



## Tablası Alınmış Çerezlik Ayçiçek Hasılına Farklı Katkılarla Silolamanın Silaj Kalitesi, *In-Vitro* Sindirilebilirlikleri ve Enerji İçeriğine Etkisi

Serhat YILDIZ\*

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Gevaş Meslek Yüksekokulu, Veterinerlik Bölümü, 65700, Van, Türkiye

Geliş Tarihi: 17.03.2023

Kabul Tarihi: 20.12.2023

### ÖZ

Bu çalışma, tablası alınmış çerezlik ayçiçeği hasılına (TAÇAH) farklı katkılarla silolanmasının, silaj kalitesi, *in-vitro* sindirilebilirlik ve enerji içeriklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. TAÇAH silajlık materyal olarak parçalanarak, %5 melas ya da %4 arpa kırığı ile karıştırılmış ve bu gruplara 0 ya da 5 g/ton bakteriyel inokulant+enzim karışımı (Bİ+E) ilave edilmiştir. Böylece oluşturulan 6 grup 5'er tekerrür şeklinde 1 litrelik cam kavanozlara silolanmıştır. 70 günlük inkubasyon süresi sonunda silaj sıvılarının pH değerleri, NH<sub>3</sub>-N ve UYA konsantrasyonları belirlenmiştir. Silaj örneklerinde ham besin madde analizleri, *in-vitro* sindirilebilirlikleri ve enerji içerikleri ile silajların Fleig puanları belirlenmiştir. Sonuç olarak silajların analiz değerleri dikkate alındığında, melas, arpa ve Bİ+E karışımlarından kaliteli silajlar elde edilmiş ve kullanılan katkılar silaj kalitesini arttırmıştır. Özellikle, %4 arpa ve 5 g/ton Bİ+E ilavesiyle hazırlanan silaj KM, LA, pH, Fleig puanı, KMS, OMS, SE, ME ve NE<sub>L</sub> değerleri açısından, diğer silaj gruplarına nazaran daha iyi sonuç vermiştir. Ayçiçeği hasılına sadece %5 melasın ilave edildiği gruptan da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca, bakteriyel inokulant katkısı da silaj kalitesini olumlu yönde etkilemiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ayçiçeği, Enerji, *In-vitro*, Kalite, Sindirim, Silaj.

### ABSTRACT

## The Effect of Ensiling of Headless Confectionary Sunflower Crop Mixed with Various Additives on Silage Quality, *In-Vitro* Digestibility, and Energy Content

The aim of the study was to investigate silage quality, *in vitro* digestibility, and energy content of headless confectionary sunflower (HCS) ensiled with different additives. HCS was shredded as silage material and mixed with 5% molasses or 4% crushed barley, and these groups were supplemented with 0 or 5 g/ton bacterial inoculant+enzyme mixture (BI+E). Thus, 6 groups were ensiled in 1-liter glass jars in 5 replicates. At the end of the 70-day incubation period, pH values, NH<sub>3</sub>-N, and VFA concentrations of silage liquids were measured. Crude nutrient analysis, *in vitro* digestibility, energy content, and Fleig scores of silage specimens were determined. As a result, considering the analysis values of the silages, quality silages were obtained from molasses, barley and BI+E mixtures and the additives used increased the silage quality. Especially, the silage supplemented with 4% barley and 5 g/ton BI+E had better results than the other silage groups regarding DM, LA, pH, Fleig score, DMD, OMD, DE, ME, and NE<sub>L</sub> values. Similar results were achieved in the group, where only 5% molasses was added to the sunflower crop. Furthermore, the addition of bacterial inoculant also positively improved the silage quality.

**Keywords:** Digestion, Energy, *In-vitro*, Quality, Silage, Sunflower.

### GİRİŞ

Türkiye'de üretilen tüm kaba yem kaynaklarından sağlanan kaliteli yemler mevcut ihtiyacı karşılayamadığından, hayvanların kaliteli kaba yem ihtiyacı giderek arttığı bildirilmektedir. Gelecekte hayvanlar için gerekli olan yemlerin karşılanmasına yönelik çalışmalar, kaliteli kaba yem açığının hızlı bir üretim programı ile kapatılması ana hedeflerden biri olmalıdır. Bu hedefe ulaşabilmek için üretimini ve kalitesini arttırabileceğimiz yeni yem materyallerinin

geliştirilmesi gerekmektedir (Kara ve ark. 2013).

Çok yönlü faydaları bulunan ve ülkemiz tarımı için önemli yem bitkilerinden biri de ayçiçek (*Helianthus annuus L.*) bitkisidir. Alternatif yem bitkileri içerisinde sayılan ayçiçeği, başta yağ üretimi olmak üzere çerezlik, süs bitkisi, silajlık, hayvan ve kuşyemi olarak da kullanım alanı bulmaktadır (Meral 2019; Tüfekçi 2023). Ayçiçek hasılı dünyanın birçok bölgesinde silaj üretimi amacı ile yetiştirilmektedir. Ancak ülkemizde silaj üretimi amacıyla yetiştirilmesi pek yaygın değildir. Mısır hasılı gibi kolay silolanabilmektedir. Ayçiçeği hasılı tek bitki olarak



silolanabileceği gibi, zor silolanan bitkilere de katkı maddesi olabilmektedir (Tepeli 2014; Yıldız 2017; Yıldız ve Erdoğan 2018). Ayçiçeğinden yem olarak yararlanmanın yollarından biri de hasattan sonra kalan bitki sapı ve tohumları alınan tablalarının silaj yapılarak değerlendirilmesidir. Ayçiçek sap ve tablalarından ve diğer bitkilerle karışımlarından iyi kalitede silajlar elde edilebileceği (Konca 2015), yapılan besi çalışmasında ayçiçek atık silajlarının %50 oranında yonca samanının yerine ikame edilebileceği bildirilmektedir (Amini-jabalkandi ve ark. 2007).

Silaj materyallerinin minimum besin kaybı ile muhafaza edilmesi, silaj yapımının temel amaçlarından biridir. Bu amaca ulaşmak için, silaj katkı maddeleri silajların besleyici değerini artırmada ve silolama işlemi sırasındaki bazı riskleri azaltmada yıllar içinde geliştirilerek kullanılmışlardır. Bir silaj katkı maddesi güvenilir, KM kayıplarını azaltan, silajın hijyenik kalitesini ve aerobik stabilitesini iyileştiren, ikincil fermantasyonu sınırlandırabilen, silajın besleyici değerini arttıran, hayvanların performansını arttırabilen, laktik asit bakterilerinin büyümesi uyaran ve üreticilere katkı maddesinin maliyetinden daha fazla getiri sağlayabilecek özelliklere sahip olmalıdır. Silaj fermantasyonunun uyarılması için yaygın olarak tercih edilen melas, laktik asit fermantasyonu için hazır enerji sağlamaktadır. Silajda arzu edilen bir mikrobiyal florayı oluşturmak için bakteriyel inokulantlar da kullanılmaktadır. Bakteriyel inokulantlar silajda oluşan pH ve laktik asit seviyeleri üzerine olumlu etki yapmaktadır (Baytok ve ark. 2005; Meeske 2005). Silaj katkı maddesi olarak enzimler silajlara tek başlarına ya da bakteriyel inokulant karışım halinde kullanılabilir. Enzimler bitki hücre duvarlarını kısmen sindirerek kolay eriyebilir karbonhidratları açığa çıkartarak pH'nın düşürülmesi için LAB (Laktik asit bakterileri) fermantasyonunu uyarmakta ve bitki hücre duvarının kısmi sindirimi nedeniyle sindirilebilirlik oranını iyileştirmektedirler (Kung 2014).

Türkiye'de 2022 yılı istatistiklerine göre, 804 565 dekar (da) alanda çerezlik ayçiçeği ekimi yapılmış ve 200 000 ton çerezlik ayçiçek danesi üretilmiştir (TÜİK 2022). Ayçiçek bitkisinin yüksek verim veren bir bitki olduğu düşünüldüğünde, çok büyük bir yeşil aksam da üretilmektedir. Çerezlik ayçiçeği yetiştiriciliğinde, dane kısmın bulunduğu tabla alınmakta, kalan yaprak ve gövde kısımları ya yakılmakta ya da ortalıkta bırakılarak çevre kirliliği oluşturmaktadır (Kaya 2023).

Yapılan bu çalışmada, tablası alınmış çerezlik ayçiçeği hasılının, farklı katkı maddeleriyle karıştırılmasıyla hazırlanan silajların, en uygun silaj yapım şeklinin tespiti ve besin madde içeriklerinin, silaj kalitelerinin, in-vitro sindirilebilirliklerinin ve enerji içeriklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE METOT

Bu çalışma için, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu 28/10/2021 tarih ve 2021/10-03 karar numarası ile, yönetmeliğinin ilgili maddesi uyarınca "Çalışma ve Araştırma Kesin Sonuç Onay Belgeleri" alınmasına gerek bulunmadığına karar verilmiştir.

### Materyal

Çalışmada kullanılan tablası alınmış çerezlik ayçiçeği hasılı Van ili Gevaş ilçesinde bir yetiştiriciden, bakteriyel inokulant-enzim karışımı (Sil-All 4x4. Lallemand Animal

Nutrition UK Ltd), arpa kırması ve melas piyasadan temin edilmiştir.

### Metot

Tablası alınmış çerezlik ayçiçek hasılı, tablalar alındıktan sonra biçilip silaj materyali şeklinde parçalanmış ve ağırlık esasına göre arpa kırığı (A), melas (M) ve B1+E karışımıyla Tablo 1'de verildiği şekilde toplam 30 adet silaj örneği, 1 litrelik cam kavanozlara sıkıştırılarak doldurulmuştur. Cam kavanozların kapakları delinip ters çevrilmiş ve 48 saat boyunca silo suyu drenajı sağlanmıştır (Karadağoğlu ve Özduven 2019; Yıldız ve ark. 2022a; Yıldız ve ark. 2022b). Süre sonunda delinen kavanoz kapakları, hava almaması için koli bandıyla tekrar kapatılmıştır. Kavanozlar 70 günlük inkubasyon süresi sonrasında açılmıştır.

**Tablo 1:** Denemede çalışma düzeni.

**Table 1:** Trial layout of the study.

Silaj Grupları	Tekerrür
1. Grup: Kontrol (Katkısız-tablası alınmış çerezlik ayçiçeği hasılı)	5
2. Grup-Kontrol + %5 Melas	5
3. Grup-Kontrol + %4 Arpa kırığı	5
4. Grup-Kontrol + 5 g/ton bakteriyel inokulant+enzim	5
5. Grup-Kontrol + %5 Melas+ 5 g/ton bakteriyel inokulant+enzim	5
6. Grup-Kontrol + %4 Arpa kırığı+ 5 g/ton bakteriyel inokulant+enzim	5

Silajların hazırlanmasında kullanılan bakteri inokulant-enzim karışımlarına ait içerikler Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2:** Silaj yapımında kullanılan bakteriyel inokulant+enzim karışımının bileşimi.

**Table 2:** Components of bacterial inokulant-enzyme mixture used in silages.

İçerik	Miktar
Lactobacillus plantarum	1.00x10 <sup>14</sup> CFU/kg
Pediococcus acidilactici	4.00x10 <sup>13</sup> CFU/kg
Pediococcus pentosaceus	4.00x10 <sup>13</sup> CFU/kg
Propionibacterium acidipropionici	2.00x10 <sup>13</sup> CFU/kg
Alpha-amylase, Bacillus amyloliquefaciens	3600000 BAU/kg
Cellulase, Trichoderma longibrachiatum	60000 CMCU/kg
Beta-glucanase, Aspergillus niger	1000000 IU/kg
Xylanase, Trichoderma longibrachiatum	1500000 IU/kg
Organik şeker, Kolloidal silica	566.3 g/kg

Silajlar açıldıktan hemen sonra silaj sıvılarının pH değerleri dijital pH metre ile belirlenmiştir (Polan ve ark. 1968). Tüm örnekler 65 °C'de 48 saat kurutulup, laboratuvar tipi değirmende 1mm ebatlarında öğütülmüştür. Silaj materyallerinin kuru madde (KM), ham protein (HP) ve ham kül (HK) analizleri Weende analiz yöntemine göre (AOAC 1990), ham yağ (HY) analizleri Ankom ham yağ cihazı ile belirlenmiş (Ankom 2023), ADF

ve NDF analizleri için Goering ve Van Soest, (1970) tarafından bildirilen yöntemler kullanılmıştır. Silaj sıvılarının Amonyak azotu (NH<sub>3</sub>-N) konsantrasyonlarının tespitinde distilasyon yönteminden yararlanılmıştır (Markham 1942). Silaj sıvılarına ait asetik (AA), propiyonik (PA), bütirik (BA) ve laktik asit (LA) miktarları, Agilent Hi-Plex organik asit kolonu ile HPLC cihazında tespit edilmiştir (Suzuki ve Lund 1980). Silajlara ait Fleig puanları Kılıç (1986)'ın bildirdiği aşağıda verilen eşitlik ile tespit edilmiştir.

$$\text{Fleig Puanı} = 220 + (2\% \text{KM} - 15) - 40 \text{xpH}$$

Silaj örneklerine ait in-vitro KM ve OM sindirilebilirliklerinin belirlenmesi Ankom Daisy II Incubator (Ankom Technology 2052 O'Neil Road, Macedon NY 14502) cihazı kullanılmış ve aşağıdaki formül kullanılmıştır (Ankom 2002).

$$\text{In-vitro sindirilebilirlik, \% (IVS)} = 100 - \left( \frac{W3 - (W1 \times C1)}{W2} \times 100 \right)$$

W1: Kese ağırlığı, W2: Örnek miktarı, W3: NDF analiz sonucu ağırlığı, C1: Boş kese düzeltme katsayısı.

Silajlara ait enerji düzeyleri NRC (2001) ve Ishler ve ark. (2000)'nın bildirdiği eşitlikle belirlenmiştir.

SE, Sindirilebilir Enerji, Mcal/kg KM, (Ishler ve ark. 2000)

$$\text{SE} = \% \text{TSM}(\text{OMS}) \times 0,04409$$

TSM: Toplam Sindirilebilir Besin Maddeleri (Organik Madde Sindirilebilirliği)

ME, Metabolik Enerji, kcal/kg KM, (Ishler ve ark. 2000)

$$\text{ME} = \text{SE} \times 0,082$$

NE<sub>L</sub>, Net Enerji Laktasyon, Mcal/kg KM, (NRC 2001)

$$\text{NE}_L = (\% \text{TSM}(\text{OMS}) \times 0,0245) - 0,12$$

## İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analiz için SPSS (Ver. 13) paket programı kullanıldı. Tüm parametreler ortalama ± standart sapma olarak ifade edildi. Grupların istatistiksel analizleri, gruplar arasındaki karşılaştırmalı analiz için One-way ANOVA ve ardından Post-Hoc çoklu karşılaştırmalar (Tukey testi) kullanıldı. p≤0.05 olan veriler anlamlı kabul edildi.

## BULGULAR

Bu çalışma, tablası alınmış çerezlik ayçiçeği hasılı, farklı katkıların değişik oranlarıyla karıştırılmasıyla hazırlanan silajların besin madde içeriklerinin, silaj kalitelerinin, in-vitro sindirilebilirliklerinin ve enerji içeriklerinin tespit edilmesi amacıyla yapılmıştır. Tablası alınmış çerezlik ayçiçeği hasılı silolama öncesi besin madde içerikleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablası alınmış çerezlik ayçiçeği hasılı silolama öncesi tespit edilen besin madde içerikleri incelendiğinde, en yüksek KM, HY, NDF ve ADF değerleri 6. grupta; en yüksek HK değeri 3. grupta; en yüksek HP değeri ise, 5. grupta belirlenmiştir.

Tablası alınmış çerezlik ayçiçeği hasılı silajlarında tespit edilen besin madde içerikleri Tablo 4'te verilmiştir. Tablası alınmış çerezlik ayçiçeği hasılı silajlarının besin madde içerikleri incelendiğinde, tüm silaj gruplarında, besin madde içerikleri için gruplar arasındaki farklılık önemli (p<0.05) bulunmuştur. Çalışmada KM ve HY değerleri en yüksek 6. grupta, HK, NDF ve ADF değerleri en yüksek 1. grupta (kontrol), HP değeri ise, en yüksek 2. grupta tespit edilmiştir.

**Tablo 3:** Tablası alınmış çerezlik ayçiçeği hasılı ve farklı katkı karışımlarının silolama öncesi besin madde içerikleri (% KM).

**Table 3:** Pre-ensiling nutrient contents (DM, %) of headless confectionary sunflower with various additive mixtures.

Gruplar	KM, %	OM, %	HK, %	HP, %	HY, %	NDF, %	ADF, %
1. Grup	22.75	85.90	14.10	7.83	2.87	47.04	35.70
2. Grup	25.54	87.97	12.03	8.22	2.83	48.97	36.30
3. Grup	24.54	84.54	15.46	8.41	2.84	45.68	34.01
4. Grup	21.76	88.92	11.08	8.04	3.67	45.65	31.27
5. Grup	23.22	85.32	14.68	9.96	2.97	42.70	31.67
6. Grup	25.57	86.03	13.97	7.80	3.67	49.22	37.49

KM: kuru madde OM: organik madde, HK: ham yağ, HP: ham protein, HY: ham yağ, NDF: nötral deterjan fiber, ADF: asit deterjan fiber.

**Tablo 4:** Tablası alınmış çerezlik ayçiçeği hasılı ile farklı katkı maddeleriyle hazırlanan silajlarının besin madde içerikleri (% KM).

**Table 4:** Nutrient contents (DM %) of silages prepared with headless confectionary sunflowers and different additives.

Gruplar	N	KM, %	OM, %	HK, %	HP, %	HY, %	NDF, %	ADF, %
1. Grup	5	23.89±0.30 <sup>d</sup>	86.77±0.20 <sup>c</sup>	13.23±0.20 <sup>a</sup>	7.62±0.19 <sup>bc</sup>	4.45±0.33 <sup>b</sup>	50.77±1.03 <sup>a</sup>	37.16±0.71 <sup>a</sup>
2. Grup	5	28.23±0.22 <sup>ab</sup>	88.26±0.18 <sup>b</sup>	11.73±0.18 <sup>b</sup>	9.43±0.18 <sup>a</sup>	4.66±0.28 <sup>b</sup>	42.22±0.64 <sup>c</sup>	30.31±0.46 <sup>c</sup>
3. Grup	5	25.69±0.21 <sup>c</sup>	88.49±0.25 <sup>b</sup>	11.51±0.25 <sup>b</sup>	8.45±0.39 <sup>b</sup>	3.33±0.42 <sup>c</sup>	49.16±0.53 <sup>ab</sup>	34.36±0.66 <sup>b</sup>
4. Grup	5	25.80±0.31 <sup>c</sup>	88.78±0.09 <sup>b</sup>	11.22±0.09 <sup>b</sup>	7.09±0.17 <sup>c</sup>	4.36±0.22 <sup>b</sup>	46.68±1.05 <sup>b</sup>	34.08±0.70 <sup>b</sup>
5. Grup	5	27.97±0.42 <sup>b</sup>	89.81±0.17 <sup>a</sup>	10.19±0.17 <sup>c</sup>	8.20±0.24 <sup>b</sup>	4.10±0.13 <sup>bc</sup>	42.30±1.28 <sup>c</sup>	29.91±1.08 <sup>c</sup>
6. Grup	5	28.99±0.20 <sup>a</sup>	88.68±0.07 <sup>b</sup>	11.32±0.07 <sup>b</sup>	8.32±0.35 <sup>b</sup>	5.64±0.16 <sup>a</sup>	39.30±0.54 <sup>d</sup>	28.87±0.28 <sup>c</sup>
p-değeri		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

<sup>a,b,c,d</sup>: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (p<0.05). KM: kuru madde OM: organik madde, HK: ham yağ, HP: ham protein, HY: ham yağ, NDF: nötral deterjan fiber, ADF: asit deterjan fiber.

Tablası alınmış çerezlik ayçiçeği hasılı silajlarının fermentasyon kalitesi ve Fleig puanları Tablo 5'te verilmiştir. Silajların fermentasyon değerleri, silajların kalitelerinin belirlenmesinde önemli kriterlerden birisidir. Bu çalışmada, tüm silaj gruplarında, fermentasyon parametreleri için gruplar arasındaki farklılık önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur. Çalışmada LA ve Fleig puanı en yüksek 6. grupta; pH değerleri ise en düşük 6., 4. ve 5. gruplarda tespit edilmiştir. Silaj kalitesini olumsuz etkileyen parametreler, 1. ve 3. gruplarda elde edilmiştir.

Tablası alınmış çerezlik ayçiçeği hasılı silajlarının in-vitro KMS ve OMS ile enerji içerikleri Tablo 6'da verildiği şekildedir. Tablası alınmış çerezlik ayçiçeği hasılı silajlarının in vitro KMS ve OMS ile enerji içeriklerine bakıldığında, tüm silaj gruplarında, tüm sindirilebilirlikler ile enerji içerikleri için gruplar arasındaki farklılık önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur. Çalışmada KMS, OMS, SE, ME ve NEL içerikleri en yüksek 2. ve 6. Gruplarda, buna karşılık en düşük değerler ise 1. grupta tespit edilmiştir.

**Tablo 5:** Tablası alınmış çerezlik ayçiçeği hasılının farklı katkılarla hazırlanan silajların fermentasyon kalitesi ve Fleig puanları.

**Table 5:** Fermentation quality and Fleig scores of silages prepared with different additives and headless confectionary sunflowers.

Gruplar	N	pH	LA, %	AA, %	PA, %	BA, %	NH <sub>3</sub> -N mg/dl	Fleig puanı	Nitelik sınıfı
1. Grup	5	5.66±0.05 <sup>a</sup>	0.16±0.08 <sup>c</sup>	0.78±0.19 <sup>a</sup>	0.49±0.57 <sup>a</sup>	12.48±0.92	93.21±5.44 <sup>a</sup>	26.38±1.6 <sup>d</sup>	Orta
2. Grup	5	4.52±0.02 <sup>b</sup>	1.92±0.09 <sup>b</sup>	0.43±0.36 <sup>b</sup>	0.17±0.06 <sup>b</sup>	-	70.52±1.63 <sup>b</sup>	80.74±1.12 <sup>c</sup>	İyi
3. Grup	5	5.65±0.10 <sup>a</sup>	0.09±0.35 <sup>c</sup>	0.47±0.61 <sup>b</sup>	0.35±0.32 <sup>a</sup>	10.92±0.40	85.86±1.85 <sup>a</sup>	30.22±4.3 <sup>d</sup>	Orta
4. Grup	5	4.28±0.03 <sup>c</sup>	2.45±0.08 <sup>a</sup>	0.27±0.17 <sup>b</sup>	0.12±0.28 <sup>b</sup>	-	49.58±2.51 <sup>d</sup>	85.40±1.07 <sup>bc</sup>	Pekiyi
5. Grup	5	4.32±0.05 <sup>c</sup>	2.02±0.03 <sup>b</sup>	0.17±0.05 <sup>b</sup>	0.15±0.06 <sup>b</sup>	0.72±0.19	58.83±2.09 <sup>bc</sup>	88.13±2.34 <sup>ab</sup>	Pekiyi
6. Grup	5	4.25±0.01 <sup>c</sup>	2.48±0.22 <sup>a</sup>	0.32±0.11 <sup>b</sup>	0.13±0.04 <sup>b</sup>	-	66.56±0.45 <sup>b</sup>	92.99±0.64 <sup>a</sup>	Pekiyi
p-değeri		0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

<sup>a,b,c,d</sup>: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ( $p<0.05$ ). pH: asitlik derecesi, LA: laktik asit, AA: asetik asit, PA: propiyonik asit, BA: bütirik asit, NH<sub>3</sub>-N: amonyak azotu.

**Tablo 6:** Tablası alınmış çerezlik ayçiçeği hasılı ile farklı katkı maddeleriyle hazırlanan silajlarının *in vitro* KM ve OM sindirilebilirlikleri (%) ve enerji içerikleri.

**Table 6:** *In vitro* DM and OM digestibility (%) and energy content of silages prepared with headless confectionary sunflowers and different additives.

Gruplar	N	KMS, %	OMS, %	SE, Mcal/ kg KM	ME, kcal/kg KM	NEL, Mcal/kg KM
1. Grup	5	60.90±1.29 <sup>c</sup>	48.75±0.65 <sup>e</sup>	1.05±0.01 <sup>d</sup>	0.86±0.01 <sup>d</sup>	0.47±0.01 <sup>d</sup>
2. Grup	5	71.99±0.90 <sup>a</sup>	58.06±0.66 <sup>b</sup>	1.24±0.01 <sup>ab</sup>	1.02±0.01 <sup>ab</sup>	0.57±0.01 <sup>ab</sup>
3. Grup	5	64.21±0.69 <sup>b</sup>	51.25±0.30 <sup>d</sup>	1.13±0.01 <sup>c</sup>	0.93±0.01 <sup>c</sup>	0.51±0.01 <sup>c</sup>
4. Grup	5	65.82±0.72 <sup>b</sup>	53.50±1.22 <sup>c</sup>	1.14±0.01 <sup>c</sup>	0.93±0.01 <sup>c</sup>	0.51±0.01 <sup>c</sup>
5. Grup	5	66.20±1.01 <sup>b</sup>	59.55±0.84 <sup>b</sup>	1.23±0.02 <sup>b</sup>	1.01±0.02 <sup>b</sup>	0.56±0.01 <sup>b</sup>
6. Grup	5	70.80±0.96 <sup>a</sup>	62.14±0.50 <sup>a</sup>	1.28±0.02 <sup>a</sup>	1.05±0.01 <sup>a</sup>	0.59±0.01 <sup>a</sup>
p-değeri		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

<sup>a,b,c,d,e</sup>: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ( $p<0.05$ ). KMS: kuru madde sindirilebilirliği, OMS: organik madde sindirilebilirliği, SE: sindirilebilir enerji, ME: metabolik enerji, NEL: net enerji laktasyon.

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Sürdürülebilir bir hayvancılık için çözüme kavuşturulması gerekli önemli sorunların başında, kaliteli ve ucuz kaba yem ihtiyacının karşılanması gelmektedir. Hem ucuz hem de insan tüketiminde kullanılmayan alternatif kaba yemlerin ruminant beslemede kullanılması oldukça önemlidir. Bu açıdan bakıldığında, taşıdığı üstün özelliklerinden dolayı, ayçiçek bitkisi ön plana çıkmaktadır. Bu çalışma, değişik katkılarla hazırlanan tablası alınmış çerezlik ayçiçeği hasılı silajlarının besin madde içeriklerinin, silaj kalitelerinin, in-vitro sindirilebilirliklerinin ve enerji içeriklerine ait parametrelerin tespit edilmesi için yapılmıştır. Araştırmada, karışımların silolama öncesi besin madde içerikleri Tablo 3'te verilmiştir. Silolama öncesi tespit edilen besin madde içerikleri incelendiğinde, arpa ve

melas katkısının, karışımların KM düzeyini kontrol grubuna kıyasla yükselttiği belirlenmiştir.

Tablası alınmış çerezlik ayçiçeği hasılı silajlarında tespit edilen besin madde içerikleri Tablo 4'te verilmiştir. Silajların besin madde içerikleri incelendiğinde, silaj gruplarında, incelenen bütün besin madde içerikleri için gruplar arasındaki farklılıklar önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur. Çalışmada arpa ya da melas katkısının, silajların KM ve HP düzeyini arttırdığı belirlenmiştir. Özellikle melas içeren grupların NDF ve ADF düzeylerinin düştüğü gözlenmiştir. Benzer etki, arpa ve inokulant+enzim karışımı içeren grupta da tespit edilmiştir. Ayçiçeği kalıntılarında peynir altı suyu tozu ve üre ilavesiyle yapılan silajların, Mohabadi süt keçilerinde potansiyel yem kaynağı olabilirliği üzerine yapılan bir çalışmada (Gholami-Yangije ve ark. 2019), katkılı ayçiçek kalıntı silajlarında, katkısız silajlara göre HP değerlerinin yükseldiği, NDF ve ADF değerlerinin ise düştüğü tespit edilmiştir. Bu değerlerin, yapılan bu çalışma ile benzerlik

gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca araştırmacılar, ayçiçeği kalıntı silajlarının Mohabadi süt keçelerinde kabul edilebilir bir yem kaynağı olabileceğini bildirmişlerdir. Erdoğan ve Demirel (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı vejetasyon dönemlerinde biçilen ayçiçek hasıllarına farklı oranlarda fibrolitik enzim ilavesiyle hazırlanan silajlarda, katkıların silaj KM değerini yükselttiği ve genel olarak değerlendirildiğinde, enzim takviyesinin ayçiçeği silajının besleyici değeri ve silaj özellikleri üzerinde derin bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Denek ve ark. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, üre+buğday kırmaması katkısının silajların NDF ve ADF değerlerini düşürdüğü bildirilmiştir. Yine ayçiçeği hasılının farklı katkı maddeleriyle silolanmasıyla elde edilen silajların kalitesinin incelendiği bir çalışmada (Laloğlu 2015), ayçiçek silajlarına yapılan katkılar, silajların HP değerlerini arttırmış; melaslı gruplar ise, enzim ve LAB içeren gruplara kıyasla NDF değerlerini düşürmüştür, ancak ADF değerlerini etkilememiştir.

Bu çalışmada, silajların pH değerleri 5.66-4.25 aralığında tespit edilmiştir. 4. ve 6. gruplarda elde edilen değerler, optimum silaj pH değerleri olan 3.8-4.2 değerine yakın ve pH değeri açısından gruplar arasındaki farklılığın önemli olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Çalışmada incelenen parametreler açısından (pH, LA, BA) kontrol grubunda, silaj kalitesinin oldukça düşük olduğu; ancak bu silaja %5 melas katkısının yalnız başına bile, silaj fermentasyon özelliklerini iyileştirdiği belirlenmiştir. Ancak benzer etki, kontrol silajına %4 arpa katkısı yapılan 3. gruptan elde edilememiştir. Çalışmada, silajlara inokulant+enzim katkısı, 4, 5 ve 6. gruplarda silaj fermentasyon kalitesini yükseltmiştir. Nitekim, grupların Fleig puanları incelendiğinde, inokulant+enzim katkısının silaj kalitelerini yükselttiği ve bu silajların "pekiyi" kalitede olduğu belirlenmiştir.  $\text{NH}_3\text{-N}$  parametresi açısından da sadece melas ya da inokulant+enzim katkılı gruplarda da benzer olumlu etki gözlenmiştir. Özduven ve ark. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, laktik asit bakterisi inokulantları ayçiçeği silajının fermentasyon ve aerobik stabilitesi üzerine etkileri incelenmiş, kullanılan LA bakterisi inokulantları kontrol grubuna göre silajların pH ve  $\text{NH}_3\text{-N}$  değerlerini düşürdüğü ve homofermantatif laktik asit bakterisi inokulantının ayçiçeği silajlarının fermentasyon özelliklerini iyileştirdiği tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, yapılan bu çalışma ile uyum göstermektedir. Benzer bir çalışmada, ayçiçek silajlarının fermentasyon ve aerobik stabilitesi belirlenmiş, silaj pH'sı 3.84, LA ve AA değerleri ise %1.51 ve %1.76 şeklinde belirlemişlerdir (Koç ve ark. 2009). Bu değerler, pH ve LA açısından, bu çalışmada elde edilen değerlerden düşük, AA değeri bakımından yüksek olduğu görülmektedir. Bu araştırmacılar ayçiçeği hasılına bakteriyel inokulant ilavesi ile silajlarda fermentasyon kalite kriterlerinin iyileştirildiğini bildirmişlerdir. Yapılan bir çalışmada, farklı vejetasyon dönemlerinde hasat edilen ayçiçeği hasılı silajlarına ait besin içerikleri ve fermentasyon parametreleri ele alınmıştır. Silajların fermentasyon özellikleri incelenmiş ve silaj pH değerinin bu çalışmada elde edilen değerlere benzer, LA, AA ve PA değerinin yüksek olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar, hasat döneminin geciktirilmesiyle ve enzim ilavesiyle silaj pH'sının yükseldiği, AA, PA ve BA değerlerinin düştüğü bildirilmiştir (Erdoğan ve Demirel 2016). Özduven ve ark. (2009) ayçiçeği silajında pH'nın 3.96 ile 4.22 arasında, LA konsantrasyonunun KM'de %5.96 ile 7.94 arasında değiştiğini ve LA Bİ+E katkısıyla artış gösterdiğini,  $\text{NH}_3\text{-N}$  düzeyinin ise, yine bu katkının etkisiyle (65.46 g/kg TN) düştüğünü tespit etmişlerdir. Benzer şekilde, yapılan bu çalışmada da katkılar fermentasyon kalitesini

iyileştirmiştir. Yapılan bir çalışmada, ayçiçeği hasılının silolanması sırasında kullanılan homofermantatif LA bakterisi inokulantları, silajlarda laktik asit üretimine katkıda bulunmuşlardır. Sonuçta silajların pH'sı, asetik asit ve  $\text{NH}_3\text{-N}$  değerleri önemli bir şekilde düşmüş, böylece silaj kaliteleri iyileştirilmiştir. Diğer yandan heterofermantatif LA bakterisi inokulantları silajların amonyak azotu, asetik asit içeriklerini arttırırken, laktik asit/asetik asit oranını azaltmıştır (Tepeli 2014).

Bu çalışmada, ayçiçek silajlarının Fleig puanı nitelik sınıfı 4., 5. ve 6. gruplarda "pekiyi"; 2. grup ayçiçek silajında "iyi" ve kontrol ve 3. grupta "orta" olarak belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen Fleig puanları incelendiğinde 4., 5. ve 6. gruplarda Bİ+E katkısı silaj fermentasyonunu iyileştirmiş ve nitelik sınıfları pekiyi olmuştur. Aşayan ve Karakozak (2012) tarafından yapılan bir çalışmada, ayçiçeği, bürülce, sorgum ve soya bitkileri inokulantlı ve inokulantlı olarak silajları yapılmıştır. Silaj materyallerine inokulant katkısı olumlu sonuç vermiş, inokulantlı silajlarda ayçiçeği ile bürülce silajının yem niteliği bakımından en iyi silaj çeşidi olmuştur. Ancak inokulantlı silajlarda bürülce silajının yem niteliği bakımından pekiyi değeri aldığı belirlenmiştir. Yapılan başka bir çalışmada (Karakozak ve Aşayan 2010) fiğ, arpa ve yulaf silajları ve bunların farklı oranlarda karışımlarından elde edilen silajların kalitesi üzerine inokulant katkısının etkisi araştırılmış ve kışık silajlarda saf fiğ, yazlık silajlarda ise %30 mısır + %70 soya silajı en yüksek Fleig puanı almış; inokulant katkılarının silaj kalitesini arttırmış, yapılan bu çalışma sonuçlarıyla benzer şekilde olduğu tespit edilmiştir. Yıldız ve ark. (2022b) tarafından yapılan bir çalışmada ayçiçek hasılına şeker pancarı katkısının Fleig puanlarını arttırdığı; aynı araştırmacıların yapmış olduğu başka bir çalışmada (Yıldız ve ark. 2022a), lenoks hasıllarına yapılan melas ve arpa katkılarının silajların Fleig puanlarını arttırdığı belirlenmiştir.

Bu çalışmada tablası alınmış çerezlik ayçiçeği hasılı silajlarına ait in-vitro KMS ve OMS ile enerji parametreleri incelenmiş, KMS, OMS, SE, ME ve NEL değerleri için gruplar arasındaki farkın önemli ( $p<0.05$ ) olduğu belirlenmiş ve tüm parametrelerde en yüksek değerler 6. grup olan arpa kırmaması ve Bİ+E katkılı silajdan elde edilmiştir. Ancak, sadece melas katkılı 2. gruba ait değerler de 6. gruba benzer bulunmuştur. Kontrol grubuna göre tüm silajlarda katkı maddeleri silaj kalitesini arttırmış, bu da silajların sindirilebilirliğini iyileştirmiştir (Tablo 6). Ayçiçek hasılına melas, LAB ve enzim ilavesi ile silajların kalitesi üzerine olan etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada (Konca ve ark. 2015), silajların KMS için melaslı gruptan, OMS için LAB'lı gruptan daha iyi sonuç alındığı; ME için LAB katkılı gruptan daha iyi sonuç alındığı tespit edilmiştir. Denek ve ark. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada mısır, sorgum ve ayçiçeği hasıllarına farklı oranlarda yapılan katkılarda, kontrol grubuna göre silajlara üre ve üre+buğday katkılarının *in vitro* sindirilebilirliği düşürdüğü, üre+melas katkısının ise arttırdığı belirlenmiştir. Bu çalışmadaki melas katkısının *in vitro* sindirilebilirliği yükseltmesi, yapılan bu çalışma ile benzer bulunmuştur.

Sonuç olarak tablası alınmış çerezlik ayçiçeği hasılı ile melas, arpa ve Bİ+E katkılarıyla hazırlanmış olan silajların, ham besin madde, silaj fermentasyon özellikleri, in-vitro KM ve OM sindirilebilirliği ile enerji değerleri dikkate alındığında, melas, arpa ve Bİ+E karışımlarından kaliteli silajlar elde edilmiş ve bu katkılar silaj kalitesini arttırmıştır. Özellikle, %4 arpa ve 5 g/ton bakteriyel inokulant+enzim ilavesiyle hazırlanan silaj KM, LA, pH,

Fleig puanı, KMS, OMS, SE, ME ve NEL değerleri açısından, diğer silaj gruplarına nazaran daha iyi sonuç vermiştir. Ayçiçeği hasılına sadece %5 melaşın ilave edildiği gruptan da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca, bakteriyel inokulant ilavesi de silaj kalitesine olumlu katkı sağlamıştır.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazar bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

## YAZAR KATKILARI

Fikir/Kavram: SY  
Denetleme/Danışmanlık: SY  
Veri Toplama ve/veya İşleme: SY  
Analiz ve/veya Yorum: SY  
Makalenin Yazımı: SY  
Eleştirel İnceleme: SY

## KAYNAKLAR

- Amini-jabalkandi J, Pirmohammadi R, Razzagzadeh S (2007).** Effects of different levels of sunflower residue silage replacement with alfalfa hay on Azari male buffalo calves fattening performance. *Ital J Anim Sci*, 6 (2), 495-498.
- Ankom (2002).** Operator's Manual ANKOM II 200/220 Fiber Analyzer. ANKOM Technology Corp, 2052 O'Neil Rd, Macedon NY 14502 Erişim tarihi: 28.10.2023 Erişim adresi: [https://www.ankom.com/sites/default/files/document-files/A200\\_Manual.pdf](https://www.ankom.com/sites/default/files/document-files/A200_Manual.pdf).
- Ankom (2023).** ANKOM Technology Method Analytical Procedure XT10/XT10i/XT15/XT15i Erişim tarihi: 13.12.2023 Erişim adresi: [https://www.ankom.com/sites/default/files/document-files/XT15\\_Manual.pdf](https://www.ankom.com/sites/default/files/document-files/XT15_Manual.pdf).
- AOAC (1990).** Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. Vol.1. 15th ed. AOAC, Arlington, VA.
- Ayaşan T, Karakozak M (2012).** İnokulant kullanımının değişik yem bitkilerinden oluşan silajlarda ham besin maddeleri ile kalite üzerine etkisi. *F U Vet J Health Sci*, 26 (2), 93-98.
- Baytok E, Aksu T, Karşlı MA, Muruz H (2005).** The effects of formic acid, molasses and inokulant as silage additives on corn silage composition and ruminal fermentation characteristics in sheep. *Turk J Vet Anim Sci*, 29 (2), 469-474.
- Denek N, Can A, Tüfenk Ş (2004).** Mısır, sorgum ve ayçiçeği hasıllarına değişik katkı maddeleri katılmasının silaj kalitesi ve *in vitro* kuru madde sindirimine etkisi. *J Agric Fac HRU*, 8 (2), 1-10.
- Erdoğan S, Demirel M (2016).** Conservation characteristics and nutritive value of sunflower silages as affected by the maturity stages and fibrolytic enzymes. *Turkish JAF Sci Tech*, 4 (6), 464-469.
- Gholami-Yangije A, Pirmohammadi R, Khalilvandi-Behroozyar H (2019).** The potential of sunflower (*Helianthus annuus*) residues silage as a forage source in Mohabadi dairy goats. *Veterinary Research Forum*, 10 (1), 59-65.
- Goering MK, Van Soest PJ (1970).** Forage fibre analysis. Agricultural Handbook, No.379. *Agric. Res.*, U.S. Dep. Agric.
- Ishler V, Heinrichs J, Varga G (2000).** From feed to milk: Understanding rumen function. Penn State Uni. College of Agricultural Sci. Extension Circular 422. USA.
- Kara B, Yıldız F, Özkul J (2013).** Sebze olarak tüketilen bazı bitki hasat artıklarının silaj olarak değerlendirilme olanakları. *SDÜ Fen Bil Enst Der*, 17 (1), 76-80.
- Karadağoğlu, Ö, Özdüven ML (2019).** Effects of fermentation characteristics and feed value of some triticale cultivars ensiled at different stages of maturity. *J of Turkish Vet Med Soc*, 90 (2), 132-142.
- Karakozak M, Aşayan T (2010).** Effect of inokulant in silages in which different forage crops and their mixtures on Fleig point and crude nutrient content. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*. 16 (6), 987-994.
- Kaya Y (2023).** Türkiye'deki çerezlik ayçiçeği ve tohumculuğu. Erişim tarihi: 28.02.2023 Erişim adresi: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ttae/Sayfalar/Detay.aspx?Sayfalid=52>.
- Kılıç A (1986).** Silo Yemi. (Öğretim, Öğrenim ve Uygulama Önerileri), Ege Univ. Ziraat Fak.Zootekni Bölümü, Bilgehan Basımevi, Bornova-İzmir, 327.
- Koç F, Özdüven ML, Coşkuntuna L, Polat C (2009).** The effects of inokulant lactic acid bacteria on the fermentation and aerobic stability of sunflower silage. *Poljoprivreda*, 15 (2), 47-52.
- Konca (2015).** Kaba yem üretiminde yeni alternatifler: Çerezlik kabak ve ayçiçeği artıklarından silaj yaparak yararlanma olanakları. Erişim tarihi: 28.02.2023 Erişim adresi: [https://www.researchgate.net/publication/284341100\\_Kaba\\_Yem\\_Uretiminde\\_Yeni\\_Alternatifler\\_Cerezlik\\_Kabak\\_Ve\\_Aycicegi\\_Artiklarindan\\_Silaj\\_Yaparak\\_Yararlanma\\_Olanaklari](https://www.researchgate.net/publication/284341100_Kaba_Yem_Uretiminde_Yeni_Alternatifler_Cerezlik_Kabak_Ve_Aycicegi_Artiklarindan_Silaj_Yaparak_Yararlanma_Olanaklari).
- Konca Y, Beyzi SB, Kaliber M, Ülger İ (2015).** Chemical and nutritional changes in sunflower silage associated with molasses, lactic acid bacteria and enzyme supplementation. *Harran J Agri and Food Sci*, 19 (4), 223-231.
- Kung Jr L (2014).** A review on silage additives and enzymes. Department of Animal and Food Sciences University of Delaware Newark, DE 19717-1303. Erişim tarihi: 28.02.2023 Erişim adresi: <https://cpb-us-e1.wpmucdn.com/blogs.cornell.edu/dist/e/4211/files/2014/04/A-Review-of-Silage-Additives-1dj7idb.pdf>.
- Laloğlu M (2015).** Determination of Quality Features of Sunflower Silage Ensiled Different Additives. Erciyes University, Institute of Health Sciences, Department of Animal Nutrition and Nutritional Diseases, Master Thesis, May 2015, Kayseri.
- Markham P (1942).** A steam distillation apparatus suitable for micro-kjeldahl analyses. *Journal Biochemistry*, 36, 790-797.
- Meeser R (2005).** Silage additives: Do they make a difference? *SA-ANIM SCI*, vol 6: Erişim tarihi: 28.02.2023 Erişim adresi: <http://www.sasas.co.za/Popular/Popular.html> 49.
- Meral UB (2019).** An overview of importance and production of sunflower (*Helianthus annuus L.*). *Int J Life Sci Biotechnol*, 2 (2), 58-71.
- NRC (National Research Council) (2001).** Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th revised edn. National Research Council, National Academy of Sciences, Washington, D.C., U.S.A.
- Ozduven ML, Koc F, Polat C, Coskuntuna L (2009).** The effects of lactic acid bacteria and enzyme mixture inoculants on fermentation and nutrient digestibility of sunflower silage. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 15 (2), 195-199.
- Özdüven ML, Tepeli C, Okuyucu B (2017).** The Effects of Lactic Acid Bacterial Inoculants on the Fermentation and Aerobic Stability of Sunflower Silages. *J Tekirdag Agric Fac*, 14 (02), 9-15.
- Polan CE, Starling TM, Huber JT, Miller CN, Sandy RA (1968).** Yields, composition and nutritive evaluation of barley silage at three stages of maturity for lactating cows. *J Dairy Sci*, 51, 1801-1805.
- SPSS IBM SPSS statistics version 13.0 for Windows.** New York: IBM Corp.
- Suzuki M, Lund CW (1980).** Improved gas-liquid chromatography for simultaneous determination of volatile fatty acids and lactic acid in silage. *J Agric and Food Chem*, 28, 1040-1041.
- Tepeli C (2014).** The Effects of Lactic Acid Bacterial Inoculants on the Fermentation, Aerobic Stability and *In Vitro* Organic Matter Digestibility of Sunflower Silages. Namık Kemal University, Graduate School of Natural and Applied Sciences Main Science Division of Animal Science. MSc. Thesis Tekirdağ-2014.
- Tüfekçi Ş (2023).** Ayçiçeği (*Helianthus annuus L.*) Bitkisi. Erişim tarihi: 13.11.2023 Erişim adresi: <https://docplayer.biz.tr/192125806-Aycicegi-helianthus-annuus-l-bitkisi.html>.
- TÜİK (2022).** Bitkisel üretim istatistikleri. Erişim tarihi: 28.02.2023 Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2022-45504>.
- Yıldız S, Erdoğan S (2018).** Quality traits of the nutrient matter compositions and yield parameters of planted silage corn (*Zea mays L.*) and sunflower (*Helianthus annuus L.*) at conditions of Van. *Turk J Agric Res*, 5 (3), 280-285.
- Yıldız S (2017).** The Effect of Using Sunflower Silage Instead of Corn Silage in the Diets of Saanen X Hair Goat Crossbred (F1) Goats on Rumen and Blood Parameters, Milk Yield and Composition. Yüzüncü Yıl University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Animal Science, PhD Thesis. Van, 2017.
- Yıldız S, Deniz S, Özkan F, Kale Ç (2022a).** Forage turnip (*Brassica rapa*) harvested in different phases of vegetative stage and ensiled with the additives of molasses and barley and the effects of additives on silage quality, *in vitro* digestibility, and energy content. *Turk J of Vet and Anim Sci*, 46 (3), 475-482.
- Yıldız S, Deniz S, Kızıllırmak F, Altaçlı S (2022b).** The effects of making silage at different ratios of sunflower and sugar beet on silage quality, *in-vitro* digestibility and energy content. *J of the Inst of Sci and Tech*, 12 (2), 1154-1162.