üzerine etkileri ile ilgili bazı çalışmaların sonuçları **Tablo 8'**de sunulmuştur.

SONUÇ

Doğada birçok bitkide bulunması yanında çalışmalarda genellikle ticari olarak hindibadan elde edilen inülin kullanılmaktadır. İnülin sindirim kanalında *bifidobacteria*, *lactobacilli* ve belli başlı bütirik asit üreten yararlı bakterilerin gelişmesini seçici olarak uyardığı, bağırsak epiteli ve uzunluğu üzerine olumlu etkiler yaratarak emilim yüzeyini artırdığı, bağırsak içeriği ve dışkıda pH'ı düşürerek asidik ortam yarattığı, kolesterol atılımını artırdığı, dışkıda uçucu amonyak konsantrasyonunu azalttığı ve sonuç olarak bağırsak fonksiyonlarını iyileştirici prebiyotik etkisi nedeniyle hayvan sağlığı üzerine olumlu etkilerde bulunduğu çalışmalarla kanıtlanmıştır. Fakat özellikle kanatlılarda büyüme performansı ve verim kalitesi üzerine olan etkileri ile ilgili oldukça farklı sonuçlar elde edilmiş olup bu konuda daha kapsamlı araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır. İnülinin mineral emilimi ve iskelet yapısı üzerine olan etkileri konusunda ise çalışmaların büyük çoğunluğunun laboratuvar hayvanlarında gerçek-

leştirilmiş olmasına rağmen kanatlılar üzerinde yapılan denemeler ise oldukça az sayıdadır.

KAYNAKLAR

- Gibson GR, Probert HM, Van Loo J, Rastall RA, Roberfroid M:** Dietary modulation of the human clonic microbiota: updating the concept of prebiotics. *Nutr Res Rev*, 17 (2): 259-275, 2004.
- Flickinger EA, Van Loo J, Fahey GC:** Nutritional responses to the presence of inulin and oligofructose in the diets of domesticated animals: A review. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 43 (1): 19-60, 2003.
- Gülmez M, Güven A:** Probiyotik, prebiyotik ve sinbiyotikler. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 8 (1): 83-89, 2002.
- Waterhouse AL, Chatterton NJ:** Glossary of fructan terms. **In**, Suzuki M, Chatterton NJ (Eds): Science and Technology of Fructans. pp. 2-7. Boca Raton, FL: CRC Press, 1993.
- Macfarlane S, Macfarlane GT, Cummings JH:** Review article: Prebiotics in the gastrointestinal tract. *Alim Pharmacol Ther*, 24 (5): 701-714, 2006.
- Franck A, De Leenheer A:** Inulin. **In**, Steinbüchel A, Rhee SK (Eds): Polysaccharide and Polyamides in the Food Industry. Properties, Production, and Patents. Wiley-Vch Verlag GmbH & Co. KgaA, Weinheim, 2005.
- Barrow P:** Probiotic for chickens. **In**, Fuller R (Ed): Probiotics. The Scientific Basis. pp. 225-257, Chapman and Hall, London, 1992.
- Barbara MS, Nebojsa I, Alexander P, Ilya R:** Toxicological evaluation of a chicory root extract. *Food Chem Toxicol*, 45 (7): 1131-1139, 2007.
- Van Loo J:** Inulin and oligofructose: Health benefits and claims-A critical review: How chicory fructans contribute to zootechnical performance and Well-Being in livestock and companion animals. *J Nutr*, 137, 2594S-2597S, 2007.
- Meehye K:** The water-soluble extract of chicory affects rat intestinal morphology similarly to other non-starch polysaccharides. *Nutr Res*, 22 (11): 1299-1307, 2002.
- Hold GL, Schwietz A, Aminov RI, Blaut M, Flint HJ:** Oligonucleotide probes quantitatively significant groups of butyrate-producing bacteria in human feces. *Appl Environ Microbiol*, 69, 4320-4324, 2003.
- Zentek J, Marquart B, Pietrzak T, Balleve O, Rochat F:** Dietary effects on *bifidobacteria* and *Clostridium perfiringens* in the canine intestinal tract. *J Anim Physiol Anim Nutr*, 87 (11-12): 397-407, 2003.
- Aşan M, Özcan N:** Kanatlı beslemede inülinin prebiyotik olarak önemi. *Hayv Üretim*, 47 (2): 48-53, 2006.
- Wang X, Gibson GR:** Effects of the in vitro fermentation of oligofructose and inulin by bacteria growing in the human large intestine. *J Appl Bacteriol*, 75, 373-380, 1993.
- Rada V, Duskova D, Marounek M, Petr J:** Enrichment of bifidobacteria in the hen caeca by dietary inulin. *Folia Microbiol*, 46 (1): 73-75, 2001.
- Yusrizal Y, Chen TC:** Effect of adding chicory fructans in feed on fecal and intestinal microflora and excreta volatile ammonia. *Int J Poult Sci*, 2 (3): 188-194, 2003.

17. **Chambers JR, Spencer JL, Modler HW:** The influence of complex carbohydrates on *Salmonella typhimurium* colonization, pH and density of broilers ceca. *Poult Sci*, 76 (3): 445-451, 1997.
18. **Blottieres HM, Champ M, Hoebler C, Michel C, Cherbut C:** Production and digestive effects of short chain fatty acids. *Sci Aliment*, 19, 269-290, 1999.
19. **SooBo S:** Effects of prebiotics, probiotics and synbiotics in the diet of young pigs. Wageningen (Netherlands): Wageningen University, 2005.
20. **Remesy C, Behr SR, Levrat M, Demigne C:** Fibre fermentability in the rat cecum and its physiological consequences. *Nutr Res*, 12 (10): 1235-1244, 1992.
21. **Chen YC, Nakthong C, Chen TC:** Improvement of laying hen performance by dietary prebiotic chicory oligofructose and inulin. *Int J Poult Sci*, 4 (2): 103-108, 2005.
22. **Rehman H., Rosenkranz C, Böhm J, Zentek J:** Dietary inulin affects the morphology but not the sodium-dependent glucose and glutamine transport in the Jejunum of broilers. *Poult Sci*, 86 (1): 118-122, 2007.
23. **Yusrizal Y, Chen TC:** Effect of adding chicory fructans in feed on broiler growth performance, serum cholesterol and intestinal length. *Int J Poult Sci*, 2 (3): 214-219, 2003.
24. **Juskiewicz J, Zdunczyk Z, Jankowski J:** Selected parameters of gastrointestinal tract metabolism of turkeys fed diets with flavomycin and different inulin content. *World's Poult Sci J*, 60 (2): 177-185, 2004.
25. **Zdunczyk Z, Jankowski J, Juskiewicz J, Stanczuk J, Wroblewska M:** Response of young turkeys to diets containing flavomycin, manan-oligosaccharide or inulin. *Vet Ir Zootech*, 25 (47): 94-96, 2004.
26. **Stanczuk J, Zdunczyk Z, Juskiewicz J, Jankowski J:** Incidence of response of young turkeys to diets containing Manan-oligosaccharide or inulin. *Vet Ir Zootech*, 31 (53): 98-101, 2005.
27. **Van Leeuwen P, Verdonk JMAJ, Van Der Klis JD, Van Loo J:** Inulins (*chicory fructans*) improved recovery of broilers after a challenge with *Eimeria acervulina* and *Clostridium perfringens*. In, *XII European Poultry Conference (EPC)*, Verona, Italy, September 10-14, 2006.
28. **Van Leeuwen P, Verdonk JMAJ, Van Der Klis JD, Van Loo J:** Inulins (*chicory fructans*) improve performance of young broilers. In, *XII European Poultry Conference (EPC)*, Verona, Italy, September 10-14, 2006.
29. **Chen YC, Nakthong C, Chen TC, Buddington RK:** The influence of dietary beta-fructan supplement on digestive functions, serum glucose, and yolk-lipid content of laying hens. *Int J Poult Sci*, 4 (9): 645-651, 2005.
30. **Ortiz LT, Rodriguez ML, Alzueta C, Rebole A, Trevino J:** Effect of inulin on growth performance, intestinal tract sizes, mineral retention and tibial bone mineralisation in broiler chickens. *Br Poult Sci*, 50 (3): 325-332, 2009.
31. **Yıldız G, Saçaklı P, Güngör T:** The effect of dietary Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) on performance, egg quality characteristics and egg cholesterol content in laying hens. *Czech J Anim Sci*, 51 (8): 349-354, 2006.
32. **Scholz-Ahrens KE, Schrezenmeir J:** Inulin, oligofructose and mineral metabolism-experimental data and mechanism. *Br J Nutr*, 87 (Suppl. 2): S179-S186, 2002.
33. **Chen YC, Chen TC:** Mineral utilization in layers as influenced by dietary oligofructose and inulin. *Int J Poult Sci*, 3 (7): 442-445, 2004.
34. **Brighenti FB, Casiraghi MC, Canzi E, Ferrari A:** Effect of consumption of a ready-to-eat breakfast cereal containing inulin on the intestinal milieu and bloodlipids in healthy male volunteers. *Eur J Clin Nutr*, 53 (9): 726-733, 1999.
35. **Davidson MH, Maki KC, Synecki C, Torri SA, Drennab KB:** Effects of dietary inulin on serum lipids in men and women with hypercholesterolemia. *Nutr Res*, 18 (3): 503-517, 1998.
36. **Trautwein EA, Rieckhoff AD, Erbersdobler HF:** Dietary inulin lowers plasma cholesterol and triacylglycerol and alters biliary bile acid profile in hamsters. *J Nutr*, 128 (11): 1937-1943, 1998.
37. **Diez M, Homick JL, Baldwin PM, Van Eenaeme C, Istasse L:** The influence of sugar beet fiber, guar gum and inulin on nutrient digestibility, water consumption and plasma metabolites in healthy beagle dogs. *Res Vet Sci*, 64, 91-96, 1998.
38. **Chen WJL, Anderson JW, Jennings D:** Propionate may mediate the hypocholesterolemic effects of certain soluble plant fiber in cholesterol-fed rats. *Proc Soc Exp Bio Med*, 175, 215-218, 1984.
39. **Ammerman E, Quarles C, Twining PV:** Evaluation of fructo-oligosaccharides on performance and carcass yield of male broilers. *Poult Sci*, 68 (Suppl): 167, 1989.
40. **Chen YC, Nakthong C, Chen TC:** Effects of chicory fructans on egg cholesterol in commercial laying hen. *Int J Poult Sci*, 4 (2): 109-114, 2005.
41. **Cashman K:** Calcium intake, calcium bioavailability and bone health. *Br J Nutr*, 87 (Suppl. 2): S169-S177, 2002.
42. **Le Blay G, Michel C, Blottiere HM, Cherbut C:** Prolonged intake of fructo-oligosaccharides induces a short-term elevation of lactic acid-producing bacteria and a persistent increase in cecal butyrate in rats. *J Nutr*, 129 (12): 2231-2235, 1999.
43. **Rehman H, Hellweg P, Taras D, Zentek J:** Effects of dietary inulin on the intestinal short chain fatty acids and microbial ecology in broilers chickens as revealed by denaturing gradient gel electrophoresis. *Poult Sci*, 87 (4): 783-788, 2008.
44. **Yildiz G, Sacaklı P, Gungor T, Uysal H:** The effect of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) on blood parameters, liver enzymes and intestinal pH in laying hens. *J Anim Vet Adv*, 7 (10): 1297-1300, 2008.