

Dr hab. inż. Alicja CEGLIŃSKA  
Dr inż. Grażyna CACAK-PIETRZAK  
Prof. dr hab. Tadeusz HABER  
Mgr inż. Małgorzata DEJA

Zakład Technologii Zbóż – Wydział Technologii Żywności, SGGW w Warszawie

## WYKORZYSTANIE CZUJNIKÓW BEZPRZEWODOWEGO POMIARU TEMPERATURY W OPTYMALIZACJI WYPIEKU PIECZYWA ŻYTNIEGO®

*W przedstawionej w artykule pracy podjęto próbę określenia optymalnej temperatury wypieku pieczywa żytniego z mąki jasnej oraz ciemnej – wykorzystując czujnik bezprzewodowego pomiaru temperatury, tzw. logger. Najlepszą jakość pieczywa żytniego z mąki jasnej i ciemnej otrzymano podczas wypieku w temperaturach komory wypiekowej wynoszących odpowiednio 156-187 i 145-183°C. Rejestracja temperatury za pomocą loggerów pozwala ocenić prawidłowość przebiegu procesu technologicznego oraz ustalić optymalne temperatury np. garowania ciasta, wypieku, schładzania pieczywa, co jest szczególnie ważne przy opracowywaniu technologii nowych asortymentów pieczywa.*

### WSTĘP

Głównymi etapami w produkcji pieczywa są: przygotowanie surowców, otrzymanie ciasta i jego fermentacja oraz wypiek. Wypiek jest bezwzględnie najważniejszym z ww. etapów. Polega na nagrzewaniu rozrośniętych kęsów ciasta, co prowadzi do przestoczenia ciasta w strawne dla człowieka pieczywo. Warunki wypieku należy uznać za właściwe, gdy zapewniają one możliwość osiągnięcia największej objętości pieczywa i utrwalenia jego drobno porowatej struktury miększu bez wystąpienia jakichkolwiek wad. Wzrost temperatury w cieście podczas wypieku powoduje, że zachodzą w nim jednocześnie procesy biochemiczne i koloidowe mające wpływ na jakość otrzymanego pieczywa. Temperatura odgrywa ważną rolę nie tylko w procesie wypieku, ale także w czasie mieszenia ciasta, a następnie rozrostu kęsów przed wypiekiem [1, 2]. W czasie mieszenia wydziela się ciepło hydratacji mąki, przy czym część energii mechanicznej zamienia się w energię cieplną pobieraną przez ciasto. Skutkiem tego jest zwiększenie temperatury ciasta. Temperatura mieszenia ciasta decyduje o jego sprężysto-plastycznych właściwościach. W niskiej temperaturze wydłuża się proces wytwarzania ciasta. Ma ono sztywną konsystencję i jest mniej podatne na obróbkę tak ręczną, jak i mechaniczną [1]. Temperatura, oprócz konsystencji poszczególnych faz ciasta, decyduje o jego ukwaszeniu przez stworzenie odpowiednich warunków do namnożenia bakterii i/lub drożdży w czasie fermentacji. Jest to szczególnie ważne w produkcji pieczywa żytniego. Rozrost kęsów ciasta odbywa się w przedziale temperaturowym 35-40°C, przy względnej wilgotności powietrza 75-85%. Im wyższa jest temperatura ciasta, tym czas jego rozrostu jest krótszy [1, 4].

Dokładna i relatywnie prosta kontrola prawidłowości przebiegu procesu technologicznego produkcji pieczywa jest możliwa dzięki zastosowaniu czujników bezprzewodowego pomiaru temperatury (tzw. loggerów). Są to urządzenia przeznaczone do pomiaru temperatury w szerokim zakresie (od -100 do +400°C), mogące pracować w różnych urządzeniach typu: zamrażarki, chłodziarki, komory wędzarnicze, piece piekarskie itp. Charakteryzują się one dużą dokładnością ( $\pm 0,05^\circ\text{C}$ ) i częstotliwością rejestrowania temperatury przez dłuższy czas, nawet kilkadziesiąt godzin [7].

Celem pracy była próba ustalenia optymalnej temperatury wypieku pieczywa żytniego z mąki jasnej oraz ciemnej przy użyciu czujnika bezprzewodowego pomiaru temperatury.

### METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono w warunkach produkcyjnych w jednej z piekarni warszawskich. Do wypieku pieczywa żytniego z mąki jasnej (chleb staropolski) oraz ciemnej (chleb razowy na miodzie) zastosowano surowce i technologie obowiązujące w piekarni, w której prowadzono badania. Temperaturę w trakcie procesu technologicznego rejestrowano za pomocą czujnika bezprzewodowego pomiaru temperatury (loggera) z dwoma końcówkami pomiarowymi. Jedna końcówka pomiarowa rejestrowała temperaturę w czasie rozrostu i wypieku wewnątrz kęsa ciasta/pieczywa. Druga końcówka, znajdująca się na zewnątrz kęsa ciasta/pieczywa, rejestrowała temperaturę garowni i następnie komory wypiekowej. Dla każdego rodzaju pieczywa wykonano po 3 serie pomiarów (każda w 3 powtórzeniach). Rejestracja temperatury była dokonywana w odstępach 5-cio minutowych. W celu określenia jakości uzyskanego pieczywa zmierzono także jego objętość oraz oznaczono wilgotność, kwasowość potencjalną i twardość miększu po 24 h od wypieku.

### OMÓWIENIE WYNIKÓW

Rozrośnięte kęsy ciasta o temperaturze 25-35°C umieszcza się w komorze wypiekowej, najczęściej o temperaturze 200-280°C [1, 5]. Przy zetknięciu się ciasta z atmosferą komory wypiekowej następuje wymiana ciepła prowadząca do wolnego nagrzewania ciasta, co wynika z jego słabego przewodnictwa ciepła. Prędkość pobierania ciepła przez ciasto zależy od kształtu i wielkości kęsa, zawartości wody oraz stopnia spulchnienia. Na stopień spulchnienia wpływają warunki w jakich następuje rozrost kęsów ciasta: temperatura i wilgotność garowni.

W tabeli 1 zestawiono wyniki uzyskane z trzech serii pomiarów temperatur panujących w garowni oraz w środku kęsa ciasta wytwarzanego z mąki żytniej jasnej oraz ciemnej. Czas rozrostu ciasta z mąki jasnej wynosił 40-45 min, a z mąki ciemnej 35-40 min. Z przedstawionych danych wynika, że podczas rozrostu ciasta z mąki jasnej temperatura garowni w serii I była nieznacznie niższa niż w serii II i III, różnice wynosiły odpowiednio 1,2 i 1,9°C. Nie wpłynęło to jednak na temperaturę w środku kęsa ciasta (serie I i III), zatem warunki temperaturowe rozrostu ciasta z mąki jasnej można uważać za powtarzalne w kolejnych cyklach produkcyjnych. Podczas rozrostu ciasta z mąki ciemnej, podobnie jak w przypadku rozrostu ciasta z mąki jasnej, różnice w temperaturze garowni w kolejnych seriach nie wpływały istotnie na wysokość

**Tabela 1.** Wyniki pomiaru temperatury garowni i środka kęsa ciasta w czasie jego rozrostu

Miejsce pomiaru temperatury	Temperatura w °C					
	Seria					
	I	II	III	I	II	III
	Ciasto z mąki jasnej			Ciasto z mąki ciemnej		
Garownia	32,6	34,5	34,2	34,8	34,5	36,3
Środek kęsa ciasta	31,4	30,2	31,4	30,2	30,7	30,3

**Tabela 2.** Wyniki pomiaru zakresu temperatur w komorze wypiekowej i w środku kęsa ciasta/pieczywa podczas wypieku

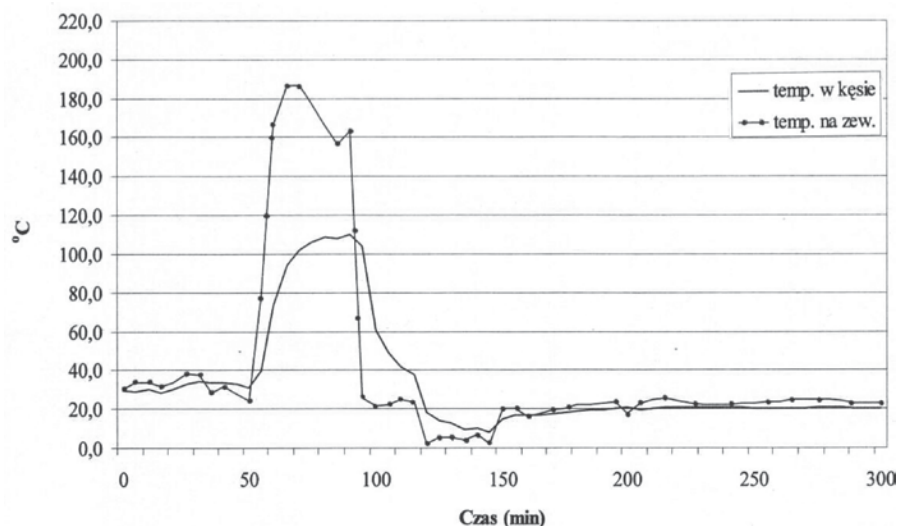
Miejsce pomiaru temperatury	Temperatura w °C					
	Seria					
	I	II	III	I	II	III
	Ciasto/pieczywo z mąki jasnej			Ciasto/pieczywo z mąki ciemnej		
Komora wypiekowa	156-187	159-194	165-208	144-200	145-183	115-189
Środek kęsa ciasta	37-110	36-98	42-106	34-98	33-95	32-92

temperatury w środku kęsa ciasta. W badaniach serii III temperatura garowni była nieznacznie wyższa (o 1,5 i 1,8°C) niż w seriach I i II, natomiast w środku kęsa ciasta wynosiła ok. 30°C. Warunki rozrostu ciasta z mąki ciemnej były podobne i nie powinny wpływać na zróżnicowanie jakości pieczywa.

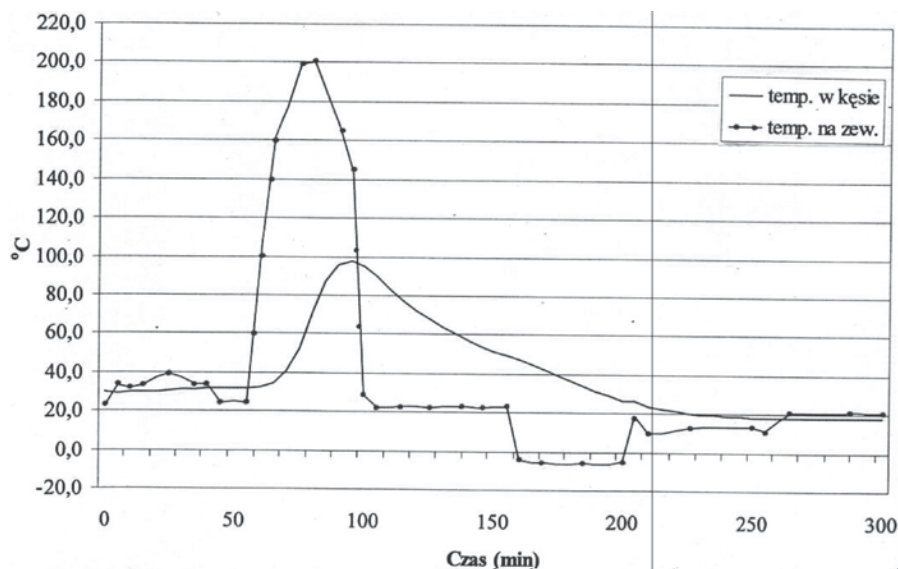
Dobrze przeprowadzony i we właściwym momencie zakończony wypiek może naprawić wiele błędów popełnionych przy sporządzeniu ciasta i w rezultacie otrzymane pieczywo będzie dobrej jakości. Jednak nieumiejętne jego przeprowadzenie może całkowicie zepsuć nawet najlepiej przygotowane ciasto. Wypiek pieczywa wymaga więc doświadczonego ustalenia temperatury i czasu trwania procesu [1, 5]. Czas wypieku w niniejszych badaniach był jednakowy dla obu rodzajów pieczywa i wynosił 40-45 min. W dwóch seriach badań (serie I i III), środek kęsa ciasta/pieczywa z mąki jasnej osiągnął w czasie wypieku temperaturę przekraczającą 100°C (tab. 2, rys. 1). Mogło to wynikać z różnej wartości wypiekowej mąki branej do produkcji ciasta i jego konsystencji w kolejnych seriach. Z danych literaturowych [1, 4] wynika, że temperatura w środku kęsa ciasta/pieczywa nie przekracza 100°C podczas wypieku. Pieczywo żytnie otrzymane z wypieku w niższych temperaturach ma jednak bardziej miękką skórkę, co stanowi ułatwienie przy jego krojeniu i następnie pakowaniu [3].

Podczas wypieku, maksymalna temperatura środka kęsa ciasta/pieczywa z mąki ciemnej w żadnej z trzech wykonanych serii badań nie przekroczyła 100°C, jak to miało miejsce w cieście/pieczywie z mąki jasnej (rys. 2).

Wyniki wybranych cech określających jakość pieczywa przedstawiono w tabeli 3. Wilgotność pieczywa z mąki jasnej oraz ciemnej była zgodna z wymaganiami PN [6] i wynosiła odpowiednio ok. 49 i 48%. Kwasowość miększu powinna być nie większa niż 8°K dla pieczywa jasnego i 11°K dla pieczywa ciemnego. W każdej serii badań pieczywo wykazywało kwasowość zgodną z PN [6]. W obu rodzajach pieczywa kwasowość różniła się w kolejnych seriach badań. Maksymalne różnice kwasowości między seriami wynosiły 0,8 i 2,0°K odpowiednio dla pieczywa z mąki jasnej i ciemnej. Przy ocenie jakości pieczywa ważną cechą fizyczną, na którą konsumenci zwracają dużą uwagę, jest objętość. Im większą objętość, przy tej samej masie, uzyska pieczywo tym wyżej oceniana jest jego jakość. Największą objętość wykazywało pieczywo z mąki jasnej badane w serii I, które wyróżniało się także najmniejszą twardością i kwasowością miększu. We wszystkich seriach



**Rys. 1.** Przykładowy przebieg temperatur w procesie technologicznym produkcji pieczywa żytniego z mąki jasnej.



**Rys. 2.** Przykładowy przebieg temperatur w procesie technologicznym produkcji pieczywa żytniego z mąki ciemnej.

Tabela 3. Wybrane cechy określające jakość pieczywa

Seria badań	Pieczywo z mąki jasnej				Pieczywo z mąki ciemnej			
	Wilgotność %	Kwasowość °K	Objętość cm <sup>3</sup>	Twardość N	Wilgotność %	Kwasowość °K	Objętość cm <sup>3</sup>	Twardość N
I	48,5	4,6	294	9,1	46,0	8,9	209	29,6
II	49,0	5,2	284	9,8	47,5	8,0	216	22,8
III	49,0	5,4	208	9,5	49,1	10,9	197	19,4
Średnia	48,8	5,1	286	9,5	47,5	9,3	207	23,9

°K – stopnie kwasowości potencjalnej

dla pieczywa z mąki jasnej uzyskano objętość wynoszącą ponad 200 cm<sup>3</sup> w przeliczeniu na 100 g pieczywa, co jest zgodne z wymaganiami PN [6]. Największa różnica w objętości pieczywa z mąki jasnej wynosiła 5% (seria I i III). Pieczywo z mąki ciemnej charakteryzowało się mniejszą objętością, a także większą twardością miękiszu niż z mąki jasnej. Jego objętość również była zgodna z wymaganiami PN [6], która dla tego rodzaju pieczywa przewiduje objętość nie mniejszą niż 140 cm<sup>3</sup> w przeliczeniu na 100 g pieczywa. W przypadku tego rodzaju pieczywa, największa różnica w jego objętości sięgała 10% (seria II i III). Stąd wynika, że parametry procesu wypieku, w szczególności temperatura, mogą wywierać znaczący wpływ na objętość pieczywa.

## WNIOSKI

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że:

1. Najlepsze cechy jakościowe pieczywa żytniego z mąki jasnej i ciemnej (największa objętość, najmniejsza kwasowość i twardość miękiszu) zostały osiągnięte podczas wypieku w przedziałach temperatur komory wypiekowej wynoszących odpowiednio 156-187 i 145-183°C.
2. Wykorzystywanie w procesie technologicznym wypieku chleba bezprzewodowych czujników temperatury (loggerów) pozwala na kontrolę jego przebiegu, a także na ustalenie optymalnych temperatur wypieku, co jest szczególnie ważne przy opracowywaniu technologii nowych asortymentów pieczywa.

## LITERATURA

- [1] Ambroziak Z.: Produkcja piekarsko-ciastkarska, Cz. 2. Warszawa, WSP, 1999.
- [2] Gawłowska-Kamocka A.: Zboża i wybrane produkty zbożowe, Cz. V. Pieczywo, Cukiernictwo i Piekarstwo, 2004, 8, (5), 18-21.
- [3] Gąsiorowski H. (red.): Żyto chemia i technologia, Poznań, PWRL, 1994.
- [4] Gąsiorowski H. (red.): Pszenica chemia i technologia, Poznań, PWRL, 2004.
- [5] Jarosz K.: Wypiek pieczywa, Przegl. Piek. i Cuk. 1999, 47, (9), 34-35.
- [6] PN 92/A 74101:1993. Pieczywo żytnie.
- [7] www.automatyka.pl (TrackSense Pro).

## UTILIZATION OF THE LOGGER IN THE OPTIMIZATION OF THE RYE BREAD BAKING

### SUMMARY

*The utilization of the logger for determination of the optimum-temperature of the rye bread from the white and dark flours was the aim of the present study. The best quality of the rye bread from the white and dark flours one received during the baking in temperatures amounting properly 156-187 and 145-183°C. The registration of the temperature by the logger permits to evaluate the regularity of the technological process and to fix optimum-temperatures, eg. of the baking. This is especially important in composition of the new bread technology.*