

Agar ve Selüloz Gam İlavesinin Kavılca (*Triticum Spelta* L.) Un ve Ekmeğinin Reolojik ve Dokusal Özellikleri Üzerine Etkisi

Ferhat YÜKSEL^{1*}

ÖZET: Bu çalışmanın amacı farklı konsantrasyonlarda (% 0-0.5 ve 1) hem agar hem de selüloz gam ile zenginleştirilmiş kavılca (*Tr. Spelta* L.) unundan yapılan hamur ve ekmeklerin bazı reolojik ve tekstürel özelliklerini araştırmaktır. Hamurların reolojik özellikleri için creep-recovery (sürünme-geri kazanım) analizi gerçekleştirilmiştir. Örneklerin elastik özellikleri % 24.30 ile % 30.53 aralığında değişim göstermiştir. Agar ve selüloz gamları ile zenginleştirilmiş hamurların sürünme ve geri kazanım analiz sonuçları istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Tekstür profil analiz (TPA) sonuçlarına göre ilave edilen gamlar ekmek örneklerinin sertlik, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerini artırmıştır ($p<0.05$). Agar ve selüloz gamların kavılca unu ekmeği üzerine etkileri önemsiz bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kavılca unu (*Tr. Spelta* L.), agar ve selüloz gum, reolojik ve dokusal özellikler

The Effect of Addition of Agar and Cellulose Gums on the Rheological and Textural Properties of Kavılca (*Triticum Spelta* L.) Flour and Bread

ABSTRACT: The aim of this study was to investigate some rheological and textural properties of dough and bread made by kavılca flour (*Tr. Spelta* L.) enriched with either agar or cellulose at three different concentrations (0-0.5 and 1%). The creep-recovery analysis was conducted for the doughs rheological properties. The elastic properties of samples were in the range of 24.30-30.53 %. Our results revealed that addition of agar or cellulose gums did not significantly impact the rheological properties of dough. According to the results of texture profile analysis, the firmness, stickiness and chewiness properties of bread samples were increased with the addition of gums ($p<0.05$). Addition of agar and cellulose gums did not significantly change the bread quality characteristics.

Keywords: Kavılca flour (*Tr. Spelta* L.), agar and cellulose gums, rheological and textural properties

¹Ferhat YÜKSEL (Orcid ID: (Orcid ID: 0000-0003-1995-9820), Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 29100, Gümüşhane, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ferhat Yüksel, e-mail: fyuksel@gumushane.edu.tr

GİRİŞ

Milattan önce 5000 yıllarında ekiminin yapıldığı bilinen kavılca (*Tr. Spelta* L.) çeşidi buğdayların günümüzde hala tarımı devam etmektedir. İçermiş olduğu yüksek besin değerleriyle kavılca buğdayı son yıllarda araştırmacıların ilgi alanına girmiş ve birçok gıda ürününde kullanılmıştır (Zielijski ve ark., 2008; Coda ve ark., 2010). *Triticum spelta* buğdayı % 62-67 karbonhidrat, % 14.7-17 protein, % 5.7-9.1 lif, % 2.1-2.7 yağ, mineraller, vitaminler içermektedir (Erdem, 2009; Boukid ve ark., 2018). Sahip olduğu yüksek protein, lif ve fitokimyasallar ile kavılca buğdayının, başta ekmek olmak üzere birçok fırıncılık ürününde kullanılabilmesi ve beslenme içerikleri zenginleştirilmiş gıdalar üretilebileceği görülmektedir.

Antik bir çeşit olan kavılca 20. yüzyılın başlarına kadar Almanya, İsviçre ve Avusturya gibi ülkeler başta olmak üzere pek çok bölgede yaygın bir biçimde üretilip tüketilmeydi. 21. yüzyılda ise *Tr. aestivum*'un ekmek üretiminde en çok tercih edilen buğday olmasından dolayı kavılca tipi buğdayların üretimi ve tüketimi kısıtlı bölgelerde devam etmiştir. Son yıllarda tüketicilerdeki bilinçlenme ve gelişen gıda endüstrisi ile birlikte daha sağlıklı ve fonksiyonel ürünlerin tüketim alışkanlıklarımızdaki yerini almaya başlaması kavılca buğdayları üzerine yapılan çalışmaları artırmıştır. Bu çalışmalar kavılca buğdayının besinsel kalitesini, protein (glüten) içeriğini, kavılca unundan elde edilen hamurların reolojik ve tekstürel özelliklerini kapsamaktadır. Kavılca ununun sahip olduğu gluten modern buğdaylardakine göre daha az elastik karakterlidir. Bu nedenle kavılca ile elde edilen hamurlar daha zayıf özellik sergilemektedirler. Bu özellik, kavılca buğdayının sahip olduğu yüksek gliadin ve düşük glutenin oranı ile açıklanmaktadır (Schober ve ark., 2006). Günümüzde yaygın bir biçimde kullanılan

modern buğday unlarına ilave edilen kavılca unları, hazırlanan ekmeklere çok güçlü bir koku, iyi bir hacim, özel bir tat, uzun süren tazelik ve yumuşaklık kazandırmaktadır. Fakat yalnızca kavılca unlarının kullanıldığı ekmeklerde hacim, tekstür, renk ve duyu anlamında sorunlar yaşanabilmektedir (Bojnanska ve Francakova, 2002). Yapılan bir çalışmada buğday unu ve kavılca unundaki gluten miktarı ile bu glutenlerin şişme karakteristikleri incelenmiştir. Buğday unu ve kavılca unu yaş gluten içerikleri sırasıyla; % 31.55 ve % 41.0 bulunmuştur. Yaş glutence daha zengin olan kavılca unu aynı kaliteyi gluten şişme analizinde gösterememiştir. Buğday unu gluten şişme analizi sonucu 18 cm³ iken kavılca ununda bu oran 6 cm³ olarak bulunmuştur. Bu durumun kavılca buğdayı gluteninin çok az esnek ve çok fazla dağılmış olmasından kaynaklandığı belirtilmektedir (Bojnanska ve Francakova, 2002; Schober ve ark., 2006).

Bu çalışmada agar ve selüloz gamları ile zenginleştirilmiş kavılca unu (*Tr. Spelta* L.) hamuruna creep-recovery (sürünme-geri kazanım) testi ve elde edilen ekmeklere tekstür profil analizleri uygulanmıştır. Hidrokolloidlerin hamurun dokusundaki etkileri ve kullanılan bu gamların gluten kalitesi düşük kavılca unu hamurundaki reolojik ve tekstürel etkilerini olumlu etkileyip etkilemediği araştırılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Çalışmada kullanılan kavılca unu (Bob's Red Mill Spelt, %13.3 protein, %3.3 yağ, %13 diyet lif) ile selüloz (Aqualon) ve agar (Wildpower) gamları internetten temin edilmiştir (www.amazon.com). Hamur yapımında kullanılan maya, tuz ve diğer katkı maddeleri bölgesel marketlerden temin edilmiştir (Gümüşhane, Türkiye).

Hamur ve ekmeklerin üretimi

Reolojik ölçümlerde kullanılacak hamurlar Çizelge 1 de verilen çalışma planına göre hazırlanmıştır (hamurlar herhangi bir katkı maddesi kullanılmadan üretilmişlerdir). Hamurların su kaldırma kapasiteleri ön denemeler neticesinde 60 ± 2 mL olarak belirlenmiştir (Swanson-Working mixograph (National Mfg. Co., Lincoln, NE, USA). Tekstür profil analizinde kullanılan ekmekler, Yuksel ve

Kayacier (2016)'in kullandıkları metoda bazı modifikasyonlar uygulanarak hazırlanmıştır. Un (100 g), maya (3 g), tuz (1.5 g) ve su (60 ± 2 mL) karıştırılarak (Mixograph, National Mfg. Co., Lincoln, NE, USA) elde edilen hamurlar $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ de 45 dk 1. fermantasyona bırakılmışlardır. Daha sonra hamurlar $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 60 dk 2. fermantasyona bırakılmışlardır. Ardından şekil verilerek $220\text{ }^{\circ}\text{C}$ de 20 dk fırında pişirilen hamurlar dinlendirilip analizler gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 1. Çalışma planı

Örnek No	Kavılca (<i>Tr. Spelta</i> L.) Un (g)	Agar (g)	Selüloz (g)
1	100	0	0
2	100	0.5	0
3	100	0	0.5
4	100	0.5	0.5
5	100	1	0
6	100	0	1

Hamurların reolojik analizleri

Hamurların creep-recovery (Sürünme-geri kazanım) testleri Yılmaz ve ark. (2012)'de yaptıkları çalışmaya göre belirlenmiştir. Creep-recovery analizi için ARG-2 Model (From TA instrument, Newcastle, DE, USA) Reometre kullanılmıştır. Örnekler 40 mm çaplı paralel plate kullanılarak test edilmiştir. Çizelge 1'e göre taze hazırlanmış hamur örneklerinden paralel plate üzerine yerleştirilen hamurların fazla kısmı tıraşlanmış ve analiz gerçekleştirilmiştir. Plate aralığı 2 mm olarak belirlenmiştir. Creep-recovery testi $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ de oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Creep-recovery testi için süre 240 saniye olarak belirlenmiş olup bu sürenin ilk 120 saniyesi creep sonraki 120 saniyesinde recovery verileri elde edilmiştir. Hamurların deformasyonu için creep test 50 Pa 'da 120 saniye baskıya maruz bırakılmıştır. Ardından üzerindeki baskı kaldırılarak recovery analizi gerçekleştirilmiştir. Her bir ölçüm 3 kez

tekrar edilmiştir. Creep compliance (uyum) $J(t)$ aşağıdaki 1 numaralı eşitlik ile belirlenmiştir:

$$J(t)=\gamma(t)/\sigma \quad (1)$$

Burada γ shear strain (kayma gerinimi) ve σ shear stress (kesme gerinimi) dir. $J(t)$ ise zamana karşı toplanan compliance datalarıdır.

Son recovery ve viskozite oranları da aşağıdaki eşitlik 2 ve 3 kullanılarak belirlenmiştir:

$$\% R = \left[\frac{(J_{MAX} - J_{\infty})}{J_{MAX}} \right] \times 100 \quad (2)$$

$$\% V = (J_{\infty} - J_{MAX}) \times 100 \quad (3)$$

J_{MAX} 120 saniye sonraki maksimum deformasyonu ifade etmektedir. J_{∞} ise sistemdeki sonsuz compliance'ı ifade etmektedir.

Ekmeğin Tekstür Profil analizlerinin (TPA) analizi

Ekmeğin tekstürel özellikleri tekstür analiz cihazı (TA instrument, Newcastle, DE, USA) kullanılarak belirlenmiştir. 2×2×2 (en×boy×yükseklik) şeklinde kesilen ekmeğin örnekleri cihazın platform kısmına konulmuştur. Analiz için 50 kg yük hücresi ile 25.4 mm çaplı silindirik prob kullanılmıştır. Tetikleyici kuvveti 5 g olarak ayarlanmıştır. Test öncesi hız 5 mm s⁻¹, test hızı 1 mm s⁻¹ ve test sonrası hızı 5 mm s⁻¹ olarak uygulanmıştır. Her ölçüm 5 kez tekrar edilmiştir. Analiz sonunda tekstür yorumlayıcı program kullanılarak şu datalar elde edilmiştir; sertlik (kg), yapışkanlık (kg×mm), sakızimsılık (kg), çiğnenebilirlik (kg), esneklik (%) ve elastikiyet. Sertlik örneklerin sıkıştırılmasında gerekli olan maksimum kuvveti ifade eder, elastikiyet örneklerin geri kazanım oranlarının bir ölçüsüdür, esneklik örnek üzerine uygulanan kuvvet kaldırıldığında onun geri orijinal formuna dönme yeteneğini ifade eder, sakızimsılık örneklerin çiğnenmesi için gerekli enerjiyi belirtir, yapışkanlık örneklerin çiğnenirken dişlere yapışma kuvvetini gösterir ve çiğnenebilirlik örneklerin ağıza alındığında dişler tarafından parçalanabilmesi için gerekli olan enerjiyi göstermektedir.

İstatistiksel analiz

Tüm istatistiksel analizler SAS istatistiksel paket programı genel lineer model prosedürü kullanılarak analiz edilmiştir (Version 8.2, SAS 2002; SAS Institute inc., Carry, NC, USA). Elde edilen verilerde sonuçlar üzerine faktörlerin etkisi varyans analizi ile tespit edilmiş, çoklu karşılaştırmalar ile grup ortalamaları karşılaştırılmıştır (p<0.05).

BULGULAR VE TARTIŞMA

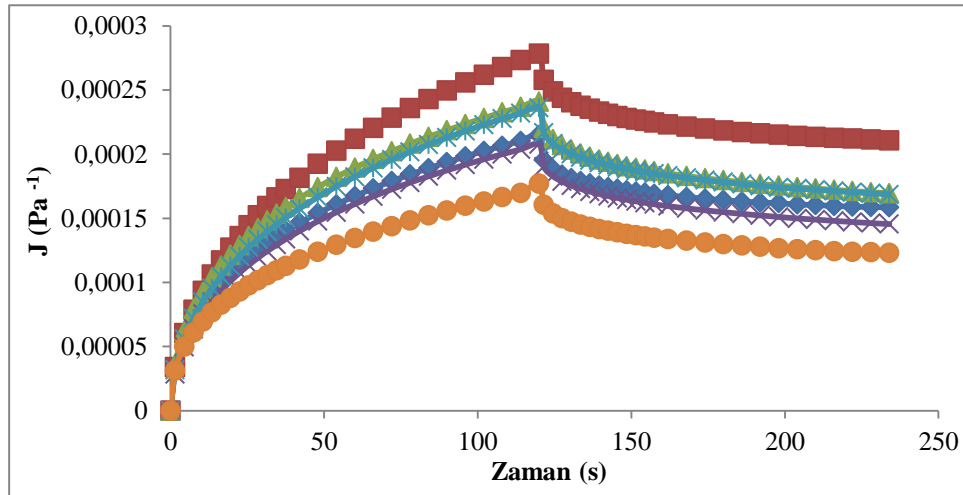
Örneklerin su kaldırma kapasitesi yapılan ön denemeler neticesinde literatürdeki çalışmalara benzer olarak 60±2 mL bulunmuştur (Çizelge 1). Spelt hamurları üzerine yapılan bazı

çalışmalarda su kaldırma kapasiteleri şu şekilde belirlenmiştir; % 57.7 (Pruska-Kedzior ve ark., 2008), % 69.3 (Kohajdová ve Karovičová, 2007), % 60 (Bonofaccia ve ark., 2000). Hamur örneklerinin geri kazanım fazları, viskozite ve elastikiyet oranlarını gösteren değerler Çizelge 2 de verilmiştir. Hamur örneklerine agar ve selüloz gamların ilavesinin örneklerin geri kazanım fazları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05). Elde edilen verilere göre kontrol örneklerinin J_{MAX} ve J_∞ değerleri sırasıyla şu şekilde tespit edilmiştir, 2.10×10⁻⁴ ve 1.6×10⁻⁴. En düşük J_{MAX} ve J_∞ değerleri 100 g una 1 g selüloz gamı ilavesinde bulunurken en yükseği ise 100 g una 0.5 g agar gamı eklendiğinde tespit edilmiştir. Hamur örneklerine ait viskozite oranları % 75.7 ile % 69.5 aralığında değişim göstermiştir. Elastikiyet oranları ise % 30.53 ile % 24.30 aralığındadır. Örneklere ait en yüksek ve en düşük viskozite ve elastikiyet değerleri de 100 g una 0,5 g agar gamı ve 1,0 g selüloz gamı ilaveli formülasyonlarda görülmüştür.

Sürünme-geri kazanım kurvelerinin gösterildiği Şekil 1'de en düşük değerlerin 100 g una 1 g selüloz gam ilavesiyle elde edildiği, en yüksek ise 100 g una 0.5 g agar gam ilavesiyle elde edildiği gözlemlenmiştir. Kavılca unlarının viskoelastik özellikleri içermiş oldukları gluten matriksine bağlı olarak değişmektedir. Kavılca ununda gliadin oranının yüksek ve glutenin oranının düşük olduğu bildirilmiştir. Modern buğday ile kavılca (spelt) unu karşılaştırıldığında kavılca unun çok daha fazla viskoz olduğu, fakat daha az elastik özellik gösterdiği belirtilmiştir (Kohajdová ve Karovičová, 2008; Lacko-Bartošová ve Korczyk-Szabó, 2011; Schober ve ark., 2006). Yapılan bazı çalışmalarda kavılca unlarından elde edilen hamurların elastik özelliklerinin çalışmamızdaki bulgulara benzer şekilde düşük olduğu tespit edilmiştir (Schober ve ark., 2002; Pruska-Kedzior ve ark., 2008).

Çizelge 2. Hamur örneklerin geri kazanım fazları, viskozite ve elastikiyet oranları

Örnek No	$J_{MAX} \times 10^{-4}$	$J_{\infty} \times 10^{-4}$	Viskozite (%)	Elastikiyet (%)
1	2.10±0.38 ^a	1.60±0.26 ^a	73.73	26.27
2	2.80±0.45 ^a	2.10±0.52 ^a	75.70	24.30
3	2.40±0.64 ^a	1.70±0.60 ^a	70.35	29.65
4	2.10±0.48 ^a	1.50±0.66 ^a	70.06	29.94
5	2.40±0.03 ^a	1.70±0.01 ^a	71.38	28.62
6	1.80±0.00 ^a	1.20±0.00 ^a	69.47	30.53

**Şekil 1.** Hamurların creep-recovery (sürünme-geri kazanım) kurveleri. (◇; 1. Örnek, □; 2. Örnek, Δ; 3. Örnek, ×; 4. Örnek, *; 5. Örnek, ○; 6. Örnek)

Çizelge 1'e göre hazırlanmış hamur formülasyonlarından üretilen ekmeklere ait tekstür profil analiz sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. Tekstür profil analiz sonuçlarına göre esneklik, sakızimsılık ve elastiyet değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim gözlemlenmemiştir ($p > 0,05$). Ekmek formülasyonuna ilave edilen gam miktarları arttıkça örneklerin sertlik ve yapışkanlık değerlerinin de yükseldiği belirlenmiştir. Çiğnenabilirlik değerlerinde ise en düşük değer gam ilave edilmemiş ekmek örneklerinde

gözlemlenirken Çizelge 1'e göre yapılan formülasyon sıralamasına göre bir artış tespit edilmiştir. Bojňanská ve ark., (2016) da yaptıkları bir çalışmada buğday unu (%70)+*Triticum spelt* unu (%30) karışımına guar ve ksantan gam ilave ederek örneklerin reolojik ve tekstürel özelliklerini incelemişlerdir. Guar gam ve ksantan gam ilavesinin ekmeklerdeki somun hacim (loaf volume) özelliklerini arttırdığını, geri kazanım (recovery) fazlarında iyileşmeler yaptığını tespit etmişlerdir.

Çizelge 3. Ekmeklerin tekstür profil analiz (TPA) sonuçları

Örnek No	Sertlik (kg)	Yapışkanlık (%)	Esneklik (%)	Sakızimsılık (kg)	Çiğnenabilirlik (kg)	Elastikiyet
1	205.48±18.9 ^b	22.68±0.9 ^b	0.22±0.02 ^a	78.17±5.1 ^a	17.22±2.0 ^b	0.07±0.002 ^a
2	259.99±27.3 ^a	22.16±5.1 ^a	0.23±0.02 ^a	97.31±15.3 ^a	22.42±4.6 ^{ab}	0.07±0.01 ^a
3	284.53±8.30 ^a	34.77±12.8 ^a	0.23±0.01 ^a	103.90±6.33 ^a	24.30±2.3 ^a	0.06±0.001 ^a
4	263.13±12.1 ^a	29.46±6.1 ^a	0.22±0.02 ^a	93.54±5.57 ^a	20.64±2.8 ^{ab}	0.07±0.003 ^a
5	293.38±34.4 ^a	16.51±1.4 ^a	0.23±0.01 ^a	96.50±7.50 ^a	22.37±2.2 ^{ab}	0.06±0.01 ^a
6	265.70±19.6 ^a	30.07±1.1 ^a	0.24±0.02 ^a	105.74±11.0 ^a	25.86±4.2 ^a	0.07±0.003 ^a

Her bir sütundaki farklı harfler örneklerin istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$).

SONUÇ

Bu çalışmada kavılca (*Tr. Spelta* L.) buğdayı ununa agar ve selüloz gam ilave ederek elde edilen hamurların reolojik özellikleri ile sonrasında elde edilen ekmeklerdeki tekstür profil analizleri incelenmiştir. Hamur örneklerinin viskozite değerleri bir miktar azalma sergilerken, elastikiyet oranlarında ise artma gözlemlenmiştir. Buna bağlı olarak ekmeklerdeki sertlik, yapışkanlık ve çiğnenebilirlikte de artışlar görülmüştür. İnsanların beslenme alışkanlıklarının değiştiği günümüzde kavılca ve siyez gibi besleyici içeriği yüksek buğdaylara ve ürünlerine olan rağbet gittikçe artmaktadır. Bu çalışma ile kavılca unundan ekmek elde etmek için kullanılacak hidrokolloidlerin tek başına yeterli olmadığı ve arzulanan tekstürde ekmek elde edebilmek için kavılca unun ekmeçlik buğday unları ile desteklenmesinin gerektiği söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Bonafaccia G, Galli V, Francisci R, Mair V, Skrabanja V, Kreft I, 2000. Characteristics of spelt wheat products and nutritional value of spelt wheat-based bread. *Food Chemistry*, 68: 437-441
- Bojňanská T, Francakova H, 2002. The use of spelt wheat (*Triticum spelta* L.) for baking applications. *Rostlinna Vyroba*, 48 (4): 141-147.
- Bojňanská T, Šmitalová J, Vollmannová A, 2016. Effect Of The Addition Of Hydrocolloids On The Rheological And Baking Properties Of The Products With Added Spelt Flour (*Triticum Spelta* L.). *Potravinarstvo*, 10 (1): 157-163
- Boukid F, Folloni S, Sforza S, Vittadini E, Prandi B, 2018. Current Trends in Ancient Grains-Based Foodstuffs:

- Insights into Nutritional Aspects and Technological Applications. *Comprehensive Reviews in Food Science Food Safety*, 17: 123-136.
- Coda R, Nionelli L, Rizzello CG, De Angelis M, Tossut P, Gobbetti M, 2010. Spelt and emmer flours: characterization of the lactic acid bacteria microbiota and selection of mixed starters for bread making. *Journal of Applied Microbiology*, 108: 925-935
- Erdem H, 2009. *Triticum spelta* buğdayında tane çinko konsantrasyonu yüksek ve çinko eksikliğine dayanıklı genotiplerin belirlenmesi ve karakterize edilmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Adana.
- Kohajdová Z, Karovičová J, 2007. Effect Of Incorporation Of Spelt Flour On The Dough Properties And Wheat Bread Quality. *Nauka Technology Jakość*, 4 (53): 36 – 45
- Kohajdová Z, Karovičová J 2008. Nutritional Value And Baking Applications Of Spelt Wheat. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Aliment*, 7 (3): 5-14
- Lacko-Bartošová M, Korczyk-Szabó J, 2011. Indirect baking quality and rheological properties of spelt wheat (*Triticum Spelta* L.). *Research Journal of Agriculture Science*, 43, 1, 73-78.
- Pruska-Kedzior A, Kedzior Z, Klockiewicz-Kaminska E, 2008. Comparison of viscoelastic properties of gluten from spelt and common wheat. *European Food Research Technology*, 227:199-207
- Schober TJ, Clarke CI, Kuhn M, 2002. Characterization of functional properties of gluten proteins in spelt cultivars using rheological and quality factor measurements. *Cereal Chemistry*, 79 (3): 408-417.

- Schober TJ, Beana SR, Kuhn M, 2006. Gluten proteins from spelt (*Triticum aestivum ssp. spelta*) cultivars: A rheological and size-exclusion high-performance liquid chromatography study. *Journal of Cereal Science*, 44: 161–173.
- Yilmaz TM, Karaman S, Dogan M, Yetim H, Kayacier A, 2012. Characterization of O/W model system meat emulsions using shear creep and creep recovery tests based on mechanical simulation models and their correlation with texture profile analysis (TPA) parameters. *Journal of Food Engineering*, 108: 327–336.
- Yuksel F, Kayacier A, 2016. Utilization of stale bread in fried wheat chips: Response surface methodology study for the characterization of textural, morphologic, sensory, some physicochemical and chemical properties of wheat chips. *LWT-Food Science Technology*, 67: 89-98.
- Zielijski H, Ceglijska A, Michalska A, 2008. Bioactive compounds in spelt bread. *European Food Research Technology*, 226: 537–544.