

Prof. dr hab. Bohdan ACHREMOWICZ²
Dr hab. Elżbieta BILLER¹ – Prof. PWSiP
Prof. dr hab. Alicja CEGLIŃSKA³
Mgr inż. Leszek DARDZIŃSKI¹
Prof. dr hab. Tadeusz HABER¹
Dr inż. Agnieszka OBIEDZIŃSKA¹
Prof. dr hab. Mieczysław OBIEDZIŃSKI¹
Mgr inż. Emilia SZABŁOWSKA¹
Prof. dr hab. Bożena WASZKIEWICZ-ROBAK¹

1) Wydział Informatyki i Nauk o Żywności
Państwowa Wyższa Szkoła Informatyki i Przedsiębiorczości w Łomży
2) Wydział Biologiczno – Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski
3) Wydział Nauk o Żywności, SGGW Warszawa

WPŁYW DODATKU MĄKI Z NASION MIŁKI ABISYŃSKIEJ NA CECHY FIZYCZNE CIASTA PSZENNEGO®

The effect of the additive of flour from the seeds of the teff on the physical characteristics of wheat dough®

Słowa kluczowe: Miłka abisyńska, skład chemiczny, wpływ na cechy fizyczne ciasta.

Nasiona miłki abisyńskiej jak i produkty z nich otrzymane, to cenne źródło wielu składników chemicznych, niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania organizmu ludzkiego.

Tak jak w składzie chemicznym ziarna pszenicy czy żyta, tak i w nasionach miłki abisyńskiej, najważniejsze i występujące w największych ilościach są trzy grupy związków chemicznych: białka, cukry i tłuszcze. Pod względem zawartości tych składników, nasiona miłki abisyńskiej dorównują ziarnu tradycyjnych zbóż chlebowych.

Podobnie jak w ziarnie zbóż, wśród sacharydów dominuje skrobia. Jednak jej granulki są zdecydowanie mniejsze i znacznie bardziej wyrównane pod względem wielkości, co ma istotny wpływ na jej cechy technologiczne, jak np. zdolność wiązania wody.

Nasiona miłki abisyńskiej mają wysoką wartość energetyczną. Pod tym względem przewyższają nie tylko ziarno zbóż – ryżu, żyta czy pszenicy, ale nawet nasiona soi, które są znacznie zasobniejsze w składniki wysokoenergetyczne, jakimi są białka i tłuszcze.

Skład chemiczny nasion miłki abisyńskiej, wyraźnie wskazuje na jej wysoką wartość odżywczą.

Nasiona miłki wykorzystywane są, przede wszystkim, do przemiału na mąkę, względnie regionalnie (np. w Afryce północnej), do produkcji napojów alkoholowych. Wydaje się, że najwłaściwszym sposobem wykorzystania mąki z miłki abisyńskiej jest jej użycie jako dodatku do produkcji ciasta chlebowego. Potwierdzają to liczne badania przeprowadzone w wielu krajach, w tym również w Polsce.

Key words: Teff, chemical composition, properties, influence on dough characteristics.

Teff seeds and products obtained from them are a valuable source of many chemical components necessary for the proper functioning of the human body.

As in the chemical composition of wheat or rye grain, as well as in teff seeds, the most important and occurring in the largest amounts are three groups of chemical compounds: proteins, saccharides and lipids. In terms of the content of these ingredients, the seeds of the teff equal the grain of traditional bread cereals.

As in cereal grains, starch dominates among saccharides. However, its granules are much smaller and much more even in size, which has a significant impact on its technological features, such as the ability to bind water.

Teff seeds have a high energy value. In this respect, they surpass not only cereal grains - rice, rye or wheat, but even soybeans, which are much more abundant in high-energy components, such as proteins and fats.

The chemical composition of teff seeds clearly indicates its high value and nutritional value.

Teff seeds are used, above all, for flour milling, or regionally (for example in North Africa), for the production of alcoholic beverages. It seems that the most appropriate way to use flour from the delicious Abyssin is its use as an addition to the production of bread dough. This is confirmed by numerous studies carried out in many countries, including Poland.

WSTĘP

W numerze 1/2018 „Postępów Techniki Przetwórstwa Spożywczego” przedstawiono [1] ogólną charakterystykę miłki abisyńskiej, rośliny pochodzącej z północno-wschodniej Afryki, znanej, uprawianej i wykorzystywanej do celów żywieniowych od przeszło 5000 lat. Pod wieloma względami miłka abisyńska jest podobna do prosa i tak jak ono zaliczana jest do rodziny wiechlinowate [1, 24, 25].

Miłka abisyńska (nazywana także: tef, teff lub trawa abisyńska), jest rośliną znaną i szeroko wykorzystywaną przede wszystkim w Etiopii [1, 2, 7], zaspokajając około 2/3 tamtejszego, całego zapotrzebowania na żywność [7]. Nasiona miłki są, przede wszystkim, mielone na mąkę, która stanowi bazowy surowiec do produkcji miejscowego, specjalnego pieczywa, „injery” [1, 2, 4]. Inny, nie mniej ważny kierunek wykorzystania nasion miłki to produkcja kaszy i puddingu oraz piwa i alkoholowych napojów etnicznych.

Oprócz krajów afrykańskich miłka abisyńska zyskuje także coraz większe uznanie w innych rejonach świata. W Stanach Zjednoczonych jest wykorzystywana do produkcji płatków śniadaniowych, wafli, a także stosowana jest jako dodatek wzbogacający tradycyjne miejscowe pieczywo [2]. W USA, Kanadzie i w Australii rozpoczęto nawet uprawę miłki abisyńskiej na cele komercyjne [4], przeznaczając na ten cel grunty wykorzystywane dotychczas pod uprawę pszenicy. Popularność miłki abisyńskiej wzrasta także w Europie, a dotyczy to szczególnie Hiszpanii [2].

Zainteresowanie miłką abisyńską na świecie wynika z kilku powodów; możliwości jej uprawy w miejscowych warunkach glebowo – klimatycznych, dużej łatwości adaptacji rośliny do panujących warunków środowiskowych [2]. Miłka jest uważana za roślinę o ogólnie niskim ryzyku, dzięki czemu można ją uprawiać w „trudnych środowiskach”, których większość roślin, w tym zbóż, nie akceptuje [1, 2, 7]. Innym powodem zainteresowania, nie mniej istotnym, jest skład chemiczny jej nasion [1].

Porównując nasiona miłki abisyńskiej z ziarnem podstawowych zbóż czy nasionami innych roślin szeroko wykorzystywanych w przetwórstwie żywności, da się przede wszystkim zauważyć, że nasiona miłki abisyńskiej mają wysoką wartość energetyczną, przewyższając, pod tym względem, nie tylko ziarno ryżu, żyta czy pszenicy, ale także nasiona soi, które są znacznie zasobniejsze w białko jak i w tłuszcze. Pod względem zawartości białka ogółem nasiona miłki abisyńskiej ustępują tylko nasionom soi, w których ilość tego składnika jest przeszło trzy razy większa, natomiast dorównują ziarnu pszenicy [1]. Ogólnie skład chemiczny nasion miłki abisyńskiej jest wysoce korzystny z żywieniowego punktu widzenia. Serna-Saldivar [14] uważa, że nasiona miłki są fascynujące, a jednocześnie pełne cennych, najbardziej wartościowych składników odżywczych. Korzystny skład chemiczny nasion miłki abisyńskiej sprawia, że mają one wysoką wartość prozdrowotną, a dodatkowo sprzyja temu brak w nich białek glutenowych.

W dotychczasowych badaniach dotyczących wykorzystania nasion miłki i produktów z nich uzyskanych stosunkowo mało miejsca poświęcono zagadnieniom ich wpływu na fizyczne cechy ciasta. W dostępnych badaniach zajmowano się głównie możliwościami wykorzystania nasion miłki w procesach produkcji pieczywa względnie ich ogólnej wartości odżywczej.

CEL I ZAKRES PRACY

Celem artykułu jest przedstawienie uzyskanych wyników badań własnych, dotyczących wpływu dodatku mąki z nasion miłki abisyńskiej na podstawowe cechy fizyczne ciasta pszennego.

W ramach prowadzonych badań określono wpływ dodatku: 5, 10, 15 i 20% mąki z nasion miłki abisyńskiej na wybrane cechy fizyczne mąki i ciasta pszennego. W ramach pracy wykonano badania cech:

- ◆ amylograficznych (badanie aktywności enzymów amylolitycznych oraz zdolności skrobii do kleikowania) [6, 8],
- ◆ farinograficznych (określenie zdolności wiązania wody przez mąkę, czasu tworzenia i tzw. stałości ciasta, jego konsystencji i oporności na mieszanie) [8],
- ◆ ekstensograficznych (badanie oporu stawianego przez ciasto podczas obróbki mechanicznej oraz wpływu procesu fermentacji i stopnia spulchnienia ciasta na stawiany opór) [8],
- ◆ fermentograficznych (badanie procesu fermentacji ciasta, ilości wydzielonego i zatrzymanego przez ciasto dwutlenku węgla) [8].

MATERIAŁ I METODY PRACY

1. Surowce do badań.

W badaniach wykorzystano następujące surowce:

- ◆ handlowa mąka pszenna Luksusowa typ 550 (kupiona w supermarkecie TESCO, sprzedawana pod marką własną tej sieci sklepów),
- ◆ mąka z nasion miłki abisyńskiej, którą uzyskano we własnym zakresie, przez zmielenie nasion miłki (odmiany brązowonasiennej). Przemiału dokonano w śrutowniku laboratoryjnym LAB MILL typ 3100 firmy Perten, z wbudowanym w komorę przemiałową sitem o średnicy oczek 0,8 mm. W badaniach mąkę z nasion miłki abisyńskiej dodawano w ilościach: 5, 10, 15 i 20% w stosunku do użytej mąki pszennej. Badano także ciasta wyprowadzone wyłącznie z mąki z nasion miłki abisyńskiej.

2. Badanie cech farinograficznych mąki/ciasta.

W badaniach wykorzystano Farinograph – AT firmy Brabender GmbH & Co. (Duisburg, Niemcy), wyposażony w mieszalnik o pojemności 300 g oraz automatyczny dozownik wody. Temp. pomiaru 30°C, czas pomiaru każdej próby 15 min [12].

3. Badanie cech ekstensograficznych ciasta.

Wykorzystano Ekstensograph – E firmy Babender GmbH & Co. (Duisburg, Niemcy) wyposażony w automatyczną formierkę (zaokrąglarkę i wydłużarkę) kęsów ciasta przeznaczonego do badania. Ciasto do badań przygotowywano wykorzystując do tego celu mieszalnik (o pojemności 300 g mąki) Farinographu – AT. Skład surowcowy ciasta do badań: mąka – 300 g, woda 180 cm³ (60% w stosunku do użytej mąki), świeże drożdże piekarskie – 9 g (3% w stosunku do mąki) i sól kuchenna – 6 g (2% w stosunku do mąki). Czas fermentacji ciasta: 30, 60 i 90 min, temp. fermentacji: 30°C [11].

4. Badanie zdolności fermentacyjnej ciasta.

Do tego celu wykorzystano Laserowy Fermentograf Sadkiewiczza, produkcji ZBPP Sp. z o.o. w Bydgoszczy [13, 20, 21]. Badano próby ciasta sporządzonego ze 140 g mąki. Oprócz mąki w skład ciasta wchodziła: woda – 80 cm³ (= 57,14% w stosunku do użytej mąki), świeże drożdże piekarskie – 2,5 g (= 1,79%) i NaCl – 2,0 g (= 1,43% w stosunku do naważki mąki). Rejestracja wyników – komputerowa. W badaniach uzyskano wykresy:

- ◆ ogólnej ilości gazów (CO₂) wydzielonych w trakcie fermentacji ciasta,
- ◆ gazów (CO₂) zatrzymanych w cieście,
- ◆ gazów (CO₂) nie zatrzymanych przez ciasto oraz
- ◆ punktu krytycznego wydzielania gazów [21].

5. Badanie aktywności enzymów amylolitycznych (a – amylazy) mąki oraz zdolności skrobi do kleikowania.

Wykorzystano zarówno aparat Hagberga–Pertena (Falling Number 1500) firmy Lab Invest [10] (naważka mąki do badań – 7 g, dodatek wody – 25 cm³) oraz Micro Visco–Amylo–Graph firmy Brabender GmbH & Co. (Duisburg, Niemcy) [9, 22], wyposażony w mieszalnik o pojemności 150 cm³ (naważka mąki do badań – 15 g, dodatek wody – 100 cm³, początkowa temp. pomiaru – 300C, szybkość wzrostu temp. 1,50C/1 min).

OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

1. Charakterystyka użytych w badaniach surowców

Najważniejsze cechy mąki pszennej Luksusowa typ 550 podane przez producenta, to:

- ◆ sacharydy ogółem – 69,6% (w tym: mono- i disacharydy – 2,3%),
- ◆ białko ogółem – 10,9%,
- ◆ błonnik surowy – 3,1%,
- ◆ tłuszcze ogółem – 1,3% (w tym: kwasy tłuszczowe nasycone – 0,4%),
- ◆ wartość energetyczna – 1441 kJ (340 kcal).

Cechy nasion miłki abisyńskiej. Odmiana brązowo nasienna, pochodząca z RPA. Według dostawcy (Firma „Pięć

przemian”) zawartość najważniejszych składników chemicznych w nasionach miłki abisyńskiej wynosiła:

- ◆ sacharydy ogółem – 65,4% (w tym: mono- i disacharydy – 5,6%),
- ◆ białko ogółem – 12,3%,
- ◆ błonnik surowy – 7,4%,
- ◆ tłuszcze ogółem – 2,1% (w tym kwasy tłuszczowe nasycone – 0,7%),
- ◆ wartość energetyczna 1398 kJ (334 kcal).

Przeciętne wymiary nasion 1,0 x 0,5 mm, a masa 1000 nasion mieściła się w granicach: 0,280 – 0,300 g [1].

2. Wpływ mąki z nasion miłki abisyńskiej na cechy amylograficzne mąki pszennej

W pierwszym etapie przeprowadzono badania aktywności amylaz mąki pszennej Luksusowej typ 550 i otrzymanej mąki z nasion miłki abisyńskiej. Wykorzystano do tego celu zarówno aparat Hagberga–Pertena [10] jak i Micro Visco – Amylo – Graph Brabendera [9]. Badania przy użyciu amylografu pozwoliły określić aktywność amylaz oraz podatność skrobi na ich działanie, czyli pozwoliły na bezpośrednią ocenę kompleksu amylazowo – skrobiowego mąki [6, 8, 15, 18].

Ocenę amylograficzną uzupełniono poprzez oznaczenie tzw. liczby opadania (LO), czyli określenie aktywności enzymów amylolitycznych (głównie α – amylazy), w obu mąkach użytych w badaniach.

Wyniki badań amylograficznych i LO zebrano w tabeli 1., a uzyskane amylogramy przedstawiono na rys. 1.

Na rys 2. dla porównania, przedstawiono amylogramy mąk o różnej aktywności enzymatycznej i różnej podatności ich skrobi na działanie amylaz, a także najczęstszy wygląd chlebów z takich mąk uzyskiwanych [17, 19, 23].

Poziom α – amylazy w cieście powinien być na ogół niski, co w znacznym stopniu ogranicza nadmierny rozkład skrobi do glukozy i maltozy, cukrów ulegających fermentacji alkoholowej. Ma to też bezpośredni wpływ na lepkość ciasta, a pośrednio także na jakość uzyskanego pieczywa. Wysoka liczba opadania wskazuje na niską aktywność α – amylazy, a tym samym wysoką przydatność mąki na cele piekarskie [3, 8]. Badane mąki, pszena Luksusowa typ 550 i uzyskana z nasion miłki, wykazywały niską aktywność enzymatyczną,

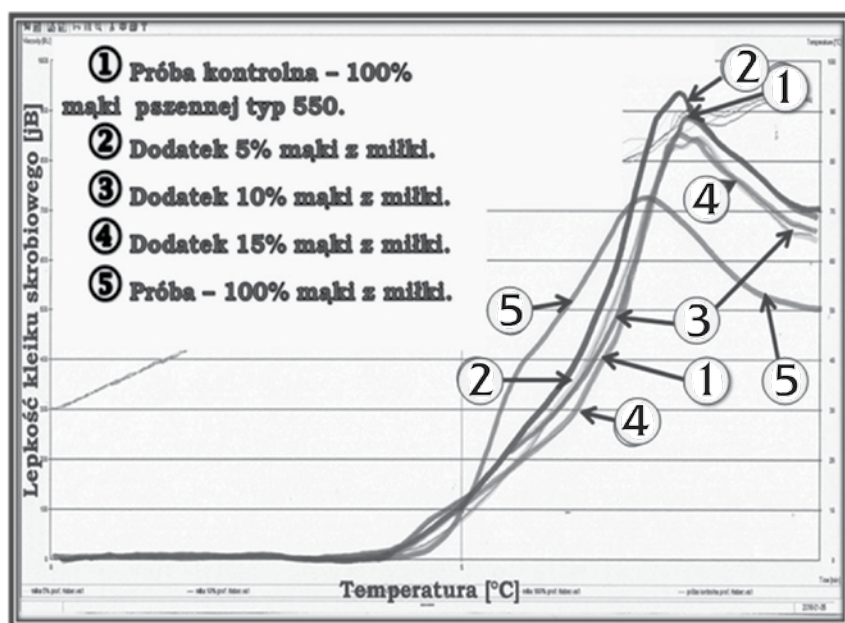
Tabela 1. Wpływ dodatku mąki z nasion miłki abisyńskiej na ocenę amylograficzną i liczbę opadania mąki pszennej Luksusowa typ 550 [1]

Table 1. The influence of the addition of flour from the seeds of the Teff on Amylograms rating and falling number of wheat flour Luksusowa type 550 [1]

Lp.	Badana próba	Początek lepkości zawiesiny [jB*]	Początek kleikowania skrobi		Koniec kleikowania skrobi		Liczba opadania [s]
			Temp. [°C]	Lepkość [jB*]	Temp. [°C]	Maks. lepkość [jB*]	
1.	Mąka pszena 100%	19	60,2	19	88,9	896	425
2.	Dod. mąki z miłki 5%	18	60,9	18	88,1	943	405
3.	Dod. mąki z miłki 10%	17	60,4	17	87,5	861	458
4.	Dod. mąki z miłki 15%	19	61,6	19	88,8	845	459
5.	Mąka z miłki 100%	17	65,5	17	84,5	728	470

*) jB – umowne jednostki Brabendera.

*) j.B. – contractual Brabender units.

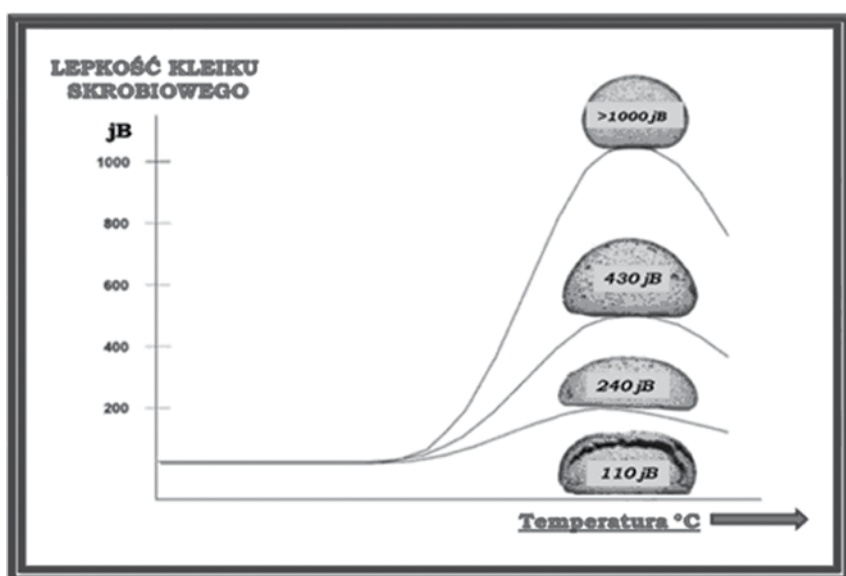


Rys. 1. Zmiany lepkości kleiku skrobiowego (amylogramy) mąki pszennej Luksusowa typ 550 pod wpływem dodatku różnych ilości mąki z nasion miłki abisyńskiej.

Fig. 1. Starch viscosity changes (amylograms) of wheat flour Luksusowa type 550 under the influence of the addition of various amounts of flour from the seeds of the Teff.

Źródło: Badania własne

Source: The own study



Rys. 2. Ocena amylograficzna mąki a jakość (wygląd) uzyskanego chleba [17, 19, 23].

Fig. 2. Amylograms evaluation of flour and the quality (appearance) of the obtained bread [17, 19, 23].

Źródło: Badania własne

Source: The own study

względnie wysoką odporność ich skrobi na działanie α – amylazy. Stwierdzone maksymalne lepkości kleików skrobiowych wynosiły odpowiednio: 896 i 728 j.B. (umownych jednostek Brabendera). Początek kleikowania skrobi pszennej rozpoczął się w temp. 60,2°C, a skrobi z nasion miłki abisyńskiej w temp. nieco wyższej – 65,5°C. Jest to zgodne z ogólnymi poglądami [5, 6, 8, 16], w myśl których, skrobie o mniejszych

wymiarach granulek są bardziej odporne na działanie temperatury niż te o większych. Tym samym w przeprowadzonych przez nas badaniach pogląd ten zastał potwierdzony.

Dodatek do mąki pszennej 5, 10 lub 15% mąki z nasion miłki abisyńskiej powodował zmiany zarówno początkowej jak i końcowej temp. kleikowania, a także maksymalnej lepkości kleików skrobiowych. Przy najniższym dodatku (5%) nastąpił wzrost maksymalnej lepkości kleiku skrobiowego o ok. 5%, a przy wyższych dodatkach, spadek, odpowiednio o ok. 4 lub 6%, w stosunku do próby kontrolnej. Można przypuszczać, że nastąpiło to nie tylko pod wpływem aktywności enzymatycznej obu badanych mąk, ale było także następstwem odporności skrobi w nich zawartych na działanie enzymów. Mogły też zachodzić różne interakcje, trudne do przewidzenia i określenia ich skutków [5, 6, 8].

Potwierdzają to przeprowadzone przez nas badania liczby opadania. Liczba opadania jest miarą aktywności α – amylazy w mące. Obie użyte w badaniach mąki wykazywały wysoką liczbę opadania (mąka pszenna – 425 s, mąka z nasion miłki – 470 s). Na ogół uważa się [16, 17], że wartości liczby opadania powyżej 300 s wskazują na niską aktywność amylolityczną, a tym samym na nieprzydatność takiej mąki do wypieku pieczywa. Ale są też opinie [8], w myśl których do otrzymania dobrej jakości pieczywa, z powodzeniem mogą być użyte mąki, których liczba opadania mieści się w wyższych granicach nawet do 400 s.

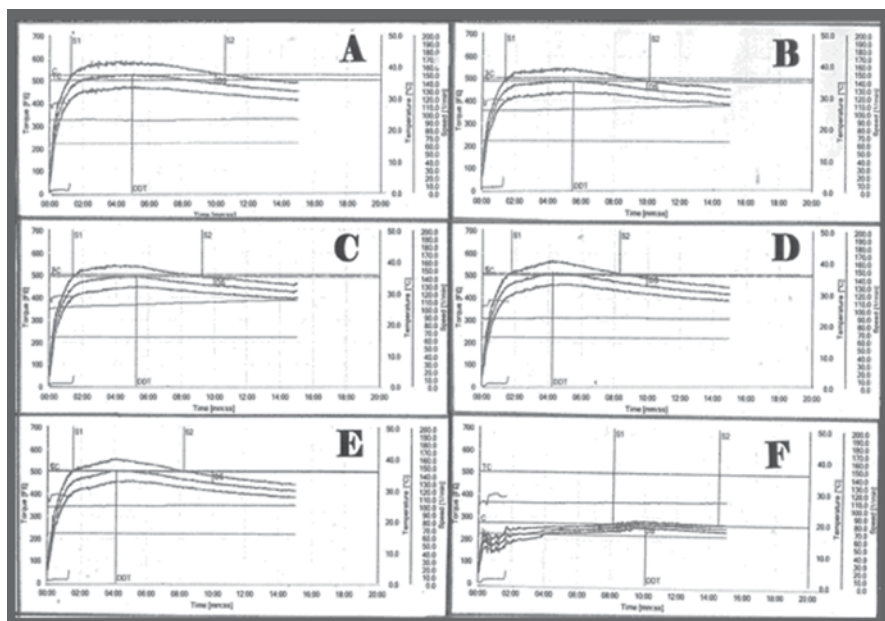
W przeprowadzonych przez nas badaniach dodatek 5% mąki z nasion miłki abisyńskiej do mąki pszennej, powodował spadek liczby opadania o 4,7%, a dodatki wyższe – wzrost, odpowiednio o 7,8 i 8,0%. Można zatem uznać, że stwierdzone zmiany były minimalne i, praktycznie rzecz biorąc, nieistotne.

3. Wpływ mąki z nasion miłki abisyńskiej na cechy farinograficzne ciasta pszennego

Badania prowadzone przy użyciu farinografu to metoda najbardziej rozpowszechniona i najczęściej stosowana zarówno w praktyce młynarskiej jak i piekarskiej. Pozwala ona na wyznaczenie wielu istotnych cech zarówno mąki (a pośrednio także ziarna) jak i ciasta z niej uzyskanego.

Określane cechy to: wodochłonność mąki, czas rozwoju i stałości ciasta oraz jego zmiany w trakcie procesu mieszania, czyli w trakcie tworzenia struktury glutenowej [16, 19].

Właściwy jest pogląd [16], że badania farinograficzne to badanie układu białkowego w jego naturalnym środowisku, czyli w cieście. Jednocześnie uważa się [16], że jest to najlepszy sposób oznaczenia wartości wypiekowej mąki, bowiem



Rys. 3. Farinogramy ciast pszennych z różnymi dodatkami mąki z nasion mlki abisyńskiej. A – próba kontrolna 100% mąki pszennej Luksusowa typ 550, B – dodatek 5% mąki z nasion mlki abisyńskiej, C – dodatek 10% mąki z nasion mlki abisyńskiej, D – dodatek 15% mąki z nasion mlki abisyńskiej, E – dodatek 20% mąki z nasion mlki abisyńskiej, F – 100% mąki z nasion mlki abisyńskiej.

Fig. 3. Farinograms of wheat cakes with various additions of honey from Teff seed. A – control test 100% wheat flour. Luxurious type 550, B – addition of 5% flour from seeds of Teff, C – addition of 10% flour from the seeds of the Teff, D – the addition of 15% flour from the seeds of the Teff, E – the addition of 20% flour from the seeds of Teff, F – 100% flour from the Teff seeds.

Źródło: Badania własne

Source: The own study

uwzględnia także wzajemne reakcje między poszczególnymi jej składnikami chemicznymi, a uzyskane wyniki bardzo dobrze korelują z cechami jakościowymi uzyskanego pieczywa [6, 8].

Badania farinograficzne i uzyskane wyniki pozwalają na śledzenie zmian reologicznych ciast pod wpływem różnych dodatków technologicznych stosowanych w praktyce [6]. Dotyczy to także dodatku mąki z nasion mlki abisyńskiej.

Przeprowadzone przez nas badania farinograficzne wykazały, że dodatek mąki z nasion mlki abisyńskiej do mąki pszennej (Luksusowa typ 550) miał różny wpływ na wytwarzane ciasto, a stwierdzone zmiany były zarówno korzystne jak i niekorzystne. Najistotniejsze wyniki prób uzyskanych z dodatkiem 5, 10, 15 i 20% mąki z nasion mlki abisyńskiej zebrano w tabeli 2., a uzyskane farinogramy przedstawiono na rys. 3.

Wodochłonność mąki. Użyta w badaniach mąka pszena Luksusowa typ 550 wykazywała wodochłonność 61,3%, natomiast mąka uzyskana z nasion mlki abisyńskiej 66,8%. Zatem mąka z mlki wykazywała wodochłonność wyższą o 5,5% niż kontrolna mąka pszena typ 550. Wodochłonność mąki jest wypadkową jej wilgotności i zdolności wiązania wody przez składniki chemiczne w niej zawarte [6, 8, 16]. Głównie decydują o tym: ilość i jakość glutenu oraz zawartość i cechy skrobi. W wypadku skrobi duże znaczenie ma stopień

jej uszkodzenia tak mechanicznego jak i enzymatycznego [8].

Ogólnie gluten jest w stanie wchłonać do 200% wody w stosunku do własnej suchej masy. Skrobia wykazuje, mniej więcej 3-krotnie niższą zdolność wiązania wody, wynoszącą ok. 70%, w stosunku do suchej masy. Biorąc jednak pod uwagę ilości tak glutenu jak i skrobi w mące (ok. 6 razy więcej skrobi), to sumarycznie skrobia wchłania więcej wody niż gluten, a proporcja ta wynosi, mniej więcej jak 2:1 na korzyść skrobi.

Wodochłonność mąki może wahać się w dość szerokim przedziale od 40 do nawet 80%. Przeciętna wodochłonność mąk pszennych wynosi zwykle ok. 60 – 65%. Od zdolności wiązania wody przez mąkę zależy bezpośrednio wydajność ciasta, a pośrednio także wydajność uzyskanego pieczywa [8].

Każdy dodatek mąki z nasion mlki abisyńskiej powodował wzrost wodochłonności mąki pszennej typ 550. Przy próbach z najniższymi dodatkami (5 i 10%) nie były to jednak zmiany wielkie, a przede wszystkim nie były one regularne. Natomiast dodatki wyższe (15 i 20%) powodowały już znacznie większy i w miarę regularny wzrost wodochłonności mąki (tabela 2).

Czas rozwoju i stałości ciasta. Czas rozwoju ciasta jest cechą zależną zarówno od ilości jak i jakości glutenu, a także jego zdolności wiązania wody. Mąki zawierające gluten słaby, charakteryzujący się stosunkowo szybkim wiązaniem wody,

wykazują też stosunkowo krótki czas rozwoju ciasta. Natomiast mąki zawierające gluten mocny, wolno wiążący wodę, wykazują zdecydowanie dłuższy czas rozwoju ciasta.

Czas stałości ciasta, to czas liczony od zakończenia jego rozwoju do momentu rozpoczęcia spadku jego konsystencji poniżej wartości 500 j.B. (umownych jednostek Brabendera). Zależy on głównie od ilości i jakości glutenu zawartego w mące. Suma czasów: rozwoju i stałości ciasta stanowią jego **oporność na mieszanie**, czyli wytrzymałość na działanie sił niszczących jego strukturę [8, 16].

Ze zmianami oporności ciasta na mieszanie bezpośrednio związane jest **rozmiękczenie ciasta**, czyli spadek jego konsystencji, mierzonej w umownych jednostkach Brabendera (j.B.), po określonym czasie mieszania, czyli w praktyce działania sił mechanicznych na ciasto. W naszych badaniach rozmiękczenie ciasta określano dwukrotnie: po upływie 10 i 12 min. mieszania. Wyniki przedstawiono w tabeli 2.

Pod wpływem dodatku 5 i 10% mąki z nasion mlki abisyńskiej do mąki pszennej, czas rozwoju ciasta wzrastał (odpowiednio o: 6,0 i 3,2%), natomiast przy wyższych dodatkach (15 i 20%) ulegał już znacznemu skróceniu (odpowiednio o: 17,0 i 18,4% w stosunku do próby kontrolnej). Pierwsze próby, z dodatkiem 5 i 10% mąki z nasion mlki wykazały, że brak w tej mące białek glutenowych (gliadyny i gluteniny)

Tabela 2. Wpływ dodatku mąki z miłki abisyńskiej na wodochłonność mąki i cechy farinograficzne ciasta pszennego
 Table 2. The influence of the addition of flour from the Teff on water absorption of flour and characteristics farinograms wheat dough

Lp.	Badana próba	Wodochłonność mąki	Czas rozwoju ciasta	Czas stałości ciasta	Oporność ciasta na miesz.	Elastyczność ciasta	Rozmiękczenie ciasta po:	
							10 min od rozpoczęcia mieszania	12 min od rozpoczęcia mieszania
--	-----	[%]	[min]	[min]	[min]	[jB*]	[jB*]	[jB*]
1.	Mąka pszenna Luksusowa typ 550	61,3	5,01	9,16	14,17	113	38	63 wzrost w stos. do próby po 10 min o: 65,8%
2.	Dodatek 5% mąki z miłki abisyńskiej	62,2 <u>zmiana w stos. do próby kontr.</u> + 1,5%	5,31	8,45	13,76	100	36 <u>zmiana w stos. do próby kontr.</u> - 5,3%	63 wzrost w stos. do próby po 10 min o: 75,0%
3.	Dodatek 10% mąki z miłki abisyńskiej	61,6 <u>zmiana w stos. do próby kontr.</u> + 0,5%	5,17	7,49	12,66	94	40 <u>zmiana w stos. do próby kontr.</u> + 5,3%	56 wzrost w stos. do próby po 10 min o: 40,0%
4.	Dodatek 15% mąki z miłki abisyńskiej	62,7 <u>zmiana w stos. do próby kontr.</u> + 2,3%	4,16	6,34	10,50	100	54 <u>zmiana w stos. do próby kontr.</u> + 42,5%	56 wzrost w stos. do próby po 10 min o: 3,7%
5.	Dodatek 20% mąki z miłki abisyńskiej	63,6 <u>zmiana w stos. do próby kontr.</u> + 3,8%	4,09	6,41	10,50	100	54 <u>zmiana w stos. do próby kontr.</u> + 42,5%	69 wzrost w stos. do próby po 10 min o: 27,8%
6.	Mąka z miłki abisyńskiej	66,8 <u>zmiana w stos. do próby kontr.</u> + 9,0%	10,09	6,25	16,34	---	---	---

*) jB – umowne jednostki Brabendera,

*) j.B. – contractual Brabender units.

Uwaga! Tekstem pogrubionym podano zmiany w stosunku do próby kontrolnej i przyjętej za 100%.

Attention! The changes in relation to the control and were given in red adopted for 100%.

Źródło: Badania własne

Source: The own study

nie miał istotnego wpływu na skrócenie czasu rozwoju ciasta. Sprzyjała temu też obecność drobnziarnistej skrobi, a taką zawiera mąka z nasion miłki abisyńskiej. Przy dodatku do ciasta 15 i 20% mąki z nasion miłki brak glutenu był już bardzo odczuwalny i widoczny, stąd prawie 20-procentowe skrócenie czasu rozwoju ciasta.

Jeszcze większe zmiany obserwowano w czasie stałości ciasta. Przy dodatkach: 5, 10, 15 i 20% mąki z nasion miłki abisyńskiej następowało skrócenie czasu stałości ciasta, odpowiednio o: 7,8; 18,2; 30,8 i 30,0% w stosunku do próby kontrolnej.

Pod wpływem stosowanych dodatków mąki z nasion miłki musiała także ulec niekorzystnej zmianie oporność ciasta na mieszanie. Pod wpływem mąki z nasion miłki ulegała ona obniżeniu od 2,9% (przy dodatku 5%) do 15,9% (przy dodatkach 15 i 20%). Jest to zmiana wysoce niekorzystna, bowiem powoduje znaczne osłabienie ciasta, co musi znaleźć swoje odbicie w jakości uzyskanego pieczywa. Zmiany czasu stałości ciasta i jego oporności na mieszanie, czyli w praktyce oporności na obróbkę mechaniczną, są cechami wysoce niekorzystnymi z punktu widzenia technologii piekarstwa, bowiem każde przedłużenie procesu (mieszania, dzielenia czy formowania ciasta, czyli jego

obróbki mechanicznej) będzie miało ujemny wpływ na cechy fizyczne uzyskanego pieczywa, a przede wszystkim na objętość oraz strukturę i porowatość jego miękiszu.

Ciasto kontrolne, wytworzone tylko z mąki pszennej typ 550, po 10 min. mieszania, wykazywało rozmiękczenie 38 j.B. Przedłużenie mieszania o 2 min (czyli łącznie do 12 min) powodowało wzrost rozmiękczenia do 63 j.B., czyli nastąpił wzrost, aż o 65,8%. Dodatek mąki z nasion miłki powodował dalszy wzrost rozmiękczenia i to zarówno po 10 jak i po 12 minutach mieszania ciasta. Jedynie przy dodatku 5% mąki z nasion miłki i po 10 min. mieszania, nastąpił tylko nieznaczny (bo tylko o 2. j.B., co stanowi 5,3%) spadek rozmiękczenia ciasta. Po dalszych 2 min. mieszania nastąpił już wzrost rozmiękczenia i to, aż o 75,0%. W tym wypadku przedłużenie obróbki mechanicznej tylko o 2 min powodowało wyraźne pogorszenie cech fizycznych ciasta.

Rozmiękczenie ciasta spowodowane jest osłabieniem jego struktury, a przede wszystkim jego siatki glutenowej i zmniejszenie oporu stawianego mieszałom farinografu [8]. Brak białek glutenowych w mące z nasion miłki abisyńskiej sprzyjał wzrostowi rozmiękczenia ciasta.

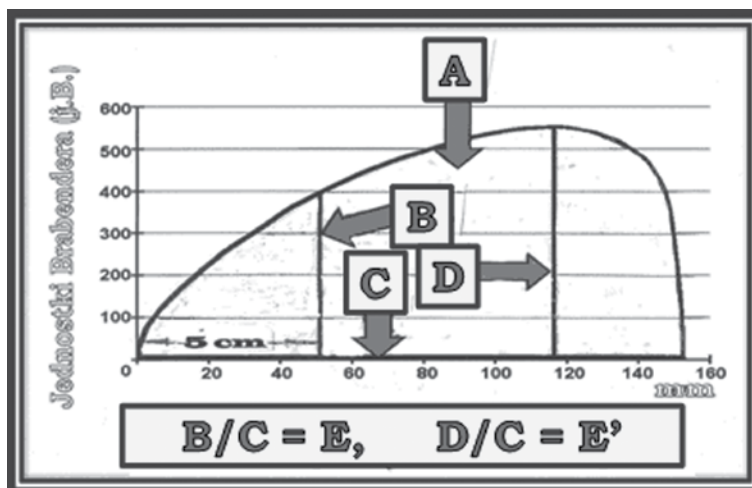
Zmiany w ilości i strukturze glutenu powodują nie tylko wzrost rozmiękczenia ciasta, ale mają również bezpośredni wpływ na jego elastyczność co obrazowane jest szerokością wykresu (farinogramu). Elastyczność wszystkich uzyskanych ciast (próby kontrolnej i prób z dodatkami mąki z nasion miłki) była w miarę wyrównana, a jednocześnie niska, mieszcząca się w granicach 94 – 113 j.B. (patrz: rys. 3. i tabela 2.). Najwyższą elastycznością ciasta (113 jB) charakteryzowała się jednak próba kontrolna, a najniższą (94 j.B.) próba z dodatkiem 10% mąki z nasion miłki abisyńskiej. Pozostałe próby z dodatkami mąki z nasion miłki (5, 15 i 20%) wykazywały jednakową elastyczność ciasta, wynoszącą 100 j.B. Chociaż uzyskane wyniki nie były regularne, niemniej można stwierdzić, że wszystkie poziomy dodatki mąki z nasion miłki wpływały niekorzystnie na wytwarzane ciasto powodując obniżenie jego elastyczności od 11,5 do 16,8%, w stosunku do próby kontrolnej.

Oddzielnego omówienia wymaga farinogram ciasta uzyskanego w 100% z mąki z nasion miłki abisyńskiej (rys. 3F i tabela 2.). Wykres ten uzyskano dodając do mąki z nasion miłki abisyńskiej 75% wody. Ilość dodanej wody była zdecydowanie za wysoka i po skorygowaniu (wskazania komputera) optymalny dodatek wody powinien wynosić 66,8%. Dodając z kolei taką ilość wody nie udało się jednak odpowiednio wymieszać ciasta, które w ogóle nie zlepiło się i nie tworzyło charakterystycznej struktury.

Podsumowując przeprowadzone badania farinograficzne należy stwierdzić, że użyta mąka pszenna Luksusowa typ 550 może być uznana za mąkę mocną. Podstawą do takiego wniosku jest klasyfikacja jaką zaproponowali Rohlich i Brueckner, na których badania powołuje się Słowik [16]. Uważają oni, że mąki mocne powinny wykazywać: wodochłonność powyżej 59%, czas rozwoju i stałości powyżej, odpowiednio 3 i 4 min oraz rozmiękczenie poniżej 40 j.B.. W naszych badaniach, ciasto uzyskane z mąki pszennej typ 550, a także ciasto z najniższym (5%) dodatkiem mąki z nasion miłki, takie kryteria spełniały. Natomiast ciasta z wyższymi dodatkami (10, 15 i 20%) mąki z nasion miłki abisyńskiej spełniały wymagania odnośnie: wodochłonności mąki, czasu rozwoju i stałości ciasta, natomiast nie spełniały wymogów odnośnie jego rozmiękczenia, które było zdecydowanie za wysokie.

4. Wpływ mąki z nasion miłki abisyńskiej na badania ekstensograficzne ciasta pszennego

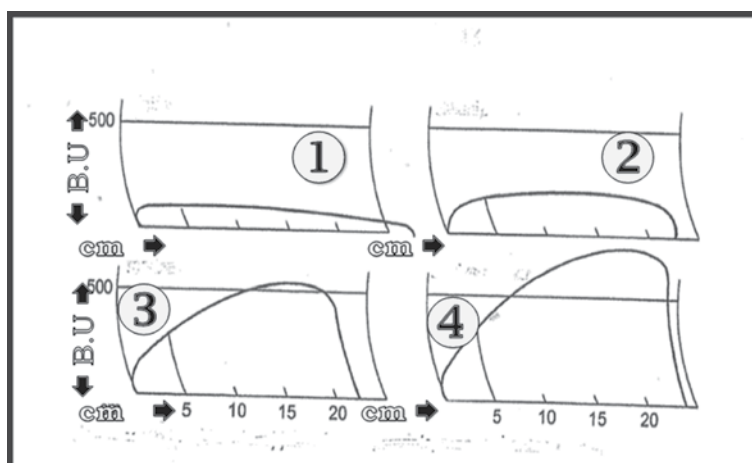
Wielu autorów uważa [6, 8, 17], że badania farinograficzne powinny być uzupełnione badaniami ekstensograficznymi. Korzystając z doświadczeń wielu autorów [6, 8, 11, 17], na rys. 4. przedstawiono wykres ekstensograficzny (ekstensogram), z zaznaczeniem najważniejszych cech ciasta jakie mogą być z niego odczytane. Natomiast na rys. 5 przedstawiono, za Gąsiorowskim [6], cztery wykresy ekstensograficzne charakterystyczne dla mąk pszennych o różnej wartości wypiekowej.



Rys. 4. Przykład typowego wykresu ekstensograficznego. A – energia podnoszenia ciasta (pole pod krzywą wyrażone w cm²), B – opór ciasta na rozciąganie (wyrażony w umownych jednostkach Brabendera – j.B.), C – rozciągliwość ciasta (długość podstawy wykresu wyrażona w mm), D – maksymalna wysokość krzywej (j.B.), E – stosunek oporu ciasta na rozciąganie do jego rozciągliwości (B/C), E' - stosunek oporu ciasta na rozciąganie do jego rozciągliwości w punkcie maksymalnej wysokości (D/C) [6, 8, 11, 17].

Fig. 4. Example of a typical extensograms. A – energy lifting the dough (area under the curve expressed in cm²), B – dough resistance to stretching (expressed in Brabender's contracted units - j.B.), C – stretch of dough (length of the chart base in mm), D – the maximum height of the curve (J.B.), E – the ratio of dough resistance to stretching extensibility (B / C), E' – the ratio of dough resistance to stretching to its stretch in the maximum height point (D / C) [6, 8, 11, 17].

Źródło: Badania własne
Source: The own study



Rys. 5. Ekstensogramy mąki/ciasta pszennego o różnej wartości wypiekowej. 1 – mąka słaba, 2 – mąka średnia, 3 – mąka mocna, 4 – mąka bardzo mocna [6].

Fig. 5. Extensograms of wheat flour / dough with different baking value. 1 – low flour, 2 – medium flour, 3 – strong flour, 4 – very strong flour [6].

Źródło: Badania własne
Source: The own study

Badania uzyskane przy użyciu ekstensografu odzwierciedlają właściwości lepko – sprężyste badanego ciasta, a tym samym pozwalają przewidywać jego zachowanie się w procesie technologicznym. Wykres wysoki (nawet do 800 – 900 j.B.), a jednocześnie o stosunkowo krótkiej podstawie (rys. 5.4) jest charakterystyczny dla ciasta mocnego, uzyskanego z mąki mocnej, stawiającego duży opór podczas jego rozciągania. Taką siłą rozciągającą w procesie technologicznym jest CO₂ powstający podczas fermentacji ciasta. Z ciasta o takich parametrach uzyskuje się zwykle pieczywo słabo wyrośnięte o kulistym kształcie oraz o zbitym i twardym miększu [18]. Z kolei wykres płaski, o małej wysokości (ok. 200 j.B.) i stosunkowo długiej podstawie, jest typowy dla ciasta o dużej rozciągliwości, a jednocześnie o małej sprężystości. Taki kształt krzywej wskazuje, że uzyskane pieczywo będzie płaskie, „rozlane”, o niskiej objętości, a jego miększ będzie charakteryzował się dużymi i nierówno-miernymi porami [6, 8, 17, 18].

Według Słowik [18] mąka/ciasto, przeznaczone do produkcji chleba powinno mieć stosunkowo wysoką energię (wyrażoną jako pole powierzchni po krzywą) wynoszącą od 90 do 120 cm². Natomiast kształt krzywej powinien być pośredni między wykresem wysokim o krótkiej podstawie, a wykresem niskim o długiej podstawie. Stosunek oporu ciasta na rozciąganie do jego rozciągliwości (rys. 4., stosunek B/C) powinien mieścić się w granicach 2,8 – 3,8).

Wykresem niskim (rys. 5.1), o stosunkowo długiej podstawie, powinny charakteryzować się mąki/ciasta przeznaczone do produkcji ciastkarskiej (np. mąki do produkcji biszkoptów czy herbatników). Energia takiego ciasta, mierzona po 45 min

fermentacji, powinna być niska, ale jednocześnie wyższa od 25 cm², a opór na rozciąganie powinien być w granicach 90 – 170 j.B. przy rozciągliwości nie mniejszej niż 140 mm [17].

Opierając się na opiniach wielu autorów [6, 8, 17] i analizując wyniki uzyskane w naszych badaniach (tabela 3. i rys. 6.) należy, stwierdzić, że użyta do badań mąka pszenna Luksusowa typ 550 wykazywała cechy ekstensograficzne zbliżone do wartości optymalnych dla mąki/ciasta przeznaczonych do wypieku chleba. Natomiast dodatek mąki z nasion miłki abisyńskiej różnie wpływał na badane cechy ekstensograficzne ciasta pszenne, a stwierdzane zmiany często były nieregularne. Zmiany te były szczególnie wyraźne przy dodatku 5 i 10% mąki z nasion miłki. Porównując uzyskane ekstensogramy można byłoby nawet stwierdzić, że dodatek do ciasta pszenne 15% mąki z nasion miłki był korzystniejszy, pod względem cech ekstensograficznych niż dodatki niższe (5 i 10%), dorównując, pod tym względem, próbie kontrolnej.

Energia podnoszenia ciasta, czyli powierzchnia pola pod uzyskaną krzywą, po pierwszych 30 min wzrastała (przy dodatkach 5 i 10% wzrost jednakowy po 19,3% w stosunku do próby kontrolnej). Stwierdzone zmiany świadczyły o tym, że po dodatkach mąki z nasion miłki ciasto stawało się twardsze i mniej rozciągliwe. Po kolejnych 30 min fermentacji zmiany nie były już tak duże (wzrost o 8,6%) i odnosiły się tylko do próby z dodatkiem 5% mąki z nasion miłki. Przy wyższym dodatku (10%) nastąpił spadek energii podnoszenia ciasta o 14,3% w stosunku do próby kontrolnej. Po 90. min fermentacji, zarówno w próbie z dodatkiem 5. jak i 10% mąki z nasion miłki nastąpił wzrost energii podnoszenia ciasta, odpowiednio o 14,6 i 29,0%.

Tabela 3. Wpływ dodatku mąki z miłki abisyńskiej na cechy ekstensograficzne ciasta uzyskanego z mąki pszennej Luksusowa typ 550

Table 3. The influence of the addition of flour from the Teff on the extensograms features of the dough obtained from wheat flour Luksusowa type 550

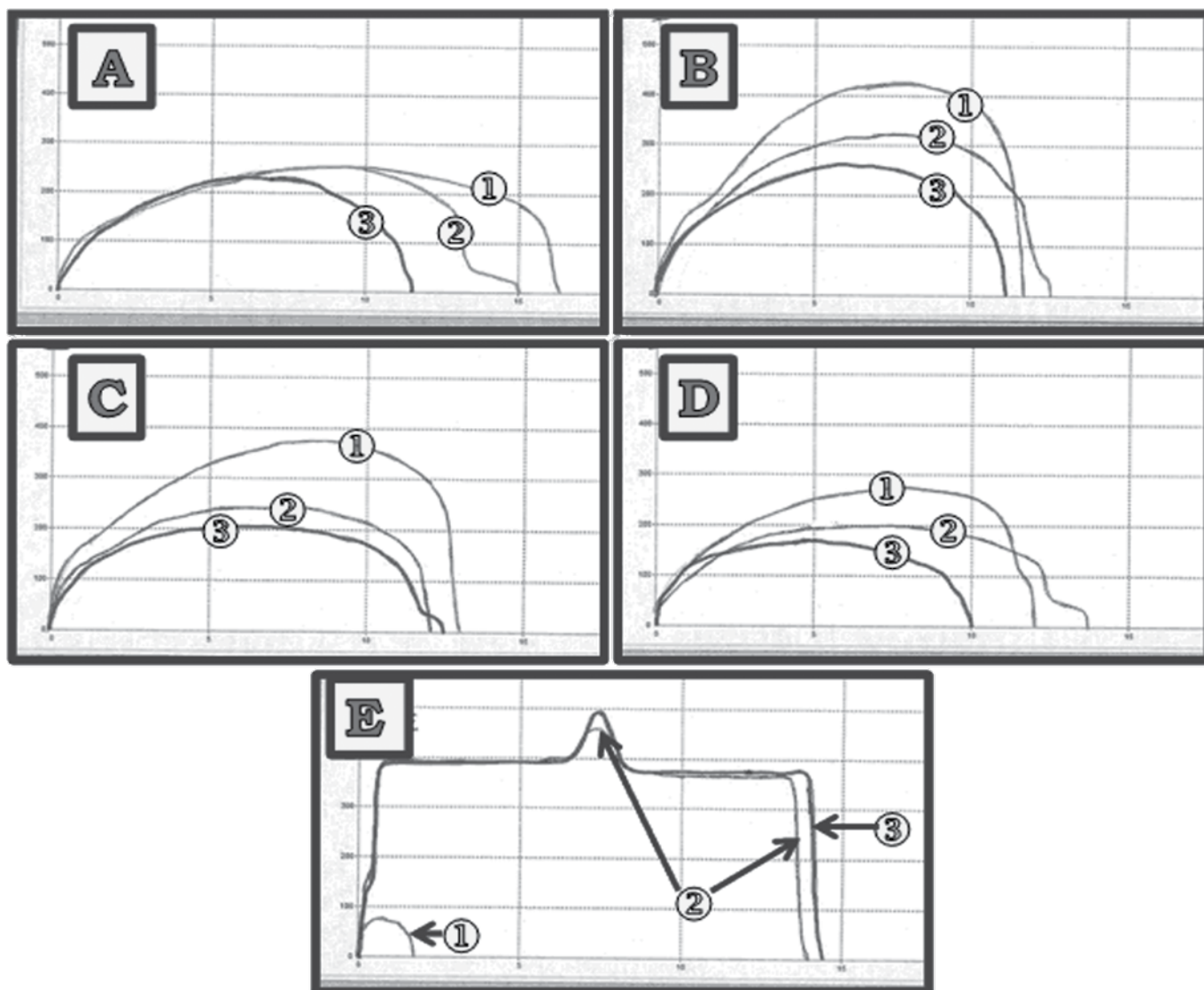
Lp.	Badana próba	Czas fermentacji ciasta [min]	A energia podnoszenia ciasta [cm ²]	B opór ciasta na rozciąganie [j.B. *]	C rozciągliwość ciasta [mm]	D maks. wysokość krzywej [j.B. *]	E stosunek B/C [---]	E' stosunek D/C [---]
1.	Kontrolna I (mąka pszenna typ 550 – 100%)	30	57	214	163	252	1,3	1,6
		60	49	222	151	254	1,5	1,7
		90	35	221	116	229	1,9	2,0
2.	Próba z dod. 5% mąki z miłki abisyńskiej	30	68	389	117	428	3,3	3,7
		60	54	301	126	321	2,4	2,6
		90	40	256	112	262	2,3	2,4
3.	Próba z dod. 10% mąki z miłki abisyńskiej	30	68	331	130	376	2,5	2,9
		60	42	236	121	244	2,0	2,0
		90	36	205	123	208	1,6	1,7
4.	Próba z dod. 15% mąki z miłki abisyńskiej	30	46	250	121	273	2,1	2,3
		60	37	192	137	199	1,4	1,5
		90	24	168	101	168	1,7	1,7
5.	Kontrolna II (mąka z miłki abisyńskiej – 100%)	30	2	29	18	76	1,6	4,2
		60	92	394	139	459	2,8	3,3
		90	96	392	144	497	2,7	3,4

*) j.B. – umowne jednostki Brabendera.

*) j.B. – contractual Brabender units.

Źródło: Badania własne

Source: The own study



Rys. 6. Ekstensogramy ciasta pszennego z mąki Luksusowa typ 550 z różnymi dodatkami mąki z nasion mlki abisyńskiej. A – próba kontrolna I mąka pszenna Luksusowa typ 550 bez dodatków. B – dodatek 5% mąki z nasion mlki abisyńskiej, C – dodatek 10% mąki z nasion mlki abisyńskiej, D – dodatek 15% mąki z nasion mlki abisyńskiej, E – próba kontrolna II: 100% mąki z nasion mlki abisyńskiej.

Fig. 6. Ekstensograms of wheat flour dough Luxurious type 550 with various additions flour from seeds of the Teff. A – control sample and wheat flour Luksusowa type 550 without additionals. B – the addition of 5% of flour from the seeds of the Teff, C – the addition of 10% flour from seed of the Teff, D – addition of 15% flour from the seeds of the Teff, E – test control II: 100% flour from the seeds of the Teff.

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Przy dodatku 15% mąki z nasion mlki, we wszystkich wykonanych pomiarach, czyli po 30, 60 i 90 min fermentacji ciasta, stwierdzono spadek energii podnoszenia ciasta, odpowiednio o: 9,3; 24,5 i 31,4% w stosunku do próby kontrolnej.

Na podstawie uzyskanych wyników pewnym jest, że we wszystkich wykonanych próbach w miarę wydłużania czasu fermentacji ciasta, jego energia podnoszenia ulegała obniżeniu, co jest zmianą korzystną. Natomiast trudno wytłumaczyć dlaczego przy najwyższym (15%) stosowanym dodatku mąki z nasion mlki, wszystkie uzyskane wyniki były zdecydowanie lepsze niż te uzyskane przy próbach z niższymi dodatkami. Wydaje się, że jedynym i logicznym wytłumaczeniem może być przypisanie stwierdzonych zmian interakcjom jakie zachodziły między składnikami użytej mąki pszennej i mąki

z nasion mlki abisyńskiej. Może to być też związane z układem enzymatycznym (amylolityczno) – skrobiowym jaki zaistniał w badanym cieście.

Podobnie jak w wypadku badań farinograficznych tak i przy badaniach ekstensograficznych nietypowy wykres uzyskano dla ciasta wykonanego wyłącznie z mąki z nasion mlki abisyńskiej (rys. 6E, tabela 3.). Uzyskane ciasto było zбите, twarde i trudno rozciągliwe. Po pierwszych 30-minutach fermentacji uzyskano wykres niski i o krótkiej podstawie, którego powierzchnia pod krzywą wynosiła jedynie 2 cm². Po takim samym czasie fermentacji, powierzchnia pod krzywą ciasta kontrolnego była przeszło 27 razy większa. Podobnie niskie były wszystkie pozostałe parametry ciasta odczytane z uzyskanego wykresu.

Tabela 4. Wpływ dodatku mąki z nasion miłki abisyńskiej na proces fermentacji ciasta z mąki pszennej Luksusowa typ 550

Table 4. The effect of the addition of flour from the seeds of the Teff to the fermentation process wheat flour dough Luxurious type 550

Lp.	Badana próba	Czas do tzw. optymalnego czasu fermentacji	Ogólna objętość CO ₂ wydzielonego w optymalnym punkcie fermentacji	Objętość CO ₂ zatrzyman. W cieście w pkt. optymalnej fermentacji	Stosunek: CO ₂ zatrzymanego w cieście do ogólnej ilości wydzielonego CO ₂	Objętość CO ₂ wydzielonego poza ciasto w pkt. optym. Ferm.	Stosunek: CO ₂ wydzielon. poza ciasto do ogólnej ilości wydz. CO ₂
		[min]	[cm ³]	[cm ³]	[%]	[cm ³]	[%]
1.	Próba kontr. I mąka pszenna typ 550 – 100%	68	320	293	91,6	27	8,4
2.	Próba z dod. 5% mąki z nasion miłki	68	270	259	95,9	11	4,1
		0%	- 15,6%	- 11,6%	+ 4,7%	- 59,3%	- 51,2%
3.	Próba z dod. 10% mąki z nasion miłki	60	295	255	84,4	40	13,6
		- 11,8%	- 7,8%	- 13,0%	- 7,9%	+ 48,1%	+ 61,9%
4.	Próba z dod. 15% mąki z nasion miłki	52	255	232	91,0	23	9,0
		- 23,5%	- 20,3%	- 20,8%	- 0,7%	- 14,8%	+ 17,1%
5.	Próba z dod. 20% mąki z nasion miłki	40	198	176	88,9	22	11,1
		- 41,2%	- 38,1%	- 39,9%	- 2,9%	- 18,5%	+ 32,1%
6.	Próba kontr. II 100% mąki z nasion miłki	26	100	98	98,0	2	2,0
		- 61,8%	- 68,8%	- 66,6%	+ 7,0%	- 92,6%	- 76,2%

Uwaga! Tekstem pogrubionym podano zmiany w stosunku do próby kontrolnej przyjętej za 100%.

Attention! The changes in relation to the control were given in red adopted for 100%.

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Po dwóch kolejnych 30-minutowych okresach fermentacji, wykresy uległy diametralnej zmianie. W początkowym okresie badania, ciasto stawiało tak duży opór, że wykresy, podnosiły się prawie pionowo do góry, aż do wartości ok. 400 j.B. Dalej, przez ok. 70 mm krzywe były równoległe do podstawy, uzyskiwały niewielki wzrost wysokości (pik), ponownie obniżały się do poprzedniego poziomu (ok. 400 j.B.) i po ok. 140 mm opadały prawie prostopadłe do podstawy. W wyniku uzyskano nietypowe wykresy ekstensograficzne, z których poszczególne wartości zostały ustalone komputerowo (patrz tabela 3). W odróżnieniu od typowych ekstensogramów ciasta pszennego, w miarę upływu czasu fermentacji, wykresy ciasta z mąki uzyskanej z nasion miłki abisyńskiej wymagały coraz większej pracy (energii podnoszenia) na ich rozciągnięcie i zerwanie, czyli stawały się twardsze. Natomiast ciasta pszenne pod wpływem fermentacji stawały się pulchniejsze, a do ich rozciągnięcia i zerwania potrzebna była mniejsza siła, mniejszy nakład pracy (patrz rys. 6 A – D).

5. Wpływ mąki z nasion miłki abisyńskiej na badania fermentograficzne ciasta pszennego

Do przeprowadzenia badań wykorzystano laserowy fermentograf Sadkiewicza [13, 21]. W odróżnieniu od wielu innych aparatów (do takich badań służących), ten pozwala określić nie tylko ogólną ilość wydzielonego CO₂ podczas fermentacji ciasta, ale także określić ilość gazów jaka została zatrzymana w cieście i jego ilość wydzieloną poza nie. Pomiar prowadzony jest przez kilka godzin z jednoczesnym, automatycznym rejestrowaniem danych (w postaci wykresów). Uzyskane wyniki pozwalają na dokładną ocenę zdolności fermentacyjnych badanej mąki/ciasta. Wyznaczany jest także

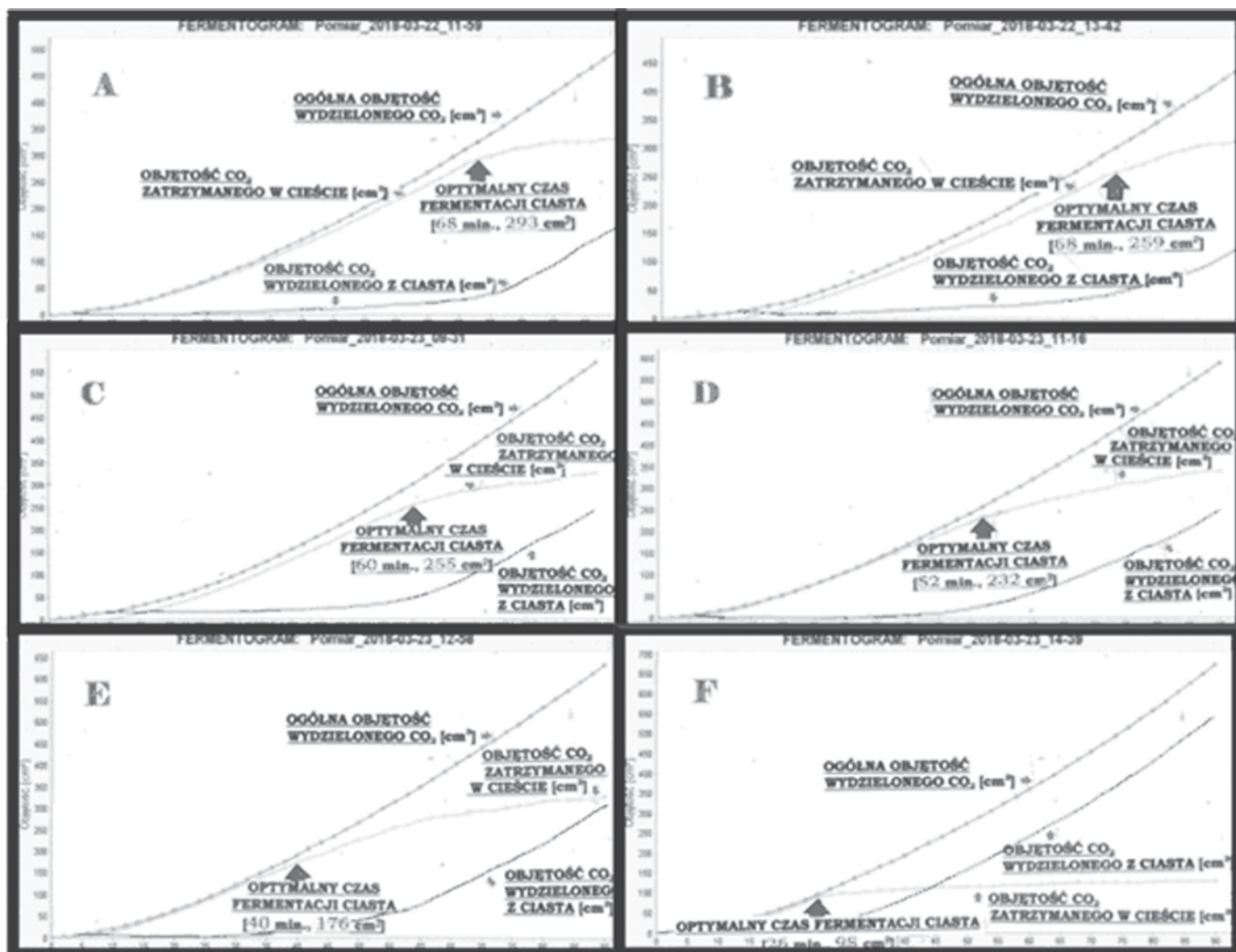
tzw. punkt krytyczny fermentacji, który pozwala na regulowanie tego procesu w warunkach produkcyjnych w piekarni. Ilość wydzielonego CO₂ podczas fermentacji ciasta świadczy o intensywności i podatności mąki na fermentację alkoholową [21], a dodatkowo jeszcze o aktywności (sile pędnej) użytych drożdży.

Wyniki przebiegu fermentacji ciasta i wydzielonego w procesie CO₂ uzyskane w naszych badaniach zebrano w tabeli 4, a uzyskane wykresy przedstawiono na rys. 7.

Każdy, stosowany w badaniach, dodatek mąki z nasion miłki abisyńskiej powodował zmiany w szybkości fermentacji ciasta i ilości wytworzonego dwutlenku węgla. Stwierdzone ilości wydzielonego CO₂ były mniejsze niż w próbie kontrolnej (bez dodatków) od 9,1 (przy dodatku 10%) do 39,1% (przy dodatku 20% mąki z nasion miłki). Stosunkowo najmniejsze zmiany obserwowano przy najniższym (5%) dodatku mąki z nasion miłki. W próbie tej w cieście zostało zatrzymane aż 95,9% (a w próbie kontrolnej tylko 91,6%) wytworzonego CO₂, ale jednocześnie ogólna ilość wytworzonego gazu była o 15,7% niższa, przy jednakowym czasie fermentacji do tzw. punktu optymalnego w obu próbach.

Najistotniejsze zmiany jakie stwierdzono w procesie badania zdolności fermentacyjnej ciasta pszennego pod wpływem dodatku mąki z nasion miłki abisyńskiej, to:

- ◆ spadek ogólnej ilości wydzielonego dwutlenku węgla mierzony w tzw. punkcie krytycznym, czyli w momencie kiedy w ogóle zaczyna spadać szybkość fermentacji ciasta oraz
- ◆ zmniejszenie zdolności do zatrzymywania wytworzonego gazu przez ciasto.



Rys. 7. Krzywe fermentacyjne ciasta uzyskanego z mąki pszennej Luksusowa typ 550 z różnym udziałem mąki z nasion miłki abisyńskiej. A – próba kontrolna, 100% mąki pszennej typ 550, B – próba z dodatkiem 5% mąki z nasion miłki abisyńskiej, C – próba z dodatkiem 10% mąki z nasion miłki abisyńskiej, D – próba z dodatkiem 15% mąki z nasion miłki abisyńskiej, E – próba z dodatkiem 20% mąki z nasion miłki abisyńskiej, F – próba 100% mąki z nasion miłki abisyńskiej.

Fig. 7. The curves of dough fermentation obtained from wheat flour Luksusowa type 550 with a different share of flour from the seeds of the Teff. A – control test, 100% flour wheat flour type 550, B – sample with the addition of 5% flour from the seeds of the Teff, C – a test with the addition of 10% flour from the seeds of the Teff, D – a test with the addition 15% flour from the seeds of the Teff, E – a test with the addition of 20% flour from the seeds of Teff, F – 100% flour from the Teff seeds.

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Obie stwierdzone cechy są niekorzystne dla przebiegu procesu fermentacji ciasta, a tym samym dla jakości uzyskanego pieczywa, a szczególnie jego cech fizycznych, takich jak objętość i porowatość miększu.

Obie wymienione cechy stwierdzono we wszystkich próbach z dodatkiem mąki z nasion miłki abisyńskiej. Obserwowane zmiany były w miarę regularne i uzależnione od ilości dodanej do ciasta mąki z nasion miłki (patrz: tabela 4, zmiany w stosunku do próby kontrolnej przyjętej za 100%, zaznaczone na czerwono). Analizując uzyskane wyniki wydaje się, że powodem wyżej wymienionych zmian były układy enzymatyczne (amylolityczne) – skrobiowe jakie zaistniały w wytworzonych ciastach. W pewnym sensie przypuszczenia te potwierdzają wyniki naszych badań dotyczących liczby

opadania (patrz wyżej: pkt. 2). Stwierdzono wówczas, że w miarę zwiększania udziału mąki z nasion miłki abisyńskiej w cieście następował wzrost liczby opadania od 7,8 do 10,6% w stosunku do próby kontrolnej.

Od ilości i aktywności amylaz zależy bezpośrednio ilość cukrów w cieście, a od tego z kolei, ilość wytworzonego CO₂. Pośrednio ma to także wpływ na porowatość miększu uzyskanego chleba, jego pulchność, a nawet świeżość, czy ogólnie mówiąc okres przydatności do spożycia [26, 27]. Zbyt wysoka wartość LO (liczby opadania), a w naszych badaniach wynosiła ona od 405 do 470 sek., mogła mieć niekorzystny wpływ nie tylko na ilość i szybkość wydzielania CO₂, ale także na cechy fizyczne uzyskanego pieczywa.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Na podstawie uzyskanych wyników badań można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Badania aktywności enzymatycznej wykazały, że obie użyte w badaniach mąki (pszenna Luksusowa typ 550 stosowana do otrzymania ciasta kontrolnego i uzyskana z nasion miłki abisyńskiej), wykazywały stosunkowo niską aktywność. Tym samym dodatek nawet 15 czy 20% mąki z nasion miłki nie powodował istotnych zmian aktywności amylaz w cieście pszennym z jej udziałem. Nie można jednak wykluczyć, że gdyby użyto do wyprowadzenia ciasta kontrolnego inną mąkę pszenną o wyższej aktywności amyloglicyzy, to skutek dodatku mąki z nasion miłki abisyńskiej byłby zupełnie inny, bardziej korzystny.
2. Wyniki badań amylograficznych zostały na ogół potwierdzone przez przeprowadzone badania liczby opadania (LO). W przyjętym i zrealizowanym układzie doświadczenia, każdy dodatek mąki z nasion miłki abisyńskiej (poza najniższym 5 procentowym) powodował dalsze obniżenie aktywności enzymatycznej mąki/ciasta pszenne, co z punktu widzenia technologii wypieku chleba, było zmianą niekorzystną.
3. Przeprowadzone badania farinograficzne można ocenić zarówno korzystnie jak i niekorzystnie. Przy ocenie należy jednak bezwzględnie brać pod uwagę wartość wypiekową mąki pszennej, użytej do wyprowadzenia ciasta kontrolnego. Od jej wartości wypiekowej będą bowiem bezpośrednio uzależnione wyniki przeprowadzonych badań.
 - ◆ Stosując jako mąkę wyjściową (kontrolną) mąkę pszenną Luksusową typ 550 stwierdzono, że za korzystne, pod wpływem dodatku mąki z nasion miłki abisyńskiej można uznać wzrost wodochłonności mąki, a tym samym bezpośrednio wzrost wydajności ciasta i pośrednio wydajności pieczywa. Przy niższych dodatkach (5 i 10%) mąki z nasion miłki były to zmiany stosunkowo niewielkie, natomiast przy wyższych dodatkach (15 i 20%) już większe, a tym samym istotniejsze.
 - ◆ Trudno jednoznacznie ocenić wpływ mąki z nasion miłki abisyńskiej na cechy farinograficzne ciasta pszenne. Ocena zależy od wartości wypiekowej użytej mąki pszennej. Jeżeli użyta była mąką mocną (tak jak w przypadku naszych badań) to zmiany wywołane dodatkami mąki z nasion miłki abisyńskiej, nie miały większego i jednocześnie niekorzystnego wpływu na badane cechy ciasta. Gdyby jednak użyta była mąką słabszą, to wówczas zmiany te mogłyby być większe i zdecydowanie niekorzystne.
 - ◆ Zdecydowanie niekorzystnie należy ocenić zmiany elastyczności ciasta i jego rozmiękczenia. Obie cechy ulegały wyraźnemu obniżeniu w miarę wzrostu dodatku do ciasta pszenne mąki z nasion miłki abisyńskiej. Zmiany tych dwóch cech to efekt pogorszenia struktury ciasta, a przede wszystkim struktury glutenu w nim zawartego. Brak glutenu w mące z nasion miłki abisyńskiej temu jeszcze sprzyjał. Zarówno obniżenie elastyczności ciasta jak i wzrost jego rozmiękczenia musi wpłynąć niekorzystnie na uzyskane pieczywo, a przede wszystkim na jego objętość i porowatość miększu.

4. Badania ekstensograficzne odzwierciedlają właściwości lepko-sprężyste ciasta, a tym samym pozwalają przewidzieć jego zachowanie w procesie produkcji chleba.
 - ◆ Pod wpływem dodatku 5 lub 10% mąki z nasion miłki abisyńskiej wzrastała energia podnoszenia ciasta. Tym samym, do jego spulchnienia potrzebna była większa siła, czyli do uzyskania takiego samego efektu jak w próbie kontrolnej musiało by powstać więcej CO₂ w cieście. Z kolei przy dodatku 15% mąki z nasion miłki energia podnoszenia ciasta uległa obniżeniu w stosunku do próby kontrolnej o 19,3% po 30 min, 24,5% po 60 min i 31,5% po 90 min fermentacji ciasta.
 - ◆ Zmiany energii podnoszenia ciasta miały bezpośredni wpływ na jego rozciąganie i stawiany przy tym opór. Wszystkie stosowane dodatki mąki z nasion miłki abisyńskiej powodowały wzrost oporu ciasta na rozciąganie i tym samym zmniejszenie jego rozciągliwości. Obie zmiany były niekorzystne i były następstwem obniżenia w cieście ogólnej zawartości glutenu, wywołane jego brakiem w mące z nasion miłki abisyńskiej.
5. Dodatek mąki z nasion miłki abisyńskiej powodował stosunkowo największe i najmniej korzystne zmiany w procesie fermentacji ciasta pszenne. Skróceniu ulegał, przede wszystkim, czas do optymalnego punktu fermentacji ciasta. W praktyce po tym czasie fermentacja ciasta powinna być zakończona. Można byłoby uznać, że skrócenie czasu do optymalnego punktu fermentacji to zmiana korzystna, gdyby równocześnie nie następowały inne wysoce niekorzystne zmiany cech ciasta. Stwierdzono, że równoległe następował nie tylko spadek ogólnej ilości wydzielonego CO₂, ale także spadek jego ilości zatrzymanej w cieście. Obie te zmiany należy uznać za wysoce niekorzystne, przede wszystkim z punktu widzenia objętości i struktury miększu chleba uzyskanego z takiego ciasta.
6. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że wzbogacanie pieczywa pszenne przez dodatek mąki z nasion miłki abisyńskiej jest celowe, a maksymalny jej dodatek nie powinien przekraczać 15% w stosunku do mąki pszennej. Z tym jednak, że wielkość dodatku powinna być uzależniona od wartości wypiekowej mąki pszennej.

LITERATURA

- [1] **ACHREMOWICZ B., A. CEGLIŃSKA, L. DARDZIŃSKI, T. HABER, A. OBIEDZIŃSKA, M. OBIEDZIŃSKI, E. SZABŁOWSKA, B. WASZKIEWICZ-ROBAK. 2018.** „Charakterystyka miłki abisyńskiej i możliwości jej wykorzystania w przetwórstwie zbóż”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 28/51(1): 65 – 75.
- [2] **ADEBOWALE A.-R. A., M. N. EMMAMBUX, M. BEUKES, J. R. N. TAYLOR. 2011.** „Fractionation and characterization of teff proteins”. *Journal of Cereal Science* 54: 380-386.
- [3] **AMBROZIAK Z. 1998.** *Produkcja piekarsko – ciastkarska. Cz. 1.* W-wa: WSzP: 203 – 205.
- [4] **BOGACZYŃSKI K. 2007.** „Teff – zboże afrykańskie, z którego wyrabia się indżerę”. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy* 55(5): 28 – 29.

- [5] **DZIKI D., M. SALATA. 2015.** „Ciasto pszenne – wytwarzanie i metody badań”. *Inżynieria Przetwórstwa Spożywczego* 2/4(14): 5 – 9.
- [6] **GAŚSIOROWSKI H. 2004.** *Pszenica chemia i technologia*. Poznań: PWRiL.
- [7] **HOZYSZ K.K., M. SŁOWIK. 2009.** „Teff – cenne zboże bezglutenowe”. *Przegląd Gastroenterologiczny* 4(5): 239 – 240.
- [8] **JAKUBCZYK T., T. HABER (RED.). 1983.** *Analiza zbóż i przetworów zbożowych*. W-wa: Skrypty SGGW-AR.
- [9] **NN.** Amylograf: Instrukcja obsługi. Micro Visco – Amylo - Graph®.
- [10] **NN.** Aparat Hagberga – Pertena: Instrukcja obsługi aparatu do oznaczania liczby opadania. Falling Number 1500.
- [11] **NN.** Ekstensograf: Instrukcja obsługi. Extensograph® – E.
- [12] **NN.** Farinograf: Instrukcja obsługi. Farinograph® – AT.
- [13] **NN.** Fermentograf: Laserowy fermentograf Sadkiewicza. Instrukcja użytkowania.
- [14] **SERNA-SALDIVAR S.O. 2010.** *Cereal grains: properties, processing, and nutritional attributes*. CRS Press, Boca Raton – London – New York: 82 – 105.
- [15] **SŁOWIK E. 2006.** „Ocen jakości mąki – przegląd najczęściej stosowanych metod badania mąki, cz. I”. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy* 54(11): 14, 16, 18.
- [16] **SŁOWIK E. 2007.** „Ocen jakości mąki – przegląd najczęściej stosowanych metod badania mąki, cz. II”. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy* 55(1): 8 – 9.
- [17] **SŁOWIK E. 2007.** „Ocen jakości mąki – przegląd najczęściej stosowanych metod badania mąki, cz. III”. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy* 55(2): 24 – 25.
- [18] **SŁOWIK E. 2007.** „Ocen jakości mąki – przegląd najczęściej stosowanych metod badania mąki, cz. IV”. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy* 55(5): 22 – 24.
- [19] **STĘPNIĘWSKA S. 2009.** „Cechy reologiczne ciasta pszennego”. *Przegląd Zbożowo – Młynarski* 53(5): 12 – 14.

ŹRÓDŁA INTERNETOWE

- [20] <http://zbpp.com.pl/?cid=150>
- [21] <http://zbpp.com.pl/?cid=150>.
- [22] <https://www.brabender.com/en/food/products/viscometers/analyse-enzyme-activity-amylograph-e/>
- [23] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Ynd%C5%BCera>
- [24] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Proso>
- [25] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Wiechlinowate>
- [26] <http://zbpp.com.pl/files/File/Instrukcje/instrukcje%202010/instrukcja%20obsługi%20liczba%20opadania.pdf>
- [27] www.izito.pl/Dobre_Wyniki