

## PENTOZANLARIN HAMUR VE EKMEK NİTELİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

### EFFECTS OF PENTOSANS ON DOUGH AND BREAD QUALITY

Hülya GÜL<sup>1\*</sup>, Halef DİZLEK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Isparta

<sup>2</sup>Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Adana

Geliş tarihi: 08.12.2007

**ÖZET:** Pentozanlar buğday tanesinde miktar olarak az ancak işlevsel özellikleri açısından önemli olan nişasta dışı polisakkaritlerdendir. Pentozanlar hem jelleşme yetenekleri (oksidatif jeletinizasyon) hem de yüksek oranda su bağlama kapasiteleri nedeniyle, hamurun reolojik özellikleri ve ekmek kalitesi üzerinde etkilidirler. Özellikle ksilanaz ve pentozanaz aktivitesine sahip enzimler ile birlikte kullanıldıkları zaman, ekmek hacmi ve ekmek içi yapısı üzerinde iyileşme sağlarlar. Ayrıca nişastanın retrogradasyonunu geciktirerek ekmeğin bayatlama hızını yavaşlatırlar.

**Anahtar kelimeler:** Pentozanlar, hamur, ekmek

**ABSTRACT:** Pentosans are one of the nonstarch polysaccharides of wheat seed. Although they are the minor constituents of wheat flour, but they have important functional properties. Pentosans influence dough and bread quality not only because of their gel-forming ability (oxidative gelation) but also because of their high water holding capacity. Especially when they are used with enzymes which have xylanase and pentosanase activity, they improve bread volume and bread crumb structure. Beside these by retarding the retrogradation of starch, they decrease the staling rate of bread.

**Keywords:** Pentosans, dough, bread

### GİRİŞ

Buğday tanesinin kimyasal yapısı esas itibarıyla; karbonhidratlar, azotlu maddeler, lipidler, enzimler, vitaminler, madensel maddeler ve sudan oluşur. Bu bileşenlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri fırın ürünlerinin kalite kriterleri üzerinde etkilidir. Bu özellikler; doğal organik bileşenlerin çeşitliliğine, bitkilerin genetik potansiyeline, yetiştirme koşullarına ve iklime bağlı olarak değişir (1). Nişasta, proteinler ve amilolitik enzimler onların işlenebilirlik özellikleri ve son ürün kalitesi üzerinde çok büyük etkiye sahiptirler. Bu nedenle bu un bileşenleri üzerinde çok fazla araştırma yapılmaktadır. Ayrıca uygun hammadde seçimi için gerekli olan analitik metotlar da geliştirilmiştir (2). Buna karşılık; onların ekmeklik performansında belirli ölçüde etkileri olan nişasta dışı polisakkaritlerin kimyasal yapıları ve fırın ürünleri üzerindeki etkileri kısmen açığa kavuşturulabilmiştir.

Buğday tanesinde bulunan nişasta dışı polisakkaritlerin başlıcaları; selüloz,  $\beta$ -glukan, pentozanlar, gliko ve galakto-mannanlardır (3, 4). Buğday ununda yaklaşık % 2-3 oranında bulunan pentozanlar hamur ve ekmek kalitesini etkileyen önemli işlevsel özelliklere sahiptirler. Ancak diğer hücre duvarı bileşenleri ile beraber kompleks bir yapı oluşturdukları için özelliklerini ve etkilerini tanımlamak zordur. Ayrıca bu kompleks yapıdan dolayı, pentozanların münferit bileşenlerinin izole edilmesi güçleşir. Suda çözünmeyen bileşenlerin polimer yapıları, doğal yapılarında bir değişiklik olmaksızın birbirlerinden ayrılmalarına izin vermez. Pentozanların işlevsel özellikleri ile ilgili olarak literatürde verilen bilgiler, bunların hamur ve fırın ürünleri üzerindeki kombine etkilerine dayanır (2). Ancak son yıllarda, izole edilen münferit bileşenlerin hamur oluşumu ve ürün kalitesi üzerine etkileri ile ilgili araştırmalar hız kazanmıştır.

Literatür taramasına dayanan bu çalışmada, suda çözünen ve çözünmeyen pentozanların hamur ve ekmek nitelikleri üzerindeki etkileri açıklanmaya çalışılmıştır.

\* E-posta : hulyagul@mmf.sdu.edu.tr

### Pentozanların Su Bağlama Kapasiteleri

Pentozanlar, buğday ununda bulunan minör bileşenlerden olmalarına rağmen, hidrofilik doğaları nedeniyle, hamur ve ekmek kalitesi üzerinde önemli işlevsel özelliklere sahiptirler.

Pentozanların izolasyonunda çeşitli tekniklerin kullanılması ve elde edilen izolatların saflık derecelerinin farklı olması nedeniyle; su absorbe etme yetenekleri konusunda yapılan çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Jeleca ve Hlynka (5)'ya göre; suda çözünen pentozanlar için bu değer kendi ağırlıklarının 6.3 katı iken, suda çözünmeyenler için 6.7 katıdır. Kim ve D'Appolonia (6) aynı değerleri sırası ile 4.4 ve 9.9, Meuser ve Suckow (2) ise 3.5 ve 7 olarak bulmuşlardır. Bununla birlikte su bağlama kapasitesi pentozanların izole edildiği buğday çeşidine göre de değişir.

Hamurun yoğrulması süresince su absorpsiyon miktarı, öncelikle zedelenmiş nişasta ve protein içeriğine bağlıdır. Su bağlama kapasiteleri fazla olan pentozanların ve  $\beta$  (1-3) (1-4) glukanların katkısı da göz ardı edilemez.

Farinografik çalışmalar, suda çözünen ve çözünmeyen pentozanların varlığında unların farinografikta belirlenen su absorpsiyon miktarlarında belirgin bir artış olduğunu göstermiştir (7, 8, 9).

### Pentozanların Oksidatif Jelatinizasyonu

Suda çözünen pentozanların hamur ve ekmek kalitesini etkileyen özelliklerinden bir tanesi de oksidatif jelatinizasyondur. Un süspansiyonu içerisine belirli oksidan maddeler ilave edildiği zaman, çözeltilerin viskozitesi artar ve çözelti jel haline gelir. Jelleşme ısıtma ve soğutma olmaksızın gerçekleşir, fakat okside edici bir maddeye gereksinim vardır. Bu nedenle bu olaya oksidatif jelatinizasyon adı verilir (4).

Hosney ve Faubion (10)'un bildirdiğine göre, Durham (11); hidrojen peroksit ilavesi ile un süspansiyonlarının viskozitelerinin arttığını, Baker ve ark, (12) ise viskozitedeki artıştan suda çözünen pentozanların sorumlu olduğunu belirlemişlerdir. Özellikle suda çözünen pentozanlardan ferulik asit içeren arabinoksilan, oksidatif jelatinizasyonda önemli bir rol oynar (2, 13). Pentozanlar oksidatif maddeler ile (özellikle hidrojen peroksit ile) reaksiyona girerek sert yapılı bir jel oluştururlar ve hamurun viskozitesini artırarak katı ve kuru bir hal almasına neden olurlar (14). Hamurun sürekli fazında meydana gelen viskozite artışı ile hamurun gaz tutma yeteneğinin artması beklenir. Çünkü gaz hücrelerinin bir araya toplanma eğilimlerinde bir azalma meydana gelir (4).

### Pentozanların Hamur Nitelikleri Üzerine Etkileri

Pentozanlar hamurdaki serbest suyu bağlayarak hidrasyonu düzenlerler, hamurun katı ve kuru bir hal almasını sağlarlar. Hamurun yoğrulması süresince pentozan-pentozan ya da pentozan-protein etkileşimlerinden dolayı, pentozan bileşenlerindeki değişiklikler kompleks hale gelir. Unu iyileştirmek ya da beyazlatmak amacı ile kullanılan oksidan maddeler bu etkileşimleri artırır (2).

Yoğurma ile pentozanların hidrojen bağları oluşturma kapasiteleri artar. Pentozanlar ve glikoproteinler hamurun başlıca bileşenleri olan proteinler ve karbonhidratlar arasında köprü görevi yaparlar ve oksidan maddeler de, bu köprünün sürekliliğini sağlama konusunda önemli rol oynarlar (15).

Hamur yoğurma süresinin pentozanlar üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada (13); 3 farklı yoğurma süresi kullanılmıştır. Kısa süreli yoğurmada 1 dakika, uygun süre yoğurmada 3 dakika, aşırı yoğurmada da 6 dakika süre ile yoğurma işlemi uygulanmıştır. Yoğurma işleminden hemen sonra hamurlar dondurularak kurutulmuştur. Az yoğrulmuş hamurlardan elde edilen pentozan miktarı (% 0.38), orijinal undaki pentozan miktarına (%0.44) göre az, uygun sürede yoğrulmuş hamurlardan elde edilen pentozan miktarı (% 0.42) ise orijinal undan elde edilen pentozan miktarına yakın olarak bulunmuştur. Aşırı yoğurma pentozan miktarının (% 0.35) azalmasına neden olmuştur. Ayrıca, yoğurma süresi arttıkça pentozanların protein ve ferulik asit içerikleri azalmıştır.

Gluten yıkama atık suyundan ekstrakte edilen suda çözünen pentozanların hamura ilave edildiği bir çalışmada; pentozanlar hidrofilik olmaları nedeniyle hamurun reolojik özellikleri üzerinde olumlu etkide bulunmuşlar, hamurun su absorpsiyonunu önemli oranda artırmışlar ve yoğurma süresini kısaltmışlardır (14).

### Pentozanların Ekmek Nitelikleri Üzerine Etkiler

Pentozanların ekmek kalitesi üzerine etkileri, çok sayıda araştırmının konusu olmuştur. Fakat farklı izolasyon ve saflaştırma tekniklerinin kullanılması nedeniyle pentozanların etkileri konusunda farklı sonuçlar elde edilmiştir.

Lineback ve Rasper (3)'ün bildirdiğine göre; ilk yapılan çalışmalar buğday unundan su ile ekstrakte edilebilen maddelerin ekmek hacmini arttırdığını göstermiştir. Fakat karbonhidratların etkilerini çözünür proteinlerin etkilerinden ayırma konusunda başarılı olamamışlardır. Pentozan fraksiyonlarının pişirme kalitesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla ilk denemeler, pentozan parçalayıcı enzimlerin hamura ilave edilmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir. Pentozanların parçalanması ekmek hacminde yaklaşık %10 oranında azalmaya neden olmuştur. Genel olarak, suda çözünen pentozanların ekmek özelliklerini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. Hosney ve ark. (16); buğday ununun suda çözünen fraksiyonu uzaklaştırıldığı zaman ekmek hacminin azaldığını bildirmişlerdir.

Yin ve Walker (14) tarafından yapılan ekmek pişirme testleri sonucunda, pentozan ilavesi ile hacim, ekmek verimi, ekmek içi sertliği, ekmek içi gözenek yapısı gibi genel ekmek özelliklerinde az da olsa bir iyileşme olduğu saptanmıştır.

Suda çözünen pentozanlar, amonyum sülfat ile tuz oluşturularak ya da etanol ile çöktürülerek arabinoksilan ve arabinogalaktan olmak üzere iki fraksiyona ayrılabilirler. Arabinoksilanların ve arabinogalaktanların her ikisi de suyun yüzey gerilimini azaltırlar. Fakat arabinoksilan protein köpüklerini etkin bir şekilde stabilize ederken, arabinogalaktanların etkisi daha azdır. Arabinoksilanlar gluten ile birlikte pişirmenin ilk aşamalarında karbondioksitin yayılma hızını yavaşlatırlar. Böylece ekmek iç yapısı ve hacim üzerinde olumlu etkilerde bulunurlar (17, 18). Suda çözünen pentozanların ekmek hacmi ve ekmek içi yapısı üzerine herhangi bir etkisi olmadığını bildiren çalışmalar da vardır (8, 19, 20).

Suda çözünen ve suda çözünmeyen pentozanların ekmek hacmi üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada (6); ekmek hacminin suda çözünen pentozanların ilave edilmesinden etkilenmediği, fakat suda çözünmeyen pentozanların ilave edilmesi ile bir miktar azaldığı belirlenmiştir.

Suda çözünen ve çözünmeyen buğday pentozanları ile suda çözünen çavdar pentozanlarının kullanıldığı bir çalışmada buğday ununa % 2 oranında suda çözünen buğday ve çavdar pentozanları katılmasının, özgül hacmi artırdığı halde suda çözünmeyen buğday pentozanlarının bu etmen üzerinde etkili olmadığı tespit edilmiştir (21).

Suda çözünmeyen pentozanların olumsuz etkilerine karşın olumlu etkileri de tespit edilmiştir. Jeleca ve Hlynka (22), buğday ununa %1 oranında suda çözünmeyen pentozan katılmasının, ekmek hacmini iyileştirdiğini belirlemişlerdir.

Buğday endospermide yer alan suda çözünmeyen pentozanlar; gluten yıkama atık suyunun santrifüjlenmesi ile elde edilir. Suda çözünmeyen fraksiyon, yoğunluğuna bağlı olarak iki tabakaya ayrılır. Altta kalan ve yoğunluğu daha fazla olan tabakanın başlıca bileşeni nişastadır. Üst kısımda oluşan zamksı tabaka ise nişasta içinde arta kalan safsızlık fraksiyonu olarak bilinir. Aynı zamanda amilodekstrin fraksiyonu olarak da adlandırılır. Bu fraksiyon nişasta (küçük tanecikli ve zedelenmiş nişasta), suda çözünmeyen pentozanlar, az miktarda protein ve kül içerir (23).

Amilodekstrin fraksiyonundaki nişasta, enzimatik yolla uzaklaştırıldıktan sonra, suda çözünmeyen pentozanların yaklaşık % 70-80'i alkali ile ekstrakte edilebilir. Daha sonra bu pentozanların büyük bir bölümü alkolik çöktürme ile saflaştırılabilir (2). Bu fraksiyonlardan izole edilen saflaştırılmış suda çözünmeyen pentozan miktarı % 19.5-34.8 arasındadır (3).

Amilodekstrin fraksiyonundan izole edilen suda çözünmeyen pentozanlar ekmek kalitesi üzerinde olumsuz etkide bulunmuşlardır. Buğday ununa % 5, 10, 15 oranlarında amilodekstrin fraksiyonu ilave edildiği zaman ekmek hacmi doz artışına paralel olarak azalmış, ekmek içi gözenek yapısı da olumsuz etkilenmiştir. Bu fraksiyonun bileşenlerinden; zedelenmiş nişasta, küçük tanecikli nişasta, lipidler, enzimler ve pentozanların her biri

ayrı ayrı kullanılarak ekmeğin pişme testi yapılmış, suda çözünmeyen pentozan kullanılarak yapılan ekmeklerin zayıf pişme karakteristiklerine sahip olduğu belirlenmiştir (24, 25). Suda çözünmeyen pentozanların bu olumsuz etkileri pentozanaz ya da  $\alpha$ -amilaz enzimlerinin uygun miktarlarda ilave edilmesi ile engellenebilir. Bu iki enzimin birlikte kullanılması daha etkili olur (26).

Denli (9), tarafından yapılan çalışmada; suda çözünen ve suda çözünmeyen buğday pentozanı ile suda çözünen buğday pentozanının ekmeğin hacim verimini artırdığı, söz konusu pentozanlar arasında suda çözünen çavdar pentozanının daha etkili olduğu, buna karşılık suda çözünmeyen buğday pentozanının yüksek oranlarda (% 2) kullanılması durumunda hacim veriminde gerileme olduğu saptanmıştır. Ancak ksilinaz ve pentozanaz aktivitesi içeren enzimlerin kullanılması sonucu ekmeğin özelliklerinin olumlu yönde etkilendiği, enzim dozunun artışına paralel olarak hacim veriminde önemli derecede bir artış olduğu saptanmıştır.

### **Pentozanların Ekmeğin Bayatlaması Üzerine Etkileri**

Ekmeğin sertliğinin artması ile kendini gösteren ekmeğin bayatlamasında etkili olan etmenlerden bir tanesi nişastanın retrogradasyonudur. Pentozanlar, retrogradasyon işlemini geciktirmek suretiyle, nişasta jellerinin sertleşmesini yavaşlatırlar. Retrogradasyonu yavaşlatma konusunda suda çözünmeyen pentozanların etkisi, suda çözünenlere göre daha fazladır. Suda çözünen pentozanlar, nişastanın amilopektin fraksiyonunun retrogradasyonunu yavaşlatırken, suda çözünmeyen pentozanlar hem amiloz hem de amilopektin üzerinde etkilidirler (6). Buğday nişastası, nişasta-amiloz ve nişasta-amilopektin karışımlarından hazırlanan jeller ile yapılan deneyler, pentozanların; amiloz ve amilopektin ile hidrojen bağları oluşturduğunu göstermiştir. Oluşan bu bağlar nedeniyle, jelin depolanması süresince nişasta bileşenlerinin birbirleri ile bağ oluşturabilecek bölgeleri azalmaktadır. Böylece nişastanın retrogradasyonu yavaşlamaktadır (3).

% 1 oranında suda çözünen pentozan ilavesi ile yapılan ekmeklerin, oda sıcaklığında 2 gün depolama süresi sonunda kontrol örneklerine kıyasla daha yumuşak olduğu tespit edilmiştir. Retrogradasyon olayı, nişasta-pentozan kompleksi oluşumu nedeniyle sınırlandırılmaktadır (14). Çavdar tanesinden izole edilen suda çözünen pentozanların buğday ununa %1.5 ve %3 oranlarında ilave edilerek ekmeğin bayatlaması üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada (27), pentozan ilave edilerek üretilen ekmeklerin tazeliğini ve duyu özelliklerini daha uzun süre muhafaza ettiği, nişastanın retrogradasyona karşı büyük bir direnç gösterdiği belirlenmiştir.

Denli (9), selüloz, ksilinaz ve alfa amilaz enzimlerini bir arada içeren enzim preparatı ile suda çözünen buğday pentozanının birlikte kullanılmasının, suda çözünmeyen pentozan katkısı içeren ekmeklere göre ekmeğin sertliğinin azalmasında daha etkili olduğunu bildirmiştir. Ancak, bayatlamayı geciktirici yöndeki en belirgin etki, suda çözünmeyen pentozanlar ile enzimlerin birlikte kullanılması sonucunda elde edilmiştir. Özellikle uzun süreli bekletmelerde bayatlamının büyük oranda geciktirildiği belirlenmiştir.

### **SONUÇ**

Buğday tanesinin kabuk ve kabuğa yakın kısımlarında endosperme göre daha fazla bulunan ve diyet lif olarak adlandırılan maddeler arasında yer alan pentozanlar, hem jelleşme yetenekleri hem de yüksek oranda su bağlama kapasiteleri nedeniyle, hamur ve ekmeğin kalitesi üzerinde etkilidirler. Özellikle pentozanaz aktivitesine sahip enzimler ile birlikte kullanıldıkları zaman, ekmeğin hacmi ve ekmeğin içi yapısı üzerinde iyileşme sağlarlar. Ayrıca nişastanın retrogradasyonunu geciktirerek ekmeğin bayatlama hızını yavaşlatırlar. Suda çözünen pentozanlar, nişastanın amilopektin fraksiyonunun retrogradasyonunu yavaşlatırken, suda çözünmeyen pentozanlar hem amiloz hem de amilopektin üzerinde etkilidirler (6).

Diyet lifin insan beslenmesi ve sağlığı üzerindeki önemli etkisi dikkate alınacak olursa, bu un bileşenlerinin, ekmeğin yapımı ve fırın ürünlerinin kalitesi üzerindeki işlevsel rollerinin tamamen açıklığa kavuşturulması için; kimyasal yapıları ile işlevsel özellikleri arasındaki ilişki üzerinde daha detaylı çalışmalara gereksinim olduğu düşünülmektedir.

**KAYNAKLAR**

1. Altan A. 1986. *Tahıl İşleme Teknolojisi*. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Ofset Atölyesi, 107s. Adana.
2. Meuser F, Suckow P. 1986. Non starch polysaccharides. In *Chemistry and Physics of Baking*, JMV. Frazier and T Galliard. (eds), pp. 42-61, The Royal Society of Chemistry.
3. Lineback DR, Rasper VF, 1988. Wheat carbohydrates. In *Wheat: Chemistry and Technology*, Y Pomeranz (ed), pp. 277-373, American Association of Cereal Chemists, Inc., USA.
4. Eliasson AC, Larsson K. 1993. *Cereals In Bread Making*. Marcel Dekker, Inc., 376s. USA.
5. Jeleca SL, Hlynka I. 1971. Water-binding capacity of wheat flour crude pentosans and their relation to mixing characteristics of dough. *Cereal Chemistry*. 48 : 211.
6. Kim SK, D'Appolonia BL. 1977. Bread staling studies. III. Effect of pentosans on dough, bread, and bread staling rate. *Cereal Chemistry*. 54 (2) : 225-229.
7. El-Wakeil FA, Abdel-Ahker M, Awad AA, Morad MM. 1975. Wheat proteins and Pentosans, their isolation and their effect on the rheological properties of dough and bread. I. Identification of wheat flour pentosans and their effect on dough rheology. *Deutsche-Lebensmittel-Rundschau*; 71 (9) : 317-320.
8. Michniewicz J, Biliaderis CG, Bushuk W. 1991. Effect of added pentosans on some physical and technological characteristics of dough and gluten. *Cereal Chemistry*. 68 (3) : 252-258.
9. Denli E. 1999. Buğday ve çavdardan elde edilen pentozan katkısının ekmeğin bazı özelliklerine etkisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, 131 s, Ankara.
10. Hosney RC, Faubion JM. 1981. A Mechanism for the oxidative gelation of wheat flour water-soluble pentosans. *Cereal Chemistry*. 58 (5) : 421-424.
11. Durham RK. 1925. Effect of Hydrogen peroxide on relative viscosity measurements of wheat and flour suspensions. *Cereal Chemistry*, 2:297.
12. Baker JC, Parker HK, Mize MD. 1943. The pentosans of wheat flour. *Cereal Chemistry*, 20 : 267.
13. Yeh YF, Hosney RC, Lineback R. 1980. Changes in wheat flour pentosans as a result of dough mixing and oxidation. *Cereal Chemistry*. 57 (2) : 144 -148.
14. Yin Y, Walker CE. 1992. Pentosans from gluten-washing wastewater: isolation, characterisations and role in baking, *Cereal Chemistry*, 69 (6) : 592-596.
15. Patil SK, Tsen CC, Lineback DR. 1975. Water-soluble pentosans of wheat flour. II Characterization of pentosans and glycoproteins from wheat flour and dough mixed under various conditions. *Cereal Chemistry*, 52 : 57-69.
16. Hosney RC, Finney KF, Shogren MD, Pomeranz Y. 1969. Functional (breadmaking) and biochemical properties of wheat flour components. II. role of water solubles *Cereal Chemistry*, 46 : 117-125.
17. Izydorczyk MS, Biliaderis CG, Bushuk W. 1991. Comparison of the structure and composition of water-soluble pentosans from different wheat varieties. *Cereal Chemistry*, 68 (2) : 139-144.
18. Izydorczyk MS, Biliaderis CG. 1992. Influence of structure on the physicochemical properties of wheat arabinoxylan. *Carbohydrate Polymers* 17 : 237-247.
19. Kim SK, D'Appolonia BL. 1977. Effect of pentosans on the retrogradation of wheat starch gels. *Cereal Chemistry*, 54 : 150-160.
20. Wang L, Miller RA, Hosney RC. 1998. Effects of (1-3)(1-4)-β-D-glucans of wheat flour on breadmaking. *Cereal Chemistry*. 75 (5) : 629-633.
21. Michniewicz J, Biliaderis CG, Bushuk W. 1992. Effect of added pentosans on some properties of wheat bread. *Food Chemistry*, 43 ; 251-257.
22. Jeleca SL, Hlynka I. 1972. Effect of wheat-flour pentosans in dough, gluten, and bread. *Cereal Chemistry*. 49:489.
23. Hosney RC. 1983. *Principles of Cereal Science and Technology*. American Association of Cereal Chemists, Inc., 327s, USA.
24. Kulp K, Bechtel WG. 1963. Effect of water-insoluble pentosan fraction of wheat endosperm on the quality of white bread. *Cereal Chem* 40 : 493
25. Kulp K, Bechtel WG. 1963. The effect of tailings of wheat flour and its subfractions on the quality of bread. *Cereal Chem* 40 : 665.
26. Krishnarau L, Hosney RC. 1994. Enzymes increase loaf volume of bread supplemented with starch tailings and insoluble pentosans. *Journal of Food Science*, 59 (6) : 1251-1254.
27. Jankiewicz M, Michniewicz J. 1987. The Effect of soluble pentosans isolated from rye grain on staling of bread. *Food Chemistry*, 25 (4) : 241-249.