

MAGDALENA SKOTNICKA, PIOTR PALICH

## WPLYW WARUNKÓW PRZECHOWYWANIA NA STOPIEŃ CZERSTWIENIA MROŻONYCH WYROBÓW CIASTKARSKICH

### Streszczenie

Przedmiotem podjętych badań było określenie wpływu temperatury przechowywania na dynamikę procesu czerstwienia mrożonych wyrobów ciastkarskich. Materiałem badawczym były wyroby z ciasta drożdżowego dwóch producentów X i Y. Gotowe wyroby z ciasta drożdżowego zamrożono metodą komorową i przechowywano przez 180 dni w trzech komorach przechowalniczych. W dwóch utrzymywano stałą temperaturę  $-12^{\circ}\text{C}$  i  $-22^{\circ}\text{C}$ , natomiast w trzeciej panowały warunki temperatury zmiennej ( $-12^{\circ}\text{C}$ ;  $-22^{\circ}\text{C}$ ). W zależności od warunków termicznych, badano zmiany stopnia czerstwienia dwiema metodami: wyznaczając wartość liczby niebieskiej oraz określając zdolność pochłaniania i utrzymywania wody przez wyrób.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że wartości liczby niebieskiej i zdolności do utrzymywania wody podczas przechowywania malały, czego konsekwencją było obniżenie jakości produktu, powodowane czerstwieniem wyrobu ciastkarskiego. Zmiany w strukturze miękiszu wywołane starzeniem się wyrobu z ciasta drożdżowego pozostawały w ścisłej zależności z warunkami temperaturowymi otoczenia. Najbardziej korzystnym wariantem przechowywania, była temp.  $-22^{\circ}\text{C}$ . Ponadto zastosowane metody pomiaru stopnia czerstwienia charakteryzowały się wysokimi współczynnikami korelacji, co oznacza, że mogą być stosowane zamiennie.

**Słowa kluczowe:** wyroby ciastkarskie z ciasta drożdżowego, stopień czerstwienia, retrogradacja skrobi, liczba niebieska, zdolność utrzymywania i pochłaniania wody

### Wprowadzenie

Podczas przechowywania, w wyrobach ciastkarskich zachodzą niekorzystne zmiany o charakterze fizycznym, chemicznym, biochemicznym i mikrobiologicznym. Ich przyczyną są najczęściej przemiany skrobi, która z postaci amorficznej przechodzi w uporządkowaną formę krystaliczną. W celu ograniczenia tego procesu stosuje się różne techniki minimalizujące to zjawisko. Jednym ze sposobów ograniczenia dynamiki zachodzących zmian jest zmniejszenie zawartości wody lub przeprowadzenie wody

wolnej w wodę związaną, która nie bierze udziału w przemianach obniżających jakość wypieku. Inną metodą, o coraz większym znaczeniu, jest zamrażanie wyrobów piekarskich i ciastkarskich, głównie ze względu na niewielką stratę cennych składników odżywczych i walorów sensorycznych podczas przechowywania [3, 11].

Zamrażanie jest jedną ze skuteczniejszych metod utrwalania żywności, jednak trwałość produktów zamrożonych ma charakter czasowo ograniczony. Mrożenie nie eliminuje przemian fizykochemicznych, a jedynie spowalnia tempo tych procesów w okresie przechowywania w stałej, niskiej temperaturze [2, 9]. Jednak pomimo wielu zmian, jakim ulegają produkty spożywcze podczas zamrażalniczego przechowywania, mrożenie okazuje się najpopularniejszym i najczęściej stosowanym sposobem utrwalania żywności. Mrożeniu poddaje się prawie wszystkie produkty spożywcze, w tym także wyroby piekarskie i ciastkarskie. Asortyment mrożonych wyrobów ciastkarskich jest dosyć szeroki, jednak dopiero od niedawna pojawiły się na naszym rynku mrożone gotowe wyroby drożdżowe, nadające się do spożycia bezpośrednio po rozmrożeniu.

Stosowanie zamrażania wyrobów ciastkarskich ma przede wszystkim zapobiegać lub minimalizować proces czerstwienia, hamując proces retrogradacji skrobi. Mechanizm czerstwienia pieczywa nie do końca jest poznany. Proces ten związany jest głównie ze zmianami w kompleksach skrobiowo-białkowych. Podczas stygnięcia i w czasie przechowywania zachodzi proces retrogradacji skrobi, powodując zmiany cech jakościowych w mrożonym wyrobie ciastkarskim [1]. Monitorowanie postępującego procesu retrogradacji w czasie jest podstawą do określenia warunków przechowywania oraz trwałości i jakości wyrobów piekarskich i ciastkarskich. Wśród wielu parametrów kształtujących jakość mrożonych wyrobów z ciast drożdżowych podczas przechowywania jest temperatura i jej stabilność. Odpowiednia temperatura wpływa na przedłużenie ich trwałości, a niewłaściwa może przyspieszać niekorzystne przemiany, w szczególności związane ze strukturą miększu [12].

Celem pracy była ocena wpływu warunków przechowywania na stopień i dynamikę czerstwienia gotowego wyrobu ciastkarskiego, wykorzystując oznaczenie liczby niebieskiej i zdolności utrzymywania i pochłaniania wody.

Zakres pracy obejmował:

- określenie zmian wartości liczby niebieskiej, w czasie przechowywania w zróżnicowanych warunkach temperaturowych,
- określenie zmian zdolności utrzymywania wody w czasie przechowywania w zróżnicowanych warunkach temperaturowych,
- określenie korelacji pomiędzy zmianami wartości liczby niebieskiej a zmianami w zdolności utrzymywania i pochłaniania wody przez wyrób ciastkarski.

### Material i metody badań

Materiałem badawczym był gotowy wyrób ciastkarski - placek drożdżowy, produkowany przez dwóch producentów X i Y, składający się z mąki pszennej, tłuszczu roślinnego, cukru, jaj, drożdży, mleka w proszku, cukru wanilinowego, soli, aromatu identycznego z naturalnym i beta-karotenu. Wyroby drożdżowe o masie  $400 \pm 2$  g) zapakowane były w celofan systemem flow-pack i zamrożone metodą komorową. Wyroby z ciasta drożdżowego charakteryzowały się tym samym składem surowcowym. Nie zawierały żadnych innych dodatków mogących wpływać na wynik oznaczenia. Materiał doświadczalny – placek drożdżowy przechowywany był przez sześć miesięcy w trzech różnych komorach przechowalniczych w warunkach:

- zmiennej co 72 h temp. (-12°C; -22°C),
- stałej temp. -12°C,
- stałej temp. -22°C.

Tabela 1

Skład chemiczny wyrobów z ciast drożdżowych producentów X i Y [g/100 g produktu].

Chemical composition of yeast cake produced by X and Y bakers [g/100 g product].

Skład chemiczny Chemical composition	Wyrób producenta X Cake's producer X	Wyrób producenta Y Cake's producer Y
Białko Protein	6,5	7,2
Węglowodany Carbohydrates	53,6	50,5
Tłuszcz Fat	12,3	10,5
Sól NaCl Salt NaCl	0,052	0,065
Woda Water	25,4	30,2

Większość dostępnych na rynku mrożonych wyrobów ciastkarskich ma okres przydatności do spożycia od 4 do 6 miesięcy, dlatego też badania prowadzono przez 180 dni. Przez ten okres, co 30 dni, prowadzono badania stopnia czerstwienia na podstawie liczby niebieskiej. Liczba niebieska jest miarą zawartości skrobi rozpuszczalnej w wodzie. Metoda polega na przygotowaniu roztworu z odczynnikami Carezza I i II i dokonaniu pomiaru absorbancji w spektrofotometrze przy długości fali 580 nm, wobec wody, z dodatkiem 0,004% jodku potasu jako wskaźnika. Liczbę niebieską wyrażano jako bezpośrednio mierzoną absorbancję [6].

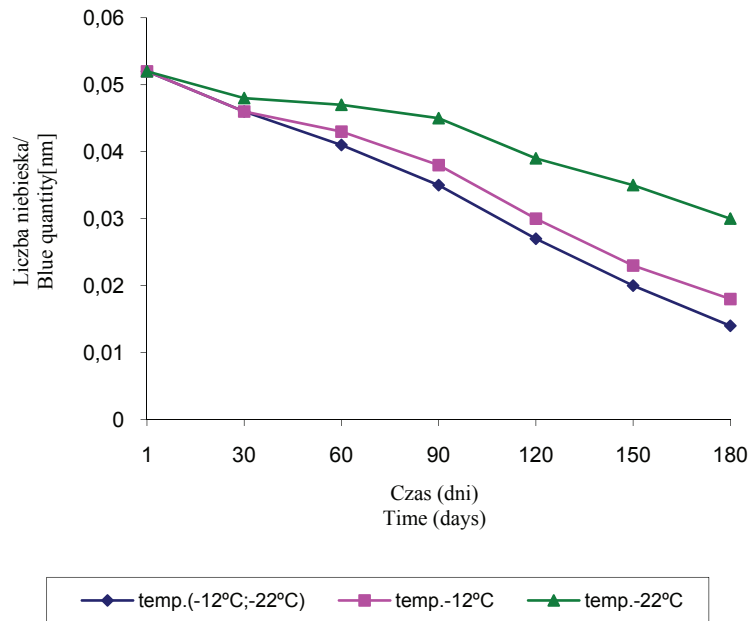
Analizy obejmowały także określenie zdolności wiązania i utrzymywania wody metodą zaproponowaną przez autorów [10]. Oznaczenie polegało na zanurzeniu rozmrożonego kawałka placka drożdżowego o wymiarach 30 x 30 x 30 [mm] w wodzie o temp. 20°C przez 20 s. Następnie pozostawiano kęs ciasta na specjalnym sitku przez 3 min. Z różnicy masy próbki przed zanurzeniem i po zanurzeniu wyznaczano procentowy przyrost zawartości wody w produkcie, który wskazywał na zdolność kawałka placka do pobierania i utrzymywania wody. Każdorazowe badanie przeprowadzono w 7 powtórzeniach.

Kolejnym etapem było wykazanie współzależności między badanymi parametrami oceny stopnia czerstwienia. Porównania dokonano na podstawie współczynników korelacji linowej Pearsona [7]. W celu określenia statystycznej istotności współczynników korelacji zastosowano test t-Studenta. Wnioskowano na poziomie  $\alpha = 0,05$  [7].

### **Wyniki i ich omówienie**

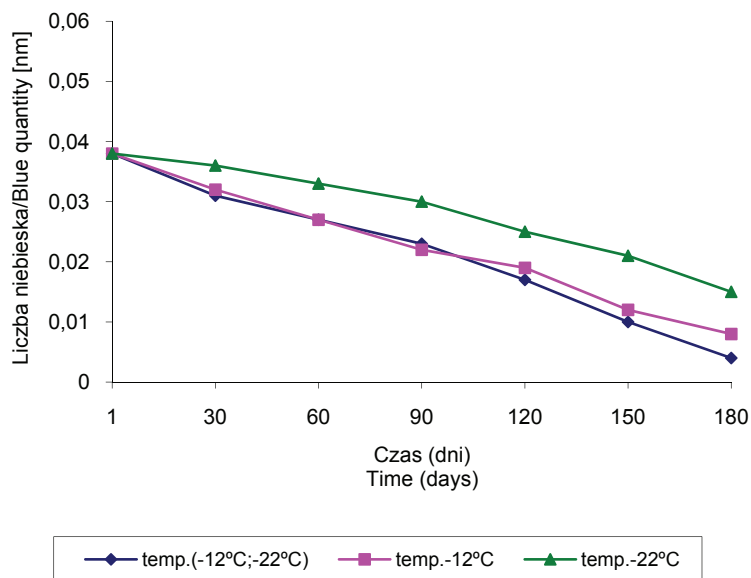
Wyznaczenie stopnia czerstwienia jest podstawowym parametrem w kształtowaniu jakości wyrobu ciastkarskiego w czasie. Na podstawie otrzymanych wyników badań pomiaru liczby niebieskiej (rys. 1 i 2) stwierdzono, że wartość absorbancji malała w czasie we wszystkich badanych wariantach temperaturowych, niezależnie od rodzaju producenta. Dynamika tych zmian pozostawała w ścisłej zależności z warunkami temperaturowymi otoczenia. Najbardziej widoczne zmiany stwierdzono w wyrobach przechowywanych w warunkach fluktuacji (-12°C; -22°C) i w temperaturze stałej -12°C zarówno w wyrobach producenta X, jak i Y. Tak niskie wartości absorbancji zmierzone po 6 miesiącach świadczyły o całkowitym sczerstwieniu placka drożdżowego. Wyroby ciastkarskie, które charakteryzowały się takimi wartościami nie nadawały się do spożycia. Miękkisz był twardy i kruszący się, a skórka matowa. Procesy porządkowania form skrobiowych powodowały, że krystalizująca skrobia stawała się nierozpuszczalna w wodzie. Ponadto woda uwięziona wcześniej w wolnych przestrzeniach na skutek retrogradacji, systematycznie odparowywała, a tym samym była w coraz mniejszym stopniu dostępna dla skrobi [5].

Szybkość czerstwienia pieczywa zależy od wielu czynników wynikających z procesu technologicznego oraz warunków przechowywania. Wyznaczanie stopnia czerstwienia jakąkolwiek z metod jest podstawą do pełnej oceny jakości i trwałości wyrobu ciastkarskiego drożdżowego. Literatura podaje wiele metod pośrednich i bezpośrednich określenia stopnia czerstwienia pieczywa. Zmiany stopnia czerstwienia wyrobu z ciasta drożdżowego obok metody oznaczenia liczby niebieskiej w czasie przechowywania przedstawiono na podstawie zmian zdolności pochłaniania i utrzymywania wody przez wyrób.



Rys. 1. Zmiany liczby niebieskiej w funkcji czasu wyrobu producenta X.

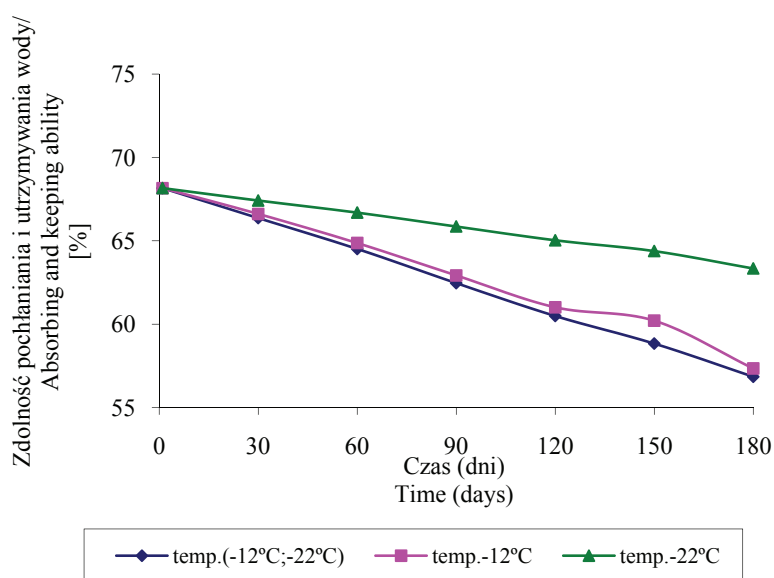
Fig. 1. Changes of blue quantity in a time function for cake of baker X.



Rys. 2. Zmiany liczby niebieskiej w funkcji czasu wyrobu producenta Y.

Fig. 2. Changes of blue quantity in a time function for cake of baker Y.

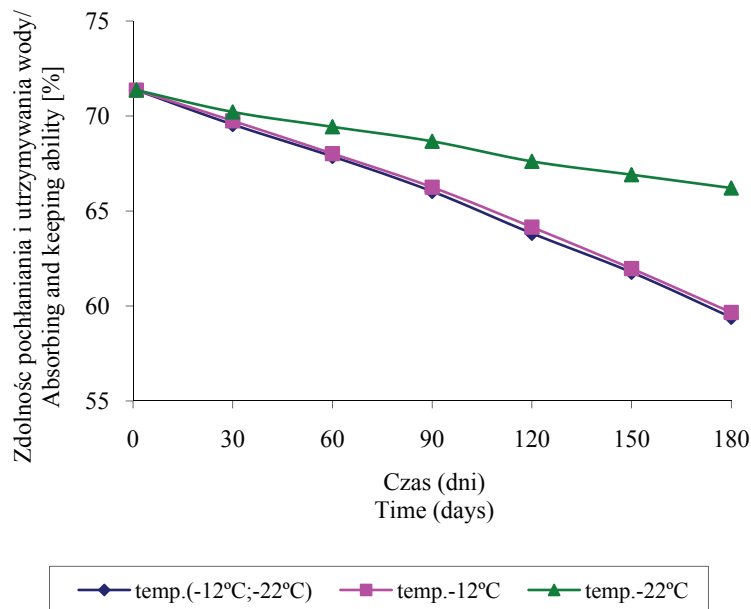
Na rys. 3. i 4. przedstawiono zmiany zdolności wiązania i utrzymywania wody przez kawałek wyrobu w czasie przechowywania. Zdolność wiązania wody była rozumiana jako ilość wody, którą kawałek wyrobu o określonych wymiarach był w stanie wchłonąć i utrzymać. Zmniejszenie zdolności wiązania wody oznacza zazwyczaj obniżenie jakości wyrobu. Podczas przechowywania wyrobów ciastkarskich w warunkach zamrażalniczych zdolność wiązania wody systematycznie się zmniejszała, co mogło być konsekwencją czerstwienia wyrobu, a pośrednio ubytku wody. Dynamika zdolności wiązania i utrzymywania wody pozostawała w ścisłej zależności z warunkami temperaturowymi przechowywania.



Rys. 3. Zależność zdolności pochłaniania i utrzymywania wody w funkcji czasu wyrobu producenta X.

Fig. 3. Dependence of absorbing and keeping ability on the time for cake of baker X.

W komorach, w których utrzymywano temperaturę  $-22^{\circ}\text{C}$ , po 180 dniach składowania stwierdzono nieznaczne zmniejszenie zdolności pochłaniania i utrzymywania wody przez miękisz wyrobu ciastkarskiego. W warunkach stałej niskiej temperatury nastąpiły najmniejsze zmiany w strukturze produktu w stosunku do innych analizowanych warunków temperaturowych. Zastosowana niska temperatura przechowywania placków drożdżowych powodowała, że przez prawie cały okres badane wyroby utrzymywały jakość na poziomie akceptowanym przez konsumenta. Szybkie zamrażanie i utrzymanie stałej niskiej temperatury przechowywania pozwoliło na zachowanie właściwej struktury wyrobów ciastkarskich [4].



Rys. 4. Zależność zdolności pochłaniania i utrzymywania wody w funkcji czasu wyrobu producenta Y.  
 Fig. 4. Dependence of absorbing and keeping ability on the time for cake of baker Y.

Przechowywanie w wyższej temperaturze lub w warunkach fluktuacji temperatury wiązało się ze znacznym zmniejszeniem zdolności wiązania i utrzymywania wody. Po rozmrożeniu wyroby ciastkarskie były suche i twarde, a po zanurzeniu próbek w wodzie kawałki wyrobu rozpadały się. Próbkę placka drożdżowego wchłaniały duże ilości wody, ale nie były w stanie jej utrzymać. Takie zachowanie w dużej mierze mogło być uzależnione od postępującego procesu czerstwienia. Zjawisku temu towarzyszyło wydzielanie wody, która migrowała w kierunku glutenu, a w cząsteczce skrobi powstały wiązania poprzeczne [8]. Fakt ten pozwala sądzić, że wskutek postępującej retrogradacji skrobi w wolnych przestrzeniach było coraz mniej miejsca na wodę, a dostarczona doświadczalnie woda nie była w stanie się związać ani utrzymać żadnymi siłami fizykochemicznymi w czasie przechowywania.

Kolejnym etapem było wyznaczenie współczynników korelacji badanych parametrów. Obliczone współczynniki korelacji liniowej  $r(x,y)$  Pearsona, świadczyły o dużej sile związku między badanymi parametrami. Współczynnik determinacji  $r^2(x,y)$  we wszystkich przypadkach przekraczał 0,98, co oznaczało, że ponad 98% zmienności każdej badanej cechy, było uwarunkowane zmianami drugiej, a współczynnik indeterminacji  $\varphi^2(x,y) = 0,02$ , informował, że 2% zmienności każdego badanego parametru wynikało z działania innych czynników.

W celu określenia istotności statystycznej współczynników korelacji obliczono empiryczne ( $t_{obl.}$ ) i porównano z ( $t_{tab.}$ ) odczytanym z tablic.

Tabela 2

Współczynniki statystyczne badanych parametrów.  
Calculated statistical coefficients for researched results.

Zależności badanych cech Dependence parameters	a	b	R	R <sup>2</sup>	φ <sup>2</sup>	t <sub>obl</sub>	t <sub>tab</sub>
Liczba niebieska (zdolność pochłaniania wody wyrobu producenta X) Blue quantity (absorbing ability of water for baker X)	0,0582	-0,0052	0,9908	0,9817	0,0183	32,0010	2,0930
Liczba niebieska (zdolność pochłaniania wody wyrobu producenta Y) Blue quantity (absorbing ability of water for baker X)	0,0431	-0,0047	0,9936	0,9872	0,0127	38,3183	2,0930

a (y) – współczynnik regresji liniowej / line regression coefficient; b (y) – współczynnik regresji liniowej / line regression coefficient; R – współczynnik korelacji / correlation coefficient; R<sup>2</sup> – współczynnik determinacji / determination coefficient; φ<sup>2</sup> – współczynnik indeterminacji / indetermination coefficient; t<sub>obl</sub> – test t-Studenta / calculated test t-Studenta.

We wszystkich badanych wariantach statystyka  $t_{obl.}$  empirycznie była wyższa od  $t_{tab.}$ , co oznaczało, że obliczone współczynniki korelacji były statystycznie istotne. Wyroby z ciasta drożdżowego są produktami, w których zmiany strukturalne mają decydujące znaczenie w kształtowaniu jakości, dlatego tak ważne jest monitorowanie zmian związanych z reologią produktu. Wykorzystanie zaproponowanych metod pomiaru daje możliwość określenia stopnia czerstwienia w czasie. Ponadto wysokie współczynniki korelacji pozwalają sądzić, że metody mogą być stosowane zamiennie.

### Wnioski

1. Temperatura i jej stałość w czasie przechowywania jest czynnikiem determinującym jakość mrożonego wyrobu ciastkarskiego z ciasta drożdżowego.
2. Najmniejszą dynamikę czerstwienia wyrobu stwierdzono w plackach drożdżowych przechowywanych w temperaturze -22°C.
3. Wyroby z ciasta drożdżowego producenta Y charakteryzowały się większą dynamiką zmian badanych cech i niższymi parametrami wyjściowymi w stosunku do wyrobów producenta X.
4. Zaproponowane metody oznaczania stopnia czerstwienia dobrze opisują proces starzenia drożdżowych wyrobów ciastkarskich i na podstawie obliczonych korelacji mogą być stosowane zamiennie.



*Praca była prezentowana podczas XII Ogólnopolskiej Sesji Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ, Lublin, 23–24 maja 2007 r.*

### Literatura

- [1] Ambroziak Z.: Produkcja piekarsko-cukiernicza. WSiP, Warszawa 1999.
- [2] Barcenas M.E., Rosell C.M.: Effect of frozen time on the bread crumb and aging of par-baked bread. *Food Chem.*, 2006, **95**, 438-445.
- [3] Berliński Ł., Bońca Z.: Wpływ metod zamrażania produktów żywnościowych na ich cechy jakościowe. *Technika Chłodnicza*. 2000, **8**, 335-341.
- [4] Ceglińska A., Cacak-Pietrzak G., Haber T.: Porównanie jakości pieczywa pszenżytniego, pszennego i żytniego. *Przegl. Piek. i Cuk.*, 2003, **11**, 2-6.
- [5] Fik M., Michalczyk M., Surówka K., Maciejaszek I.: Characterisation of the staling process of wholemeal. *Food Nutr. Sci.*, 2000, **2**, 23-28.
- [6] Neukom H. Rutz W.: Observations on starch retrogradation and bread staling. *Lebensm. Wiss und Technol.* 1981, **14**, 292.
- [7] Łomnicki A. Wprowadzenie do statystyki dla przyrodników. PWN, Warszawa 1999.
- [8] Ottenhof M.A., Farhat.: The effect of gluten on the retrogradation of wheat starch. *Cereal Sci.*, 2004, **40**, 269-274.
- [9] Postolski J., Gruda Z.: Zamrażanie żywności. WNT, Warszawa 1992.
- [10] Skotnicka M., Palich P.: The dependence of frozen yeast cake quality parameters of the thermal conditions of storage. *Acta Agrophysica*. 2007, **146**, **9 (1)**, 235-250.
- [11] Wang Xin, Sung-Gil Choi, Kerr W.L.: Water dynamics in white bread and starch gels as affected by water and gluten content. *Lebensm.-Wiss. u. Technol.*, 2004, **37**, 377-384.
- [12] Vulicevic I.R., Abdel-Aal E.S.M., Mittal G.S., Lu X.: Quality and storage life of par-baked frozen breads. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, Germany*, 2004, **37 (2)**, 205-213.

### INFLUENCE OF STORAGE CONDITIONS ON THE STALING RATE OF FROZEN CAKE PRODUCTS

#### Summary

The subject of undertaken researches was to determine influence of temperature of storage to the dynamism of staling process in frozen cake products. Yeast products of two producers X and Y were the research material. Ready yeast cakes were frozen with a chamber method and were stored for the period of 180 days in three storage chambers. In two chambers constant temperatures of -12°C and -22°C have been held, however in the third one there were conditions of variable temperature (-12°C;-22°C). Depending on thermal conditions, staling rate changes were researched with two methods: by determining the value of blue quantity and by defining the ability to absorb and hold water in a piece of cake.

On the basis of achieved results it was stated that values of blue quantities and abilities to hold water during the storage have decreased, what resulted in a decrease of product's quality, caused by staling of cake products. Changes in the structure of pulp caused by ageing of the yeast cake remained in a strict dependence with environment temperature conditions. The most beneficial storage version was the temperature of -22°C. Additionally, used methods of staling rate measurement characterized with a high correlation coefficient, what means that they can be used in exchange.

**Key words:** ready yeast cakes, staling rate, starch retrogradation, blue quantity, water absorbing, keeping ability ☒