

MIROSLAW FIK, MAGDALENA MICHALCZYK, KRZYSZTOF SURÓWKA

OCENA SZYBKOŚCI CZERSTWIENIA PIECZYWA RAZOWEGO

Streszczenie

W pracy scharakteryzowano szybkość czerstwienia czterech rodzajów pieczywa razowego (grahama pszennego i żytniego oraz chleba mieszanego i pszennego razowego) podczas siedmiu dni przechowywania w temperaturze pokojowej. Do pomiaru zmian jakości badanych produktów wykorzystano ocenę organoleptyczną, analizy teksturometryczne i niektóre fizykochemiczne. Stwierdzono, że chociaż zmiany oznaczanych wyróżników tekstury silnie korelowały ze zmianami wielu cech sensorycznych i parametrów fizykochemicznych badanych chlebów, to nie wszystkie z nich można wykorzystać do porównania szybkości starzenia się różnych rodzajów produktów piekarskich. Najlepiej do tego celu mogą nadawać się pomiary siły i pracy przecinania miększu, ale wymaga to dalszych badań. Natomiast takie parametry jak sprężystość i spójność, charakteryzujące się małymi odchyleniami standardowymi i wysokimi współczynnikami korelacji (dla $p \leq 0,05$) z wieloma innymi parametrami, przydatne są raczej do określania szybkości czerstwienia tego samego rodzaju produktu przechowywanego w różnych warunkach.

Wstęp

Według danych statystycznych przeciętne spożycie pieczywa na osobę w Polsce wynosi ok. 8 kg miesięcznie. Zaspokaja ono prawie 25% naszego zapotrzebowania na energię i 20% na białko. Ze względu na tak duże spożycie ważne staje się zapewnienie wysokiej wartości odżywczej i sensorycznej, co zależy m.in. od rodzaju i jakości surowców podstawowych, dodatków wzbogacających i technologicznych, jak również od przebiegu procesu produkcyjnego oraz warunków przechowywania gotowego wyrobu. Czynniki te decydują także o szybkości czerstwienia pieczywa, który to proces powoduje 8% strat chleba w warunkach przemysłowych. Szeroko obecnie stosowane monoglicerydy i enzymy amylolityczne nieznacznie tylko spowalniają starzenie się wyrobów piekarskich, dlatego znajomość zmian związanych z czerstwieniem różnych ich rodzajów może przyczynić się do bardziej racjonalnej gospodarki gotowymi produktami. Umożliwi to lepszą organizację produkcji i dystrybucji, a także zmniejszenie strat pieczywa w gospodarstwach domowych. W związku z tym celem pracy było po-

równanie szybkości czerstwienia niektórych rodzajów chleba razowego dostępnych w sklepach Krakowa.

Materiał i metody badań

Materiałem doświadczalnym był chleb pszenny i mieszany razowy oraz graham żytni i pszenny, w których udział mąki razowej wynosił odpowiednio 60, 70, 17 i 30%. Pieczywo pakowano w woreczki polietylenowe i przechowywano przez 7 dni w temperaturze pokojowej, a analizy prowadzono po 1, 2, 3, 5 i 7 dniach składowania. Badania chleba świeżego (próba 0) wykonywano po upływie kilku godzin od momentu wypieku. Ocenę sensoryczną, uwzględniającą smak i zapach mięksizu oraz skórki, elastyczność mięksizu i kruchość skórki, przeprowadzano metodą 5-punktową. Zawartość białka ogółem oznaczano metodą Kjeldahla, a tłuszczu – metodą Soxhleta [6]. Wilgotność określano wagowo poprzez wysuszenie rozdrobnionych próbek w temp. 105°C [6], a popiół spalając je w temp. 900±20°C przez 2 godziny. Zawartość cukrów obliczano odejmując od 100% sumę zawartości pozostałych składników. Oznaczenie wodochłonności mięksizu przeprowadzano metodą opisaną przez Yasunaga i wsp. [9] i wyrażano ją ilością wody związanej przez 1 g suchej substancji. Lepkość względną supernatantu badano w wiskozymetrze Englera. W ekstrakcie oznaczano również zawartość suchej masy oraz liczbę niebieską [9]. Instrumentalną analizę tekstury pieczywa wykonywano w teksturometrze TA-XT2 (Stable Micro Systems, Anglia), stosując testy TPA [3, 7, 8] oraz przecinania mięksizu i skórki. Próbki mięksizu do testu profilowej analizy tekstury (TPA) przygotowywano w kształcie sześcianów o boku 30 mm, natomiast w testach przecinania nożem z zestawu Warnera-Bratzlera przemieszczającym się z prędkością 2 mm/s stosowano próbki mięksizu o szerokości 62 mm i grubości 30 mm. Szerokość ciętej wstęgi skórki wynosiła 15 mm. Uzyskane wyniki opracowano pod względem statystycznym korzystając z programu CSS Statistica (Stat Soft, Tulsa OK, USA).

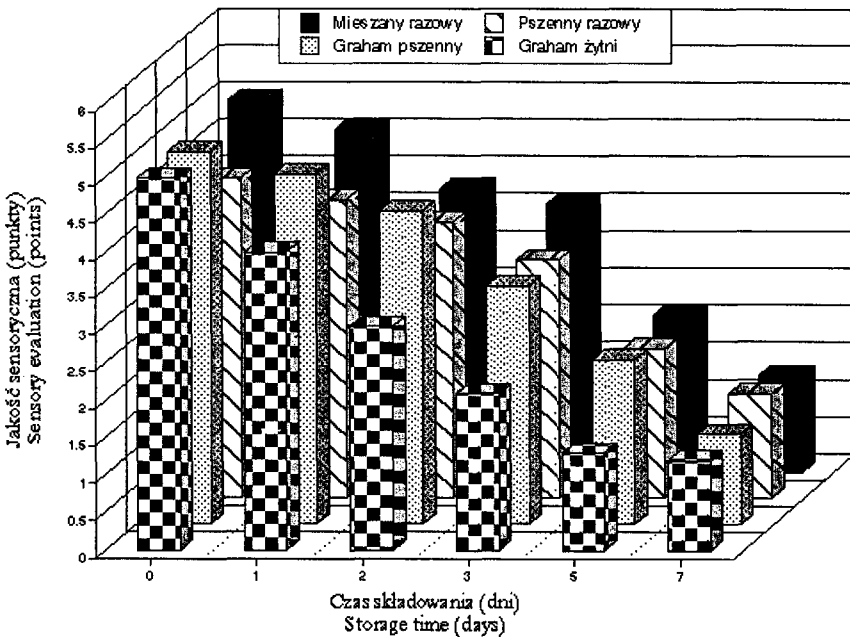
Wyniki i dyskusja

Zamieszczone w pracy wyniki pomiarów laboratoryjnych są średnimi z trzech lub pięciu powtórzeń, z wyjątkiem wodochłonności mięksizu oraz lepkości względnej i liczby niebieskiej ekstraktu z mięksizu grahama pszennego, które to oznaczenia wykonano jednokrotnie.

Analiza podstawowego składu chemicznego badanych produktów wykazała, że największą zawartością wody charakteryzował się mięksiz chleba mieszanego razowego (48,69%), a najmniejszą grahama pszennego (44,59%). Poziom białka wahał się w granicach od 7,36% w grahamie pszennym do 5,13% w pieczywie mieszanym razowym. Ilość tłuszczu we wszystkich próbach wynosiła ok. 1%, a zawartość popiołu

kształtowała się w granicach od 1,21% w grahamie żytnim do 1,71% w chlebie mieszanym razowym.

Wyniki oceny sensorycznej pieczywa świeżego i przechowywanego przedstawiono na rys. 1. Z rysunku tego wynika, że zdecydowanie najszybszym pogorszeniem się jakości podczas składowania charakteryzował się graham żytni, który po dwóch dniach uzyskał w ocenie organoleptycznej zaledwie 3 punkty, a po upływie trzech dni nie nadawał się już do konsumpcji. Prawdopodobnie przyczyną tego był niewielki, bo wynoszący tylko kilkanaście procent, udział mąki razowej w jego recepturze. Natomiast pozostałe rodzaje badanego pieczywa zachowywały swoją przydatność do spożycia jeszcze po trzecim dniu przechowywania. Najlepszą jakością podczas składowania cechował się chleb mieszany razowy, który po trzech dniach otrzymał w ocenie sensorycznej 3,6 pkt. Jego smak i zapach pogarszały się najwolniej a wygląd bochenków prawie się nie zmieniał. Również dość długo nadawał się do spożycia graham pszenny, którego miękisz najdłużej charakteryzował się wyjątkowo dobrą elastycznością, do czego niewątpliwie przyczynił się dodatek polepszacza. Analiza statystyczna zamieszczonych na rysunku wyników wykazała, że dla każdego z badanych chlebów wszystkie cztery oceniane sensorycznie cechy były ze sobą silnie skorelowane ($r \geq 0,84$ przy $p \leq 0,05$). We wszystkich rodzajach pieczywa stwierdzono w miarę upływu



Rys. 1. Wpływ składowania na zmiany jakości sensorycznej pieczywa.

Fig. 1. Organoleptic evaluation of bread during storage.

czasu przechowywania nasilanie się smaku kwaśnego i straty aromatu, przy czym smak zmieniał się szybciej niż zapach. Ze względu na te cechy większą trwałością charakteryzowały się chleby mieszany i pszenny razowy, co wynika z większego udziału mąk ciemnych w ich recepturze oraz ze stosowania tradycyjnych metod produkcji.

Tabela 1

Zmiany reologiczne przechowywanego pieczywa.
Rheological changes of stored bread.

Rodzaj chleba Bread sort	Okres przechowywania [doby] Storage time [days]	Twardość [N]* Hardness	Sprężystość* Springiness	Spójność* Cohesiveness	Żujność [N]* Chewiness
Mieszany razowy	0	23,41±2,25	0,93±0,01	0,61±0,03	12,86±1,07
	1	27,67±1,84 b	0,87±0,01	0,46±0,02	11,19±0,73
	2	29,63±1,34 b	0,81±0,01	0,40±0,02	9,63±0,39
	3	28,42±2,34 b	0,75±0,00	0,36±0,02	7,56±0,49 a
	5	31,14±2,67 b	0,73±0,01 a	0,32±0,01 a	7,14±0,82 a
	7	33,73±2,68	0,73±0,01 a	0,30±0,00 a	7,27±0,67 a
Pszenny razowy	0	19,69±1,71 b	0,86±0,01	0,54±0,20	9,43±0,63 a
	1	22,19±4,98 ab	0,77±0,04 a	0,42±0,06 a	7,62±1,76 ab
	2	21,46±1,89 ab	0,76±0,03 a	0,39±0,01 ab	6,32±0,87 b
	3	23,67±4,27 ab	0,65±0,02 b	0,35±0,02 bc	6,22±1,95 b
	5	31,30±4,93	0,66±0,07 b	0,32±0,02 c	6,00±1,80 b
	7	25,04±4,46 a	0,64±0,03 b	0,28±0,01	3,94±0,87
Graham pszenny	0	5,99±0,90	0,95±0,01 a	0,67±0,01	5,00±0,66
	1	10,13±0,52 a	0,95±0,01 a	0,56±0,01	6,52±0,45 a
	2	10,53±1,52 a	0,93±0,01 b	0,50±0,02	6,04±0,28 a
	3	13,41±0,81	0,94±0,00 b	0,47±0,01	5,15±0,28 b
	5	16,72±1,89	0,93±0,00 c	0,42±0,02 a	5,01±0,65 b
	7	24,71±1,77	0,92±0,01 c	0,42±0,09 a	3,93±0,74
Graham żytni	0	20,00±3,05 a	0,92±0,01	0,54±0,03	9,57±1,28 ac
	1	24,83±2,52 ab	0,87±0,01 a	0,44±0,02 a	9,70±1,78 bc
	2	23,26±3,80 ab	0,87±0,01 a	0,42±0,04 a	8,04±2,34 bc
	3	26,95±2,45 b	0,83±0,01 b	0,32±0,02 b	7,54±0,31 b
	5	35,83±2,85 c	0,83±0,01 b	0,34±0,02 b	11,07±0,74 ad
	7	35,45±4,18 c	0,81±0,02	0,33±0,01 b	9,49±0,88 ac

* wartości średnie ± odchylenie standardowe

* average values ± standard deviation

Wartości średnie w danej kolumnie, odnoszące się do tego samego rodzaju chleba, nieoznaczone i oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($p \leq 0,05$).

In the same column, the average values referring to the same bread sort, both unmarked and marked by different letters, significantly differ ($p \leq 0,05$).

W tabeli 1 zamieszczono wyniki badań poszczególnych parametrów tekstury otrzymane przy zastosowaniu testu TPA po kolejnych dobach składowania. Natomiast w tabeli 2 zestawiono procentowe zmiany badanych parametrów tekstury po pierwszej i siódmej dobie przechowywania chleba w stosunku do uzyskanych wartości dla produktu świeżego przyjętych za 100%.

Tabela 2

Zmiany parametrów tekstury chleba (%) po pierwszym (1) i siódmym (7) dniu składowania w stosunku do chleba świeżego.

Changes of bread texture parameters (%) after first and seventh day of storage.

Rodzaj chleba Bread sort	Twardość Hardness		Sprężystość Springiness		Spójność Cohesiveness		Żujność Chewiness	
	1	7	1	7	1	7	1	7
Mieszany razowy	+18,0	+44,0	-6,3	-21,6	-23,4	-50,0	-13,0	-43,5
Pszenny razowy	+12,7	+27,2	-10,7	-25,7	-22,4	-48,6	-19,2	-58,2
Graham pszenny	+69,1	+312,5	-0,11	-3,0	-17,2	-38,1	+30,4	-21,0
Graham żytni	+24,2	+77,3	-5,1	-12,0	-18,7	-39,9	+1,3	-0,7

Z danych zawartych w tych tabelach widać, że miękisz chleba mieszanego razowego charakteryzował się największą twardością początkową, która w stosunkowo niewielkim stopniu zmieniała się w czasie przechowywania, przy czym już po pierwszej dobie odnotowano 40-procentowy jej wzrost w porównaniu ze zmianami tego parametru w czasie całego okresu składowania. Początkowa sprężystość tego chleba była porównywalna ze sprężystością miękiszu obu grahamów, ale w czasie przechowywania nastąpiło znacznie większe jej zmniejszenie. Spójność i jej zmiany były podobne do stwierdzonych w pozostałym badanym asortymencie. Pomiędzy sprężystością i spójnością zarówno miękiszu chleba mieszanego razowego, jak i pozostałych gatunków zachodziła silna, statystycznie istotna korelacja ($r \geq 0,92$ dla $p \leq 0,05$). Może to sugerować, że przy pomiarach tekstury produktów piekarskich wystarczy oznaczać tylko jeden z tych wyróżników, gdyż zmiany drugiego są bardzo zbliżone. Omawiany rodzaj pieczywa charakteryzował się relatywnie dużą wartością żujności, która pomimo znacznej jej poprawy, nawet ósmego dnia badań pozostawała na dość wysokim poziomie. Chleb pszenny razowy i graham żytni miały zbliżoną twardość wyjściową miękiszu, przy czym u tego pierwszego zmieniała się ona najmniej w porównaniu z jej zmianami w pozostałych badanych rodzajach pieczywa. Jego miękisz charakteryzował się również najmniejszą sprężystością i największym jej spadkiem w trakcie składowania. W odniesieniu do tego chleba stwierdzono także największą poprawę żujności. Z kolei graham pszenny miał najmniejszą twardość początkową ze wszystkich badanych rodzajów chleba i pomimo najszybszego wzrostu tego parametru w czasie składowania

jego wartość po siedmiu dobach była mniejsza niż w pozostałych trzech rodzajach prób. Pieczywo to było też najbardziej sprężyste i spójne oraz charakteryzowało się najlepszą żujnością, przy czym pierwsze dwa z tych parametrów wykazywały najniższy procentowy spadek podczas przechowywania. W stosunku do grahama pszennego oraz innych badanych rodzajów chleba, graham żytni wyróżniał się ostatniego dnia analiz większą twardością miększu, dość słabą spójnością wyjściową (tab. 1) i najmniejszymi zmianami żujności w czasie całego okresu składowania (tab. 1 i 2).

Oprócz testu TPA mierzono również siłę i pracę niezbędne do przecięcia miększu oraz skórki. Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 3.

Siła i praca związane z przecinaniem skórki malały w miarę upływu czasu składowania badanego pieczywa. We wszystkich przypadkach poza grahamem pszennym, największy procentowy spadek tych wskaźników stwierdzono po pierwszej dobie przechowywania. W odniesieniu do tego ostatniego chleba zjawisko takie miało miejsce po dwóch dniach. Równocześnie dla wszystkich badanych asortymentów wykazano istotny związek pomiędzy siłą niezbędną do przecięcia skórki a spójnością i sprężystością miększu ($r > 0,90$; $p \leq 0,05$).

Interesujący przebieg miały zmiany siły i pracy przecinania miększu. Wartości obu tych wskaźników na ogół początkowo malały, a następnie po drugiej lub trzeciej dobie przechowywania zaczynały powoli rosnąć. Początkowy spadek związany był zapewne z malejącą w miarę upływu czasu siłą potrzebną do pokonania tarcia ostrza o zagęszczony przez jego nacisk miększ. Natomiast późniejszy powolny wzrost siły spowodowany był tym, że nad efektem malejącego tarcia o coraz mniej lepki materiał dominował efekt wzrostu twardości miększu, który wymuszał stosowanie większych sił już od pierwszego momentu zetknięcia się ostrza z próbką. Maksymalna wartość siły niezbędnej do jednostajnego zagłębiania noża w produkcie nadal rejestrowana była jednak w ostatnim momencie jego cięcia.

Na podstawie porównywania danych uzyskanych w teście TPA z wynikami oceny organoleptycznej składowanego pieczywa trudne jest sformułowanie jednoznacznych wniosków, który z badanych chlebów szybciej utracił przydatność konsumpcyjną. Wprawdzie z tabeli 3 wynika, iż te rodzaje chleba, które według oceny sensorycznej starzały się szybciej, cechowały się również większym i wcześniej pojawiającym się wzrostem siły niezbędnej do przecięcia miększu, ale nie wiadomo czy ta zależność ma trwały charakter.

Wyniki badań wybranych wskaźników fizykochemicznych w trakcie starzenia się pieczywa zebrano w tabeli 4, a ich procentowe zmiany po pierwszej i siódmej dobie składowania w stosunku do danych dla produktu świeżego przyjętych za 100%, zestawiono w tabeli 5.

Tabela 3

Wpływ okresu przechowywania pieczywa na siłę i pracę niezbędną do przecięcia skórki i miększu.
Effect of storage time on force and work necessary for shearing crust and crumb.

Rodzaj pieczywa Bread sort	Okres przechowywania [doby] Storage time [days]	Skórka Crust		Miększ Crumb	
		Siła przecinania [N]* Shear force	Praca przecina- nia [Nm·10 ⁻³]* Shear work	Siła przecinania [N]* Shear force	Praca przecina- nia [Nm·10 ⁻³]* Shear work
Mieszany razowy	0	160,42±18,63	4,66±0,034	27,12±0,98	4,06±0,20
	1	124,98±10,14	3,14±0,46	16,21±1,41a	2,04±0,56
	2	100,55±6,75	2,34±0,26	15,92±0,82a	3,92±0,22
	3	84,49±1,90	2,02±0,06	16,87±1,84a	4,14±0,36
	5	62,10±8,47 a	1,50±0,34	17,25±1,55aba	4,28±0,46
	7	49,70±4,55 a	1,26±0,32	19,16±2,70b	4,50±0,38
Pszenny razowy	0	168,14±10,40	4,08±0,84	30,13±1,56a	4,26±0,30
	1	104,37±1,98	1,30±0,12	16,40±0,53b	2,84±0,12
	2	69,76±2,46	1,66±0,08	17,88±2,11bc	3,26±0,58
	3	49,09±3,30a	1,48±0,12	22,09±3,05bc	3,48±0,20
	5	46,93±5,82a	1,34±0,14	24,10±6,47acd	4,88±1,60
	7	43,60±3,86a	1,38±0,06	28,97±9,54ad	6,60±1,98
Graham pszenny	0	203,54±27,25a	4,10±0,52	54,34±6,21	2,96±0,16
	1	195,64±12,79a	3,80±0,26	24,00±3,43a	2,82±0,32
	2	133,83±9,64b	2,00±0,16	14,33±2,27b	2,52±0,24
	3	132,89±10,60b	2,06±0,20	18,19±3,08bc	2,80±0,22
	5	118,67±8,93b	2,08±0,16	21,97±5,32ac	3,14±0,60
	7	124,99±3,86b	1,24±0,06	22,21±9,54ac	4,40±1,98
Graham żytni	0	152,56±11,61	4,30±0,44	26,39±3,72ab	3,96±0,36
	1	93,41±7,56	1,98±1,26	21,79±2,69b	4,12±0,32
	2	77,54±11,94	1,58±0,94	22,81±3,90b	4,70±0,52
	3	58,29±2,48a	1,34±0,88	28,05±5,59b	5,34±0,81
	5	55,37±3,48a	1,36±0,84	23,03±1,13b	5,22±0,58
	7	54,23±10,50a	1,36±0,43	29,65±2,72a	7,30±0,34

* wartość średnia ± odchylenie standardowe

* average values ± standard deviation

Wartości średnie w tej samej kolumnie, odnoszące się do tego samego rodzaju chleba, nieoznaczone i oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($p \leq 0,05$).

In the same column, the average values referring to the same bread sort, both unmarked and marked by different letters, significantly differ ($p \leq 0,05$).

Tabela 4

Wpływ okresu przechowywania pieczywa na niektóre jego parametry fizykochemiczne.
Effect of storage time on some physico-chemical parameters of bread.

Rodzaj chleba Bread sort	Okres przechowywania [doby] Storage time [days]	Wilgotność miękiszu [%]* Moisture content	Wodochłonność miękiszu [g H ₂ O/g s.s.]* Water holding capacity	Lepkość względna ekstraktu z miękiszu [EE]* Viscosity	Liczba niebieska* Blue value	Sucha masa w ekstrakcie [g/100cm ³]* Dry matter content
Mieszany razowy	0	48,69±0,10a	4,02±0,08	1,44±0,00	0,61±0,01	2,74±0,01
	1	48,67±0,10a	2,93±0,14	1,30±0,07	0,34±0,10	2,22±0,03
	2	48,04±0,05ab	2,58±0,01a	1,26±0,00	0,30±0,01	2,04±0,03ab
	3	48,20±0,40ab	2,44±0,01a	1,25±0,07	0,24±0,01	1,98±0,03b
	5	47,84±0,13b	0,03±2,23b	1,25±0,00	0,21±0,00	2,06±0,02ab
	7	47,71±0,59b	2,19±0,03b	1,23±0,07	0,18±0,01	2,03±0,05a
Pszenny razowy	0	47,24±0,03a	2,99±0,02	1,14±0,00	0,41±0,01	2,08±0,21
	1	46,48±0,50a	2,37±0,01	1,10±0,00ab	0,32±0,00	1,89±0,02
	2	47,18±0,03a	2,21±0,01	1,11±0,04a	0,28±0,00	1,78±0,01a
	3	46,21±0,40a	2,04±0,03a	1,07±0,14	0,25±0,01	1,69±0,05ab
	5	44,43±1,18	1,78±0,04	1,10±0,07b	0,21±0,00a	1,64±0,05b
	7	46,09±0,16a	2,11±0,03a	1,10±0,07b	0,21±0,00a	1,67±0,04ab
Graham pszenny	0	44,59±0,37a	2,84	1,16	0,35	1,93±0,01
	1	44,41±0,53a	2,10	1,14	0,24	1,69±0,02a
	2	43,79±0,28	1,96	1,14	0,22	1,63±0,01ab
	3	42,82±0,16	1,84	1,13	0,18	1,58±0,01b
	5	42,18±0,58b	1,86	1,12	0,17	1,61±0,05b
	7	40,96±0,30b	1,80	1,12	0,15	1,62±0,00b
Graham żytni	0	45,40±0,37a	3,12±0,06	1,45±0,07	0,45±0,03	2,67±0,01
	1	44,29±0,53b	2,40±0,00	1,30±0,07a	0,36±0,00	2,37±0,02
	2	44,66±0,28ab	2,17±0,01a	1,29±0,64a	0,30±0,02a	2,16±0,01a
	3	44,11±0,16b	2,10±0,01a	1,26±0,14b	0,29±0,01a	2,16±0,01a
	5	43,06±0,58c	2,00±0,00	1,26±0,14b	0,25±0,00b	2,05±0,02
	7	42,86±0,27c	1,88±0,04	1,22±0,07	0,22±0,01b	1,99±0,04

* wartości średnie ± odchylenie standardowe

*average values ± standard deviation

Wartości średnie w tej samej kolumnie, odnoszące się do tego samego rodzaju chleba, nieoznaczone i oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($p \leq 0,05$). Tam gdzie nie podano wielkości odchylenia standardowego pomiar był wykonywany w jednym powtórzeniu.

In the same column, the average values referring to the same bread sort, both unmarked and marked by different letters, significantly differ ($p \leq 0,05$).

Tabela 5

Zmiany niektórych wyróżników fizykochemicznych chleba (%) po pierwszym (1) i siódmym (7) dniu składowania w stosunku do chleba świeżego.

Changes of some physico-chemical bread parameters (%) after first and seventh day of storage.

Rodzaj chleba Bread sort	Wilgotność miękiszu Moisture content		Wodochłonność miękiszu Water holding capacity		Lepkość Viscosity		Liczba niebieska Blue value		Sucha masa w ekstrakcie Dry matter content	
	1	7	1	7	1	7	1	7	1	7
Mieszany razowy	-0,04	-2,01	-27,11	-45,52	-9,90	-14,73	-44,86	-70,63	-18,98	-25,81
Pszenny razowy	-1,61	-2,43	-20,74	-29,43	-2,76	-3,07	-23,00	-50,36	-9,31	-19,87
Graham pszenny	-0,44	-8,14	-26,06	-36,62	-2,10	-3,60	-31,43	-57,14	-12,30	-16,45
Graham żytni	-2,45	-5,60	-23,08	-39,74	-10,11	-15,88	-20,00	-50,44	-14,00	-27,94

Z danych przedstawionych w tabelach 4 i 5 wynika, że im większy był udział mąki razowej oraz żytniej w badanym produkcie, tym większa była początkowa wilgotność jego miękiszu i mniejszy jej utrata w trakcie przechowywania. Również Haber i wsp. [5] zaobserwowali, iż pieczywo pszenne traci wodę szybciej niż żytnie. Wynika to zapewne z różnicy pomiędzy wodochłonnością skrobi żytniej (84%) i pszennej (63%). Według Ambroziaka [1] mąka żytnia zawiera także dwa razy więcej rozpuszczalnych pentozanów, cechujących się wysoką hydrofilnością, a jej białka mają tendencję do silnego pęcznienia. Podwyższona wilgotność chleba razowego jest także związana między innymi z obecnością większych ilości błonnika o właściwościach wodochłonnych.

Lepkość względna ekstraktu otrzymanego z miękiszu chleba ze znaczącym udziałem mąki żytniej była wyraźnie większa i równocześnie nastąpiło większe jej obniżenie w trakcie przechowywania. Dziwi jednak fakt, że bardzo zbliżone wyniki otrzymano zarówno dla mieszanego chleba razowego, jak i grahama żytniego, chociaż różniły się one dość znacznie składem chemicznym.

Bogatszym w skrobię rozpuszczalną, której miernikiem zawartości jest liczba niebieska, okazało się pieczywo produkowane ze znaczącym udziałem mąki żytniej. Być może przyczyny tego zjawiska należy szukać w różnicy pomiędzy wielkością ziarenek skrobi żytniej (30–50 μm) i pszennej (20–40 μm). Według Habera i wsp. [5] duże granulki łatwiej kleikują w niższych temperaturach i tym samym wykazują więk-

szą podatność na uszkodzenia swojej struktury. Skutkiem tego cząsteczki skrobi zawarte w dużych ziarenkach łatwiej wydostają się na zewnątrz do roztworu.

Suchą substancję w ekstrakcie stanowią głównie rozpuszczalne węglowodany, m.in. cukry, dekstryny i skrobia, które nie uległy retrogradacji oraz nie poddane procesowi agregacji i redenaturacji rozpuszczalne substancje białkowe [4, 2] Większy udział substancji wyciągowych stwierdzono w pieczywie żytnim niż pszennym (tab. 4). Większy był tu także spadek ich zawartości, szczególnie po pierwszej dobie przechowywania, co dowodzi, że około 25% z nich stanowiły retrograduujące polisacharydy i podatne na agregację białka. Zarówno początkowa, jak i końcowa zawartość suchej masy w wyciągu wodnym z miększu pieczywa pszenne było mniejsza niż z miększu grahama żytniego i mieszanego chleba razowego, w czym można upatrywać jednej z przyczyn szybszego starzenia się produktów z mąk pszennych.

W przypadku wszystkich badanych chlebów stwierdzono bardzo silne, statystycznie istotne korelacje ($r > 0,95$; $p \leq 0,05$) pomiędzy zawartością suchej masy w ekstrakcie, liczbą niebieską oraz wodochłonnością miększu. Takie same związki ($r \geq 0,91$; $p \leq 0,05$) odnotowano pomiędzy wymienionymi wyróżnikami fizykochemicznymi a spójnością, mierzoną testem TPA. Stwarza to prawdopodobnie możliwość zastąpienia analizą jednego z omawianych parametrów, trzech pozostałych.

Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych badań organoleptycznych ilustrują znaną prawidłowość, że pieczywo razowe starzeje się wolniej niż zwykle, a pszenne szybciej niż żytnie. Przypuszczalnie duży wpływ na charakterystykę grahama pszenne i żytniego miało stosowanie polepszaczy. Stwierdzono, że zmiany wartości mierzonych w teście TPA wyróżników tekstury odniesione do poszczególnych rodzajów produktu silnie korelowały z wieloma parametrami sensorycznymi i fizykochemicznymi. Natomiast nie znaleziono takiego mierzonego instrumentalnie wyróżnika, którego wartość początkowa bądź jego zmiany w czasie składowania pieczywa umożliwiałyby przewidywanie okresu trwałości danego rodzaju wyrobu lub mogły służyć do porównywania szybkości czerstwienia różnych gatunków chleba. Wydaje się, że największe nadzieje związane z porównywaniem szybkości czerstwienia różnych asortymentów produktów można wiązać z badaniem zmian siły i pracy przecinania miększu. Pozostałe wielkości mierzone za pomocą teksturometru, a szczególnie sprężystość i spójność, charakteryzujące się małymi odchyleniami standardowymi i wysokimi współczynnikami korelacji (dla $p \leq 0,05$) z wieloma innymi wielkościami, nadają się raczej do określania szybkości czerstwienia tego samego gatunku chleba, przechowywanego w różnych warunkach lub do oceny różnic w przebiegu niekorzystnych procesów przy wprowadzaniu do ciasta rozmaitych dodatków, opóźniających starzenie się gotowego produktu.

LITERATURA

- [1] Ambroziak Z.: Piekarstwo i ciastkarstwo. WNT, Warszawa 1988.
- [2] Banecki H.: Wpływ glutenu na proces czerstwienia pieczywa. *Zagadnienia Piekarstwa*, **2**, 1982, 20-26.
- [3] Breene W. M.: Application of texture profile analysis to instrumental food texture evaluation. *J. Texture Stud.*, **6**, 1975, 53-82.
- [4] Gambuś H.: Wpływ fizyczno-chemicznych właściwości skrobi na jakość i starzenie się pieczywa. *Zesz. Nauk. AR Kraków, Rozprawy*, **226**, 1997, 1-114.
- [5] Haber T., Haberowa H., Miszczuk A.: Charakterystyka wybranych właściwości fizykochemicznych skrobi wyizolowanej z ziarna pszenicy, żyta i pszenżyta. *Zagadnienia Piekarstwa*, **2**, 1986, 20-26.
- [6] Jakubczyk T., Haber T.: Analiza zbóż i przetworów zbożowych. AR, Warszawa 1981.
- [7] Surówka K.: Wpływ składników mąki sojowej na właściwości fizykochemiczne spożywczych preparatów białkowych z soi. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Rozprawy*, **232**, 1997, 1-88.
- [7] Szczęśniak A.S.: Classification of textural characteristics. *J. Food Sci.*, **28**, 1963, 385-389.
- [8] Yasunaga T., Bushuk W., Irvine G. N.: Gelatinization of starch during bread-baking. *Cereal Chemistry*, **45**, 1968, 269-279.

THE EVALUATION OF STALING RATE OF WHOLEMEAL BREAD

Summary

The staling rate of four sorts of wholemeal bread has been characterized in the paper. The samples were kept in room temperature for seven days. The quality changes of analyzed products were evaluated by organoleptic, rheological and physico-chemical analyses. It has been found that changes of texture parameters significantly correlated with the changes of sensory and physico-chemical parameters of breads. However, not all of them might be used for the comparison of staling rate of different bakery products. The best for this purpose seemed to be the measurement of shear force and shear work of crumb but the problem needs further studies. On the other hand springiness and cohesiveness could be applied to the evaluation of staling rate of the same sort of product stored in different conditions. ❖

