

## WPLYW OPAKOWANIA NA JAKOŚĆ PRZECHOWYWANEGO PIECZYWA BEZGLUTENOWEGO

*Paulina Pająk, Daria Kuczera, Teresa Fortuna*

Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności,  
Wydział Technologii Żywności,  
Uniwersytet Rolniczy  
ul. Balicka 122, 30-149 Kraków  
e-mail: p.pajak@ur.krakow.pl

**Streszczenie.** Celem pracy była ocena wpływu opakowania na jakość pieczywa bezglutenowego w trakcie jego przechowywania. Pieczywo pakowano do trzech różnych opakowań: torebek papierowych pergaminowych (TPP), woreczków polietylenowych (WPE) oraz szklanych pojemników próżniowych (SPP). Próbki przechowywano w opakowaniach przez pięć dni, w czasie których poddano je badaniom instrumentalnym, które obejmowały: pomiar aktywności wodnej, oznaczenie wilgotności, pomiar barwy oraz analizę profilu tekstury przy użyciu testu TPA. Badania prowadzono na świeżym miększu pieczywa w dniu wypieku oraz w 1, 3 i 5 dobie przechowywania w każdym z opakowań. W dniu wypieku dokonano także oceny sensorycznej pieczywa metodą profilowania tekstury oraz skali hedonicznej. Na podstawie wyników badań stwierdzono, iż zarówno opakowanie jak i czas przechowywania ma zasadniczy wpływ na jakość pieczywa bezglutenowego. Mniejszy spadek wilgotności miększu pieczywa oraz aktywności wodnej stwierdzono w przypadku pieczywa pakowanego w WPE oraz SPP w porównaniu do TPP. Rodzaj opakowania wpływa także na barwę miększu pieczywa. Największe obniżenie jasności oraz parametru  $a^*$  zaobserwowano w przypadku pieczywa przechowywanego w TPP. Zmiany parametrów tekstury miększu już od pierwszego dnia przechowywania były największe w przypadku pieczywa bezglutenowego opakowanego w TPP. W 5 dobie przechowywania najmniejsze zmiany w wartościach kruchości, elastyczności i żujności miększu stwierdzono dla pieczywa opakowanego w WPE. Na podstawie oceny sensorycznej stwierdzono, iż świeże pieczywo bezglutenowe było zbliżone do standardu w metodzie profilowania tekstury oraz cechowało się wysoką akceptacją zespołu oceniającego. Opakowanie z folii polietylenowej i szklany pojemnik próżniowy w większym stopniu przyczyniły się do opóźnienia procesu czerstwienia badanego pieczywa niż torebka papierowa pergaminowa. Jednakże przechowywanie pieczywa w SPP spowodowało wystąpienie pleśni na skórce już w trzecim dniu analizy.

**Słowa kluczowe:** pieczywo bezglutenowe, opakowania, tekstura, barwa, ocena sensoryczna

## WSTĘP

Polska obok innych krajów Europy Środkowej i Wschodniej jest największym konsumentem pieczywa (Borowy i Kubiak 2013). Pieczywo można podzielić m.in. według: rodzaju użytej mąki, typu mąki, masy jednostkowej, sposobu prowadzenia ciasta i trwałości pieczywa. Oprócz trzech podstawowych rodzajów pieczywa, tj. pieczywa pszennego, żytniego i mieszanego, coraz częściej są wyodrębniane jeszcze dwie dodatkowe grupy: pieczywo specjalne i dietetyczne oraz inne (Flaczyk i in. 2011, Goryńska-Goldmann 2010).

Pieczywo dietetyczne ze względu na skład surowcowy i sposób przygotowania jest przeznaczone do żywienia ludzi w przypadku określonych chorób lub stanów fizjologicznych (Goryńska-Goldmann 2010). Do takiego rodzaju pieczywa zalicza się chleb bezglutenowy otrzymywany ze skrobi lub mąki pozbawionej glutenu lub surowców naturalnie nie zawierających glutenu, substancji spulchniających, z ewentualnym dodatkiem substancji stabilizujących, zagęszczających oraz emulgujących (PN-A-74123:1997).

Chleb stanowi ważny element naszego codziennego jadłospisu. W interesie producentów leży utrzymanie świeżości tego produktu, gdyż jest to element determinujący jakość pieczywa oraz wpływający na upodobania i oczekiwania konsumentów (Borowy i Kubiak 2013). Dlatego odpowiednie przechowywanie pieczywa decyduje zarówno o walorach zdrowotnych, jak i smakowych pieczywa. Jedną z możliwości utrzymania pożądaných cech sensorycznych pieczywa oraz zapobiegania jego ewentualnego skażenia mikrobiologicznego jest proces pakowania (Ceglińska i in. 2004). Opakowanie powinno chronić produkt przed zbyt szybkim wysychaniem, ale nie może całkowicie ograniczać ulatniania się pary wodnej, gdyż mogłoby to spowodować rozwój pleśni na zawilgotniałej skórce. Jednak opakowanie nie jest w stanie zahamować zmian sensorycznych i teksturalnych będących efektem procesu czerstwienia pieczywa. Zmiany te można ograniczyć przez stosowanie odpowiednich dodatków technologicznych w procesie jego produkcji (Ceglińska i in. 2004, Czerniawski i Michniewicz 1998, Słowik 2002).

Czerstwienie pieczywa jest procesem nie do końca poznany, zależnym od wielu czynników. W przypadku pieczywa bezglutenowego przyjmuje się, że za jego postęp odpowiedzialna jest retrogradacja skrobi obecnej w mące. W pieczywie żytnim i pszennym proces czerstwienia zależy m.in. od zawartości glutenu oraz występowania interakcji pomiędzy skrobią, tłuszczami a białkami. Obecność glutenu w pieczywie wpływa bowiem na powstanie elastycznej struktury, która spowalnia migrację wody z miększu do skórki, a tworzenie się kompleksów pomiędzy polimerami skrobiowymi, tłuszczami oraz białkami obecnymi w pieczywie hamuje agregację amylozy i amylopektyny, spowalniając przy tym proces czerstwienia (Fik 2004, Pühr i D'Appolonia 1992, Ribotta i Le Bail 2007, Ronda i Ross 2011).

Przy doborze opakowania bierze się pod uwagę rodzaj pieczywa, czas jego przechowywania, a także warunki przechowywania. Niezmiernie istotne są również cechy samego opakowania, takie jak: przenikalność pary wodnej, tlenu i aromatu, odporność na wodę, światło, temperaturę, czy tłuszcze (Ceglińska i in. 2004). Powszechnie stosowanymi opakowaniami do pieczywa są torebki papierowe. Mają one zastosowanie dla asortymentów pieczywa produkowanych bez użycia środków przedłużających trwałość, przeznaczonego do spożycia w ciągu 1-2 dni. Pieczywo krajane lub specjalne, o przedłużonej trwałości, często jest pakowane w torebki z folii polietylenowej niskiej gęstości (PE-LD) i niskociśnieniowy liniowy polietylen o niskiej gęstości (PE-LLD). Do pakowania pieczywa stosuje się także termokurczliwe folie z polipropylenu (PP), z polietylenu (PE-LLD) lub z polichlorku winylu (PCV), zwykle o grubości 20-40  $\mu\text{m}$  (Michniewicz 2001). Na znaczne przedłużenie okresu przydatności produktu do spożycia pozwala pakowanie w atmosferze modyfikowanej (MAP). Polega to na usunięciu powietrza z opakowania i wprowadzeniu w jego miejsce tzw. gazów obojętnych. Skład gazów uzależniony jest od rodzaju pakowanego produktu oraz odżądanego okresu jego trwałości. Do pakowania pieczywa stosuje się mieszaninę  $\text{CO}_2$  i  $\text{N}_2$  w różnych proporcjach np. 70%  $\text{CO}_2$  i 30%  $\text{N}_2$ . Metoda ta pozwala na przedłużenie trwałości pieczywa nawet do 30 dni (Borowy i Kubiak 2011, Ceglińska i in. 2004). Ponadto na pieczywie opakowanym w technice MAP nie zaobserwowano rozwoju grzybów pleśniowych w trakcie 21 dniowego okresu przechowywania (Michalska-Požoga i Rydzikowski 2013). W ostatnich latach w gospodarstwach domowych rozpowszechnił się zwyczaj pakowania żywności do opakowań szklanych, w których po umieszczeniu produktu spożywczego próżnia jest wytwarzana mechanicznie. Brak jest jednak doniesień literaturowych na temat wpływu tego rodzaju opakowania na jakość przechowywanej żywności.

Wszystkie wymienione sposoby pakowania mają na celu przedłużenie trwałości pieczywa i zahamowanie zmian cech sensorycznych i teksturalnych.

Tekstura jest jednym z ważniejszych wyróżników jakości i decyduje o akceptacji konsumenckiej produktów spożywczych. Definiowana jest jako zbiór cech mechanicznych, geometrycznych oraz powierzchniowych, odbieranych za pomocą receptorów mechanicznych, dotykowych, ewentualnie wzrokowych i słuchowych (PN-ISO 11036:1999).

W produktach piekarskich tekstura jest cechą zależną od ich składu chemicznego (rodzaju mąki) i stanowi wynik procesów zachodzących podczas przetwarzania. Dzięki tym procesom możliwe jest uzyskanie bądź uwypuklenie m.in. takich pożądanych cech pieczywa jak: kruchość, chrupkość, właściwy stopień twardości, spójności, sprężystości, a także adhezyjności (Borowy i Kubiak 2010).

Metody służące do oceny tekstury dzielą się na dwie grupy: metody sensoryczne, gdzie narzędziem do oceniania są ludzkie zmysły (wzrok, smak, węch,

słuch i dotyk) oraz metody instrumentalne, w których wykorzystuje się urządzenia mechaniczne (Baryłko-Pikielna i Matuszewska 2009, Marzec 2008 a i b).

Powszechnie stosowaną metodą oceny sensorycznej jakości produktów spożywczych jest metoda profilowania sensorycznego nazywana również metodą ilościowej analizy opisowej (Baryłko-Pikielna i Matuszewska 2009). Umożliwia ona uzyskanie kompleksowej sensorycznej charakterystyki m.in. tekstury żywności przez stopniową klasyfikację wszystkich jej cech (mechanicznych, geometrycznych i powierzchniowych) zgodnie ze stopniem ich natężenia i kolejnością, w jakiej są postrzegane w trzech zasadniczych stadiach rozdrabniania kęsa produktu w jamie ustnej. Są to faza wstępna, faza żucia (mastykacji) próbki oraz faza końcowa (reszkowa) (Baryłko-Pikielna i Matuszewska 2009, PN-ISO 11036:1999).

Celem pracy była ocena wpływu opakowania na jakość pieczywa bezglutenowego.

#### MATERIAŁ I METODY

*Materiał do badań* stanowiło pieczywo bezglutenowe wypieczone w automacie do pieczenia chleba (Moulinex Home Bread Baguette Ow 6000 & Co.) z dostępnej na lokalnym rynku „Uniwersalnej mieszanki bezglutenowej – PORCELLIA” (Provenda, Gliwice), świeżych drożdży piekarskich, oleju roślinnego i wody. W skład mieszanki wchodziła: skrobia kukurydziana, mąka sojowa, sól spożywcza, glukoza (substancja słodząca), guma guar (substancja zagęszczająca), lecytyna (emulgator), difosforan disodowy (E 450) i węglan sodu (E 500) (substancje spulchniające).

*Przygotowanie próbki:* Ciasto przygotowano według instrukcji fabrycznej automatu do wypieku pieczywa. Do automatu wiano 900 g wody, dodano 4 łyżki oleju, a następnie wsypano 1000 g mieszanki bezglutenowej oraz 20 g pokruszonych świeżych drożdży piekarskich. Po wymieszaniu składników ciasto zostało poddane procesowi fermentacji w czasie 75 min. Po fermentacji ciasto podzielono na kęsy o masie około 190 g, z których ręcznie formowano bagietki i układano w foremkach. Tak przygotowane kęsy ciasta wypiekano przez 25 minut w automacie. Po wyjęciu z automatu pieczywo pozostawiono do wystygnięcia, po czym umieszczano je w torebkach papierowych pergaminowych (TPP), woreczkach polietylenowych (WPE) i w szklanych pojemnikach, w których po wypompowaniu powietrza wytworzono próżnię (SPP). Próbki przechowywano przez pięć dni w temperaturze  $22 \pm 1^\circ\text{C}$ .

*Metody badań:* Pieczywo poddano badaniom instrumentalnym w dniu wypieku (określonym jako „dzień 0”) i w 1, 3, 5 dniu przechowywania oraz ocenie sensorycznej tylko w „dniu 0”. Planowano także przeprowadzenie oceny sensorycznej na koniec okresu przechowywania, jednakże pojawienie się pleśni na pieczy-

wie zapakowanym w pojemnik próżniowy (SPP) już na trzeci dzień przechowywania, uniemożliwiło dokonania analizy. Przeprowadzone badania instrumentalne obejmowały: oznaczenie wilgotności miększu po wysuszeniu próbek przez 1,5 h w temperaturze  $130 \pm 2^\circ\text{C}$  (PN-A-74108:1996), pomiar aktywności wodnej ( $a_w$ ) miększu chleba przy użyciu aparatu LabSwift-aw (Novasina, Szwajcaria) (Pająk i in., 2012), pomiar parametrów barwy przy zastosowaniu spektrofotometru X-Rite Color i5 (X-Rite, USA). Pomiaru barwy dokonano w systemie CIE  $L^*a^*b^*$  w odbiciu: geometria pomiarowa  $d/8^\circ$ , iluminat D65, zakres 400-700 nm, detektor odchyłony  $10^\circ$ , szczelina pomiaru 10 mm. Wartość parametru L mieści się w zakresie od 0 do 100, przy czym 0 oznacza „zerową” luminancję, czyli kolor czarny, a 100 – to jasność barwy widmowej, czyli barwy prostej. Wartości parametrów a i b określają chromatyczność barwy. Parametry a i b przyjmują wartości z zakresu od  $-120$  do  $120$  i oznaczają odpowiednio przejście od zieleni (-a) do czerwieni (+a) oraz od barwy niebieskiej (-b) do żółtej (+b) (Francis 1995; Grigelmo-Miguel i Martin-Belloso 2000).

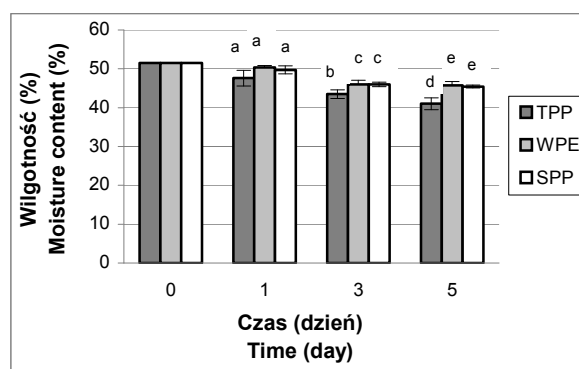
Analizę profilu tekstury (test TPA) przeprowadzono przy użyciu teksturometru EZ Test (Shimadzu, Japonia) według Pająk i in. (2012). Z badanej próbki miększu pieczywa wycięto walec o średnicy 1 cm i wysokości 4 cm, próbkę umieszczono na płycie teksturometru i poddano dwukrotnemu ścisaniu przy użyciu tłoka ze stali nierdzewnej o średnicy 3 cm i wysokości 0,5 cm. Ściskanie próbki miększu zachodziło z prędkością  $2,5 \text{ cm}\cdot\text{min}^{-1}$ . W trakcie analizy określono następujące wielkości: kruchość (N), twardość (N), elastyczność (-) i spoistość (-) miększu chleba. Gumistość (N) obliczono jako iloraz twardości i spoistości miększu, a żujność (N) jako iloraz twardości, spoistości i elastyczności.

W badaniach sensorycznych pieczywa w „dniu 0” zastosowano metodę profilowania tekstury oraz ocenę w dziewięciopunktowej skali hedonicznej na podstawie norm PN-ISO 11036:1999 oraz PN-ISO 4121:1998. Ocena została przeprowadzona przez 9-cio osobowy zespół oceniających (panelistów) przeszkolonych według normy PN-ISO 8586-1:1996P. W metodzie profilowania tekstury wybrano i zdefiniowano następujące deskryptory: kruchość, elastyczność, przeżuwalność, twardość, spoistość i gumistość, a następnie porównano je do produktu standardowego (tzw. idealnego). Produkt idealny według zespołu oceniającego, w skali od 1 do 5, powinien charakteryzować się następującymi cechami: kruchość = 3, twardość = 2, elastyczność = 4, spoistość = 2, przeżuwalność = 1 i gumistość = 2. Skala hedoniczna obejmowała dziewięć stopni, w których skrajne to: 1 – wybitnie nie lubię do 9 – wybitnie lubię.

Wszystkie analizy wykonano w trzech powtórzeniach. W celu określenia istotności różnic badanych parametrów zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji i test Tukeya na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

## WYNIKI I DYSKUSJA

Na rysunku 1 przedstawiono wyniki oznaczania wilgotności w pieczywie bezglutenowym opakowanym w TPP, WPE, SPP i przechowywanym w czasie do 5 dni. Na podstawie wyników badań stwierdzono, że okres pięciodniowego przechowywania wpływa na obniżenie wilgotności miększa pieczywa.



**Rys. 1.** Wilgotność miększa pieczywa bezglutenowego w czasie przechowywania

**Fig. 1.** Moisture content of gluten-free bread during storage

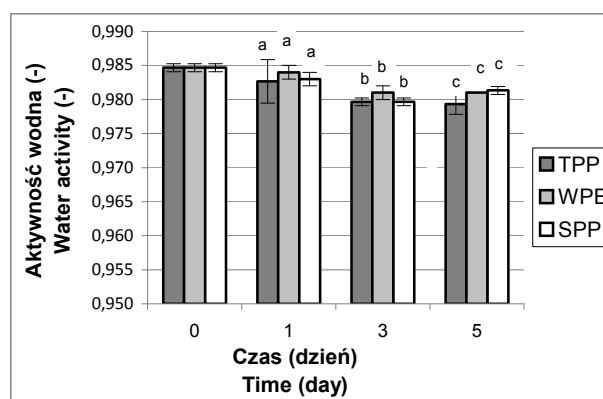
\*Objaśnienia: TPP – torebka papierowa pergaminowa, WPE – woreczek polietylenowy, SPP – szklany pojemnik próżniowy. Średnie (w poszczególnych dniach analizy) oznaczone tą samą małą literą nie różnią się istotnie statystycznie przy  $\alpha = 0,05$

\*Explanations: TPP – parchment paper bag, WPE- polyethylene bag, SPP – vacuum glass container. Means (considered separately for each day) marked with the same small letter do not differ significantly at  $\alpha = 0.05$ .

Największą dynamiką spadku wilgotności (ok. 21%) charakteryzowało się pieczywo przechowywane w TPP (od 51,5% w dniu „0” do 41,0% w dniu „5”). W przypadku pieczywa przechowywanego w opakowaniu WPE oraz opakowaniu SPP spadek zawartości wody był niższy i wynosił około 12% w piątym dniu przechowywania. Chabiera i in. (1995) w swoich badaniach stwierdzili nieco niższy spadek zawartości wody po dziewięciu dniach przechowywania pieczywa pszennego w opakowaniach z folii dwuwarstwowej poliamid-polietylen (PA/PE) oraz folii polietylenowej (PE-LD), odpowiednio około 7 i 5%. Spadek wilgotności wiąże się z ubytkiem masy pieczywa podczas jego przechowywania. Szajewska i Ceglińska (2004) stwierdziły ubytek masy pieczywa żytniego przechowywanego przez 5 dni w opakowaniu papierowym na poziomie 25% w porównaniu z masą początkową. Tak znaczne ubytki masy chleba przechowywanego w opakowaniu papierowym były spowodowane brakiem bariery dla parującej wody, co powodowało szybkie wysychanie pieczywa (Szajewska i Ceglińska, 2004). Zbliżone wyni-

ki otrzymali Ceglińska i in. (2004), którzy badając pieczywo żytnie nie opakowane zaobserwowali 24% ubytek masy pieczywa po jego 5-cio dniowym okresie przechowywania. Analizując wpływ rodzaju opakowania na wilgotność miększu pieczywa osobno dla każdego dnia przechowywania, stwierdzono, iż dopiero w trzecim i piątym dniu przechowywania pieczywo pakowane w torebkę papierową pergaminową (TPP) zawierało istotnie mniej wody w porównaniu do pieczywa pakowanego w pozostałe rodzaje opakowań.

W badaniach własnych dowiedziono, iż aktywność wodna ( $a_w$ ) opakowanego pieczywa spadała nieznacznie w czasie przechowywania bez względu na rodzaj opakowania (rys. 2). Najniższą jednak  $a_w$ , w piątym dniu przechowywania charakteryzowało się pieczywo pakowane w TPP (spadek  $a_w$  od 0,985 do 0,979). Wyniki te potwierdziły wcześniejsze badania autorów (Pająk i in. 2012), w których również użyto torebek papierowych pergaminowych, woreczków polietylenowych oraz pojemników próżniowych do pakowania pieczywa, z tą jednak różnicą, że przedmiotem badań było pieczywo żytnie.



**Rys. 2.** Wartości aktywności wodnej miększu przechowywanego pieczywa bezglutenowego

**Fig. 2.** Values of water activity of gluten-free bread during storage

\*Objaśnienia jak w rys. 1. – \*Explanations as in Fig. 1.

W piątym dniu analizy autorzy stwierdzili istotnie statystycznie ( $\alpha = 0,05$ ) obniżenie aktywności wodnej miększu przechowywanego w każdym z badanych opakowań w porównaniu do wartości aktywności wodnej stwierdzonej dla pieczywa świeżego, przy czym pieczywo opakowane w TPP charakteryzował najwyższy spadek  $a_w$  (od 0,958 do 0,944). Podobnie Puhr i D'Appolonia (1992) zaobserwowali spadek aktywności wodnej miększu pieczywa pszennego przechowywanego przez okres 4 dni w torebkach polietylenowych. Jednak zmiany te były nieco wyższe niż w niniejszej pracy (spadek  $a_w$  od 0,995 do 0,975). W przy-

padku przechowywania pieczywa bezglutenowego w pojemniku szklanym w warunkach próżni (SPP) zauważono niewielki wzrost  $a_w$  pomiędzy 3 a 5 dniem, co mogło być spowodowane migracją wody skondensowanej na ściankach opakowania do miękkiszu pieczywa. Analizując jednak wpływ rodzaju opakowania na aktywność wodną miękkiszu osobno w 1, 3 i 5 dniu przechowywania, nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w wartościach omawianego parametru. Można zatem stwierdzić, iż w przypadku pomiarów  $a_w$ , to nie rodzaj opakowania, a czas przechowywania wywarł większy wpływ na zmiany wartości tego parametru.

Atrakcyjna barwa jest często głównym czynnikiem wpływającym na wybór produktu przez konsumenta. Barwa to wrażenie barwne związane z promieniowaniem docierającym do ludzkiego oka. Promieniowanie to pobudza receptory znajdujące się w oku, jednak wrażenie barwne to efekt współdziałania sygnałów elektrochemicznych powstających w mózgu. Psychofizycznemu opisowi barwy służą pojęcia: odcień, jasność i nasycenie (Rożnowski, 2006). Wyniki pomiarów barwy miękkiszu pieczywa bezglutenowego przechowywanego przez pięć dni w trzech rodzajach opakowań przedstawiono w tabeli 1. W miarę upływu czasu przechowywania pieczywa jego jasność ( $L^*$ ) malała bez względu na rodzaj opakowania, jednakże największe zmiany wystąpiły w przypadku opakowania TPP. Zanotowano tu obniżenie jasności z 67,9 w „dniu 0” do 62,0 w piątym dniu przechowywania pieczywa. Najmniejsze zmiany wartości tego parametru stwierdzono dla miękkiszu pieczywa przechowywanego w WPE. Rodzaj opakowania wpłynął także na pozostałe parametry barwy miękkiszu pieczywa, a mianowicie na składowe  $a^*$  i  $b^*$ . Ujemne wartości parametru  $a^*$  świadczą o przewodze barwy zielonej w miękkiszu pieczywa, jednak w miarę przechowywania nastąpił spadek tych wartości i przesunięcie składowej w kierunku czerwieni.

Parametr  $b^*$ , którego dodatnie wartości świadczą o przewodze barwy żółtej, również uległ przesunięciu w kierunku barwy niebieskiej w trakcie pięciodniowego przechowywania. Jednakże porównując wartości parametru  $b^*$  osobno w 1, 3 i 5 dniu przechowywania miękkiszu, nie stwierdzono wpływu opakowania na omawiany parametr barwy.

Czerstwienie pieczywa jest zwykle definiowane jako ogół kompleksowych zmian (bez udziału mikroorganizmów), które pojawiają się po wypieku i w miarę przechowywania prowadzą do utraty świeżości i pogorszenia jakości wypieczonego produktu (Fik 2004). W wyniku tego procesu następuje szereg niekorzystnych zmian miękkiszu, takich jak wzrost jego twardości, suchości i kruchości oraz utrata elastyczności, zmniejszenie chrupkości skórki, a także zanik aromatu i charakterystycznych cech świeżości produktów piekarskich (Borowy i Kubiak 2013, Fik 2004, Gil i in. 1999). Podstawową przyczyną czerstwienia pieczywa jest zmiana formy skrobi z amorficznej na pseudokrystaliczną (tzw. retrogradacja skrobi), która wiąże mniejsze ilości wody. Ta zmiana prowadzi do gwałtownego twardnienia i



kurczenia się granulek skrobi, powodując zwiększenie kruchości miększu (Borowy i Kubiak 2013, Michniewicz 2001).

**Tabela 1.** Parametry barwy miększu przechowywanego pieczywa bezglutenowego  
**Table 1.** Colour parameters of gluten-free bread during storage

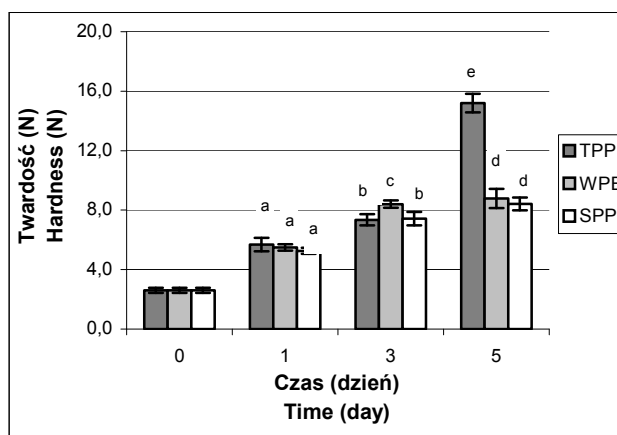
Parametr barwy Colour parameter	Dzień przechowywania Day of storage	Rodzaj opakowania* – Packaging type*		
		TPP	WPE	SPP
L*	0		67,9±0,3	
	1	67,2±0,1a	66,3±0,8a	67,0±0,1a
	3	62,8±0,8a	65,5±0,5b	65,3±0,3b
	5	62,0±0,4a	65,8±0,1b	64,2±0,2c
	0		-2,8±0,0	
a*	1	-2,2±0,0a	2,6±0,0b	-2,2±0,1a
	3	-1,9±0,0a	-1,9±0,1a	-2,6±0,1b
	5	-1,8±0,0a	-2,0±0,0b	-1,9±0,0c
	0		16,2±0,1	
	1	15,2±0,2a	15,8±0,2b	15,1±0,1a
b*	3	15,3±0,1a	15,2±0,1a	14,3±0,1b
	5	13,9±0,1a	13,9±0,0a	13,4±0,5a

\*Objaśnienia jak w rys 1. – \*Explanations as in Fig. 1.

Parametry tekstury pieczywa zależały nie tylko od czasu przechowywania pieczywa, ale także od rodzaju użytego opakowania. Twardość miększu pieczywa w opakowaniach TPP, WPE i SPP uległa zwiększeniu już od pierwszego dnia przechowywania (rys. 3). W piątym dniu przechowywania pieczywo pakowane w TPP osiągnęło około dwukrotnie wyższą twardość miększu (15,2 N). W przypadku przechowywanego w czasie 5 dni pieczywa pakowanego w WPE oraz SPP wartości te kształtowały się odpowiednio na poziomie 8,8 N oraz 8,4 N. Twardość przechowywanego pieczywa w TPP zwiększyła się 5-cio krotnie, a przechowywanego w WPE i SPP wzrosła około 3-krotnie w porównaniu do „dnia 0”.

Ceglińska i in. (2004) również stwierdzili cztero- i trzykrotny wzrost twardości miększu pieczywa żytniego w 4 dobie przechowywania, odpowiednio w folii polipropylenowej oraz w opakowaniu papierowym powlekanym polietylenem (papier/PE) w porównaniu do wartości tego parametru z dnia wypieku. Znaczny

wzrost twardości miększu pieczywa pszennego w trakcie przechowywania zaobserwowali także Różyło i in. (2009), którzy dowiedli, iż zwiększając udział wody w cieście, można spowolnić czerstwienie pieczywa. Z kolei Ceglińska i in. (2007) nie stwierdzili wpływu opakowania na wzrost twardości oraz suchej masy pieczywa żytniego pakowanego w następujące trzy rodzaje opakowań: papier kredowy powlekany folią PE, laminat papieru kredowego z folią aluminiową powlekany folią PE oraz folię polipropylenową i przechowywanego przez 14 dni. Autorzy ci zaobserwowali natomiast, iż na zmiany tych parametrów wpłynął czas przechowywania.



**Rys. 3.** Twardość miększu przechowywanego pieczywa bezglutenowego

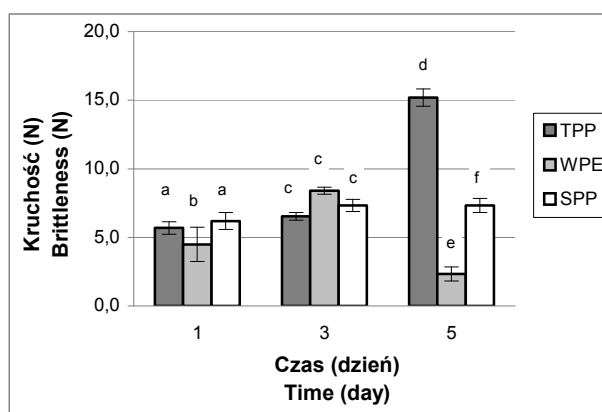
**Fig. 3.** Crumb hardness of gluten-free bread during storage

\*Objaśnienia jak w rys 1. – \*Explanations as in Fig. 1.

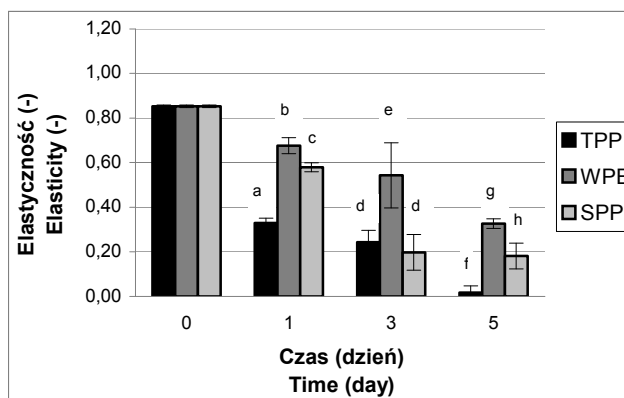
Świeże pieczywo bezglutenowe (badane w „dniu 0”) nie wykazywało oznak kruchości (brak pierwszego znaczącego pikę na krzywej pierwszego ściskania w teście TPA). Jednakże już w pierwszym dniu przechowywania w każdym z opakowań wartości tego parametru wynosiły około 5 N (rys. 4). W piątym dniu przechowywania pieczywa opakowanego w TPP wartość kruchości miększu była niemal trzykrotnie większa niż w pierwszym dniu i około dwukrotnie większa w porównaniu do pozostałych próbek.

Elastyczność i spoistość miększu przechowywanego pieczywa bezglutenowego (rys. 5 i 6) uległa największemu obniżeniu w przypadku pieczywa opakowanego w TPP (odpowiednio czterdziesto- i osiemnastokrotnie). Znaczny spadek elastyczności miększu odnotowano także dla pieczywa opakowanego w SPP w 3 i 5 dniu przechowywania (odpowiednio 4,7- oraz 4,2-krotny). Spoistość przechowywanego pieczywa bezglutenowego w 3 i 5 dniu była około dziesięciokrotnie

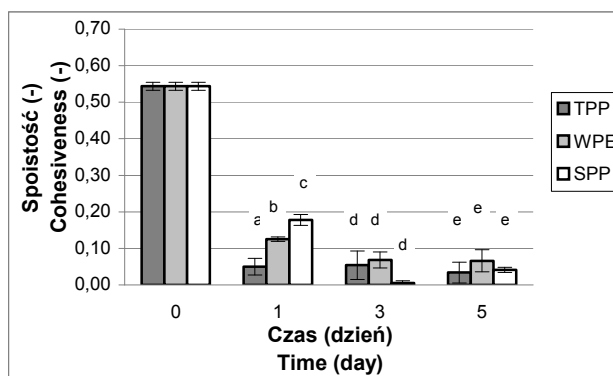
niższa niż w dniu wypieku i nie stwierdzono różnic w wartościach tego parametru w zależności od rodzaju opakowania. Szybki spadek elastyczności i spoistości pieczywa już na początku przechowywania jest zjawiskiem powszechnym w pieczywie, w którym nie została wytworzona siatka glutenowa (Arendt i in. 2007, Słowik 2006).



**Rys. 4.** Kruchość miększu przechowywanego pieczywa bezglutenowego  
**Fig. 4.** Crumb brittleness of gluten-free bread during storage  
 \*Objaśnienia jak w rys 1. – \*Explanations as in Fig. 1.



**Rys. 5.** Elastyczność miększu przechowywanego pieczywa bezglutenowego  
**Fig. 5.** Crumb elasticity of gluten-free bread during storage  
 \*Objaśnienia jak w rys 1. – \*Explanations as in Fig. 1.

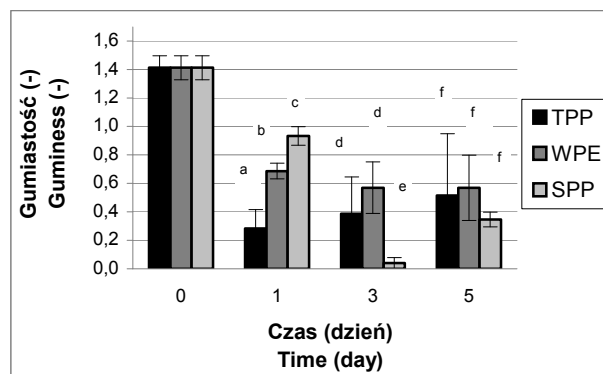


**Rys. 6.** Spoistość miększu pieczywa bezglutenowego w czasie przechowywania

**Fig. 6.** Crumb cohesiveness of gluten-free bread during storage

\*Objaśnienia jak w rys 1. – \*Explanations as in Fig. 1.

Gumiastość miększu (rys. 7), obliczona jako iloraz jego twardości i spójności, zależała głównie od czasu przechowywania pieczywa bezglutenowego. Już po pierwszym dniu przechowywania pieczywa stwierdzono znaczne obniżenie wartości tego parametru, zwłaszcza w przypadku pieczywa opakowanego w TPP (około czterokrotnie). Przy czym w piątym dniu przechowywania nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic wartości gumiastości miększu pieczywa pomiędzy badanymi rodzajami opakowań.

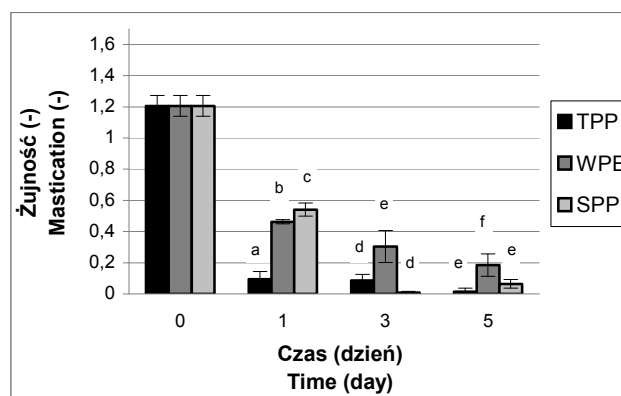


**Rys. 7.** Gumiastość miększu przechowywanego pieczywa bezglutenowego

**Fig. 7.** Crumb gumminess of gluten-free bread during storage

\*Objaśnienia jak w rys 1. – \*Explanations as in Fig. 1.

Żujność pieczywa bezglutenowego także uległa znacznemu obniżeniu w trakcie przechowywania (rys. 8), jednakże za proces ten odpowiedzialny był nie tylko czas, ale także rodzaj użytego opakowania. Stwierdzono ponad dwukrotne obniżenie wartości żujności miększu pieczywa już po jego pierwszym dniu przechowywania w WPE i SPP, przy czym spadek ten był najwyższy (około dwunastokrotny) w przypadku pieczywa pakowanego w TPP. W pozostałym okresie przechowywania pieczywa następowało dalsze obniżanie wartości żujności miększu, w piątym dniu osiągając istotnie wyższe wartości tego parametru jedynie w przypadku pieczywa pakowanego w WPE.



**Rys. 8.** Żujność miększu przechowywanego pieczywa bezglutenowego

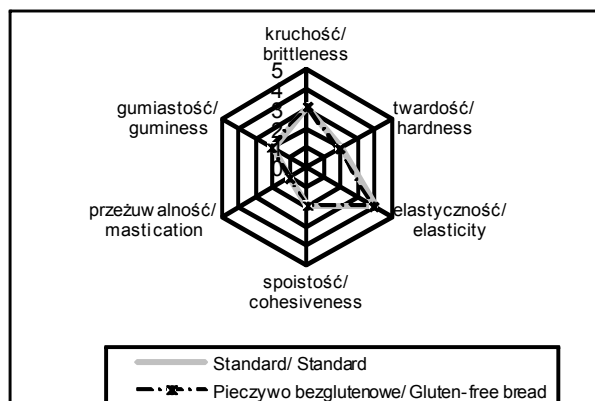
**Fig. 8.** Crumb chewability of gluten-free bread during storage

\*Objaśnienia jak w rys 1. – \*Explanations as in Fig. 1.

Na proces czerstwienia pieczywa bezglutenowego mogło także wpłynąć odparowanie wody z miększu powodujące jego wysychanie. Wprawdzie Fik (2004) cytując pracę Kulpa (1979), uważa, że proces ten niekoniecznie musi być związany ze stratami wody, jednocześnie podaje za główny czynnik czerstwienia chleba przemiany we frakcjach skrobi. Z kolei Ribotta i Le Bail (2007) stwierdzili, iż nieodzownym elementem procesu czerstwienia pieczywa jest zjawisko migracji wody z miększu na powierzchnię skórki.

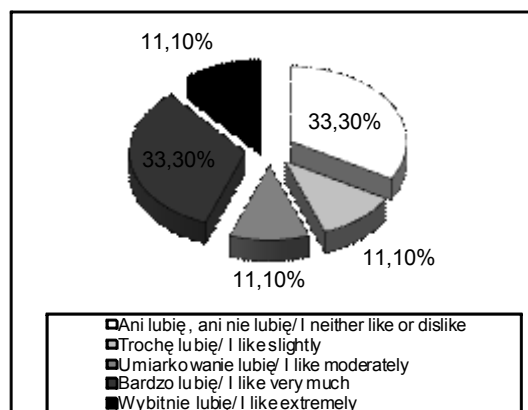
Na rysunkach 9 i 10 przedstawiono wyniki oceny sensorycznej pieczywa bezglutenowego metodą profilowania tekstury oraz 9-cio stopniowej skali hedonicznej. W przypadku pierwszej z metod pieczywo oceniano w porównaniu do standardu, czyli produktu idealnego (o najbardziej pożądanym przez panelistów cechach). Stwierdzono, iż świeże pieczywo bezglutenowe było zbliżone do standardu, uzyskało bowiem (po uśrednieniu ocen panelistów) wartości omawianych cech odpowiednio: 3,1; 1,9; 3,9; 1,9; 1,0 i 2,1. Odnotowano zatem niewielkie

odchylenia wyników w stosunku do cech standardu. Można zatem uznać, iż badane pieczywo bezglutenowe pod względem cech tekstury spełniało oczekiwania zespołu oceniającego.



**Rys. 9.** Ocena świeżego pieczywa bezglutenowego metodą profilowania tekstury  
**Fig. 9.** Texture profile estimation of fresh gluten-free bread

Wysoką akceptację produktu potwierdziła także metoda skali hedonicznej. Na jej podstawie stwierdzono, iż 100% panelistów produkt oceniło pozytywnie (na co najmniej „ani lubię, ani nie lubię”), z czego aż 44,4% na „bardzo” lub „wybitnie lubię”. Paneliści tłumaczyli to tym, iż pieczywo pod względem smaku i tekstury było najbardziej zbliżone do pieczywa pszennego.



**Rys. 10.** Ocena świeżego pieczywa bezglutenowego metodą skali hedonicznej  
**Fig. 10.** Hedonic scale estimation of fresh gluten-free bread

Ocenę sensoryczną pieczywa przeprowadzono jedynie w dniu „0” (dniu wypieku), z uwagi na to, iż już w trzecim dniu przechowywania na pieczywie zapakowanym w SPP pojawiła się pleśń. Zatem aby uznać czy szklane opakowanie próżniowe może być stosowane do przechowywania pieczywa i ewentualnie w jakim czasie, wymagane są jeszcze badania mikrobiologiczne.

#### WNIOSKI

1. Na podstawie wyników badań stwierdzono, iż zarówno opakowanie jak i czas przechowywania ma zasadniczy wpływ na jakość pieczywa bezglutenowego. Lepszą barierę dla parującej z pieczywa wody stanowiły opakowania: woreczek polietylenowy (WPE) oraz pojemnik próżniowy (SPP) w porównaniu do torebki papierowej pergaminowej (TPP).

2. Rodzaj opakowania wpływa także na barwę miększu pieczywa. Największe obniżenie jasności oraz parametru  $a^*$  zaobserwowano w przypadku pieczywa przechowywanego w TPP.

3. Zmiany parametrów tekstury miększu już od pierwszego dnia przechowywania były największe w przypadku pieczywa bezglutenowego opakowanego w TPP. Z kolei najmniejsze zmiany w wartościach kruchości, elastyczności i żujności na koniec okresu przechowywania stwierdzono dla miększu pieczywa opakowanego w woreczek polietylenowy (WPE).

4. Na podstawie oceny sensorycznej stwierdzono, iż świeże pieczywo bezglutenowe było zbliżone do standardu w metodzie profilowania tekstury oraz cechowało się wysoką akceptacją zespołu oceniającego.

5. Opakowanie z folii polietylenowej (TPE) i szklany pojemnik próżniowy (SPP) w większym stopniu przyczyniły się do opóźnienia procesu czerstwienia badanego pieczywa niż torebka papierowa pergaminowa (TPP). Jednakże przechowywanie pieczywa w SPP spowodowało wystąpienie pleśni na skórce już w trzecim dniu analizy.

#### PIŚMIENNICTWO

- Arendt E.K., Ryan L.A.M., Dal Bello F., 2007. Impact of sourdough on the texture of bread. *Food Microbiol.*, 24, 165-174
- Baryłko-Pikielna N., Matuszewska I. 2009. *Sensoryczne badania żywności*. Wydawnictwo Naukowe PTTŻ, Kraków.
- Borowy T., Kubiak M. S., 2010. Tekstura wyróżnikiem jakości produktów piekarskich i cukierniczych. *Cukiernictwo i Piekarstwo*, 7-8, 33-36.
- Borowy T., Kubiak M. S., 2011. Wpływ modyfikowanej atmosfery na jakość i trwałość pieczywa. *Przegl. Piek. i Cuk.*, 10, 40-43.
- Borowy T., Kubiak S., 2013. Czerstwienie pieczywa. Cz. I. *Przegl. Zboż.-Młyn.*, 4, 15-16.

- Ceglińska A., Haber T., Leszczyński K., Witulski P., 2004. Wpływ opakowania na jakość i trwałość pieczywa. *Przegl. Piek. i Cuk.*, 4, 2-5.
- Ceglińska A., Haber T., Wichowska M., 2007. Pakowanie jako metoda przedłużania jakości chleba. *Postępy Tech. Przetw. Spoż.*, 2, 12-14.
- Chabiera J., Miller P., Zbierchowska A., 1995. Badania nad zastosowaniem materiałów opakowaniowych produkcji krajowej do pakowania pieczywa pszennego. *Przegl. Piek. i Cuk.*, 12, 12-13.
- Czerniawski B., Michniewicz J., 1998. Opakowania żywności. Wydawca Agro Food Technology sp. z o.o., Czeladź.
- Fik M., 2004. Czerstwienie pieczywa i sposób przedłużenia jego świeżości. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 39(2), 5-22.
- Flaczyk E., Górecka D., Korczak J. (red.), 2011. Towaroznawstwo pochodzenia roślinnego. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.
- Francis F.J. 1995. Quality as influenced by color. *Food Qual. Prefer.*, 6, 149-155.
- Gil M.J., Callejo M.J., Rodriguez G., 1997. Effect of water content and storage time on white pan bread quality: instrumental evaluation. *Z. Lebensm. Unters. F. A.*, 205, 268-273.
- Goryńska-Goldmann E., 2010. Normalizacja wyrobów piekarskich. *J. Agribus. Rural Dev.*, 2(16), 1-11.
- Grigelmo-Miguel N., Martin-Belloso O., 2000. The quality of peach jams stabilized with peach dietary fiber. *Eur. Food Res. Technol.*, 211, 336-341.
- Kulp K., 1979. Staling of bread. QIB Research Department Technical Bulletin, vol. 1, issue 8, 1-7.
- Marzec A., 2008 a. Tekstura żywności. Część I – wybrane metody instrumentalne. *Przem. Spoż.*, 2, 12-15.
- Marzec A., 2008 b. Tekstura żywności. Część II – wybrane metody sensoryczne. *Przem. Spoż.*, 5, 42-45.
- Michalska-Požoga I., Rydzikowski T., 2013. Określenie wpływu warunków pakowania w modyfikowanej atmosferze na zmiany jakościowe pieczywa pszennego z dodatkiem glutenu witalnego w trakcie przechowywania. *Inż. Ap. Chem.*, 52(2), 89-91.
- Michniewicz J., 2001. Niektóre aspekty doboru opakowań jednostkowych do pakowania żywności. *Opakowanie*, 9, 16-20.
- Pająk P., Habryka C., Fortuna T., 2012. Changes in the physical properties of bread during storage, *Potravinárstvo*, 2(6), 42-45.
- PN-A-74108:1996. Pieczywo - metody badań.
- PN-A-74123:1997. Produkty dietetyczne. Pieczywo bezglutenowe.
- PN-ISO 11036:1999. Analiza sensoryczna. Metodologia. Profilowanie tekstury.
- PN-ISO 4121:1998. Analiza sensoryczna. Metodologia. Ocena produktów żywnościowych przy użyciu metod skalowania.
- PN-ISO 8586-1:1996P. Analiza sensoryczna. Ogólne wytyczne wyboru, szkolenia i monitorowania oceniających. Wybrani oceniający.
- Puhr D.P., D'Appolonia B.L., 1992. Effect of baking absorption on bread yield, crumb moisture, and crumb water activity. *Cereal Chem.*, 69, 5, 582-586.
- Ribotta P.D., Le Bail A., 2007. Thermo-physical assessment of bread during staling. *LWT – Food Sci. Technol.*, 40, 879-884.
- Ronda F., Ross Y.H., 2011. Staling of fresh and frozen gluten-free bread. *J.Cereal Sci.*, 53, 340-346.
- Rożnowski J., 2006. Ocena barwy produktów spożywczych. *Laboratorium*, 5, 36-43.
- Różyło R., Dziki D., Laskowski J., 2009. Ocena cech tekstury chleba wypiekanego z różnym udziałem wody. *Acta Agroph.*, 3, 761-769.



- Słowik E., 2002. Przedłużanie świeżości i trwałości pieczywa – dodatki i sposoby. *Przegl. Piek. i Cuk.*, 06, 14-17.
- Słowik E., 2006. Powstawanie ciasta pszennego i rola mieszenia w tym procesie. *Przegl. Piek. i Cuk.*, 4, 4-7.
- Szajewska A., Ceglińska A., 2004. Czerstwienie pieczywa. *Przegl. Piek. i Cuk.*, 3, 2-3.

## EFFECT OF PACKAGING ON THE STORAGE QUALITY OF GLUTEN-FREE BREAD

*Paulina Pająk, Daria Kuczera, Teresa Fortuna*

Department of Food Analysis and Quality Assessment, Faculty of Food Technology,  
University of Agriculture in Krakow  
ul. Balicka 122 30-149 Kraków  
e-mail: p.pajak@ur.krakow.pl

**Abstract.** The aim of the work was to evaluate the effect of packaging on the quality of gluten-free bread during storage. Bread was packed in different types of packaging: parchment paper bag (TPP), polyethylene bag (WPE) and glass vacuum container (SPP). During five days of storage samples were subjected to the following instrumental measurements: water activity, moisture content, colour parameters and texture profile using TPA (Texture Profile Analysis) method. Bread crumb was analysed on the day of baking and on the first, third and fifth day of storage in each of the packaging types. Fresh bread was also analysed using sensory methods, such as texture profile analysis and hedonic scale method. On the basis of the results, it was concluded that both packaging type and time of storage had an effect on bread quality. The smaller decrease in crumb moisture and water activity was found for bread stored in WPE and SPP compared to TPP. Packaging types influenced also the colour of bread crumb. The highest decrease in lightness and a\* parameter was observed in the case of bread stored in TPP. Also the changes in crumb texture parameters were the highest from the first day of storage of gluten-free bread packed in TPP. On the other hand, the smallest changes in the values of brittleness, elasticity and gumminess at the end of the storage period were observed for bread crumb packed in WPE. On the basis of the sensory evaluation, it was concluded that fresh gluten-free bread was similar to the standard in the case of texture profile method and was characterised by a high acceptance by the evaluation team. Polyethylene bag and glass vacuum container delayed in the greater extent than parchment paper bag the process of bread staling. However, bread packaging in the vacuum container caused mould on the crust on the third day of storage.

**Keywords:** gluten-free bread, packaging, texture, colour, sensory evaluation