

ŚLAWOMIR PIETRZYK, TERESA FORTUNA, ELŻBIETA PABIŚ

Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

WPLYW TEMPERATURY MODYFIKACJI NA UTLENIANIE SKROBI I JEJ WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNO-CHEMICZNE

EFFECT OF MODIFICATION TEMPERATURE ON STARCH OXIDATION
AND ITS PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES

Streszczenie. Skrobię kukurydzianą utleniono nadtlakiem wodoru w temperaturach: 20, 30, 40 i 50°C. Skrobie utlenione przebadano pod względem zawartości grup karboksylowych, karbonylowych, amylozy, zdolności wiązania wody i rozpuszczalności w wodzie. Wyznaczono również podatność na retrogradację i charakterystykę kleikowania skrobi. Efektywność procesu modyfikacji skrobi zwiększała się, a zawartość w niej amylozy malała wraz ze wzrostem temperatury modyfikacji. Wraz ze wzrostem temperatury modyfikacji zdolność wiązania wody w temperaturze 60 i 80°C oraz rozpuszczalność w wodzie w temperaturze 80°C skrobi utlenionych wzrastała, natomiast rozpuszczalność w wodzie w temperaturze 60°C malała. Skrobia utleniona w temperaturze 50°C charakteryzowała się najmniejszą podatnością na retrogradację oraz największą stabilnością reologiczną.

Słowa kluczowe: utlenianie, skrobia, właściwości fizyczno-chemiczne

Wstęp

Skrobia znajduje coraz szersze zastosowanie w różnych dziedzinach gospodarki ze względu na swe właściwości fizyczno-chemiczne. Są one zróżnicowane naturalnie, a mogą być też zmieniane przez oddziaływanie na skrobię różnymi czynnikami fizycznymi i chemicznymi. Głównym celem modyfikacji skrobi jest dostosowanie jej właściwości do warunków procesów technologicznych, aby zapewnić powstawanie produktu spożywczego o określonych parametrach, dobrej trwałości i stabilności podczas przechowywania. Utlenianie jest jednym ze sposobów modyfikacji chemicznej skrobi. Polega ono na wytworzeniu w skrobi grup karboksylowych i/lub karbonylowych. Najczę-

ściej stosowanymi utleniaczami są: chlorany, jodany, nadtlenki i kwasy organiczne (WURZBURG 1988, TOMASIK 2002). Kleiki skrobiowe przygotowane ze skrobi utlenionych charakteryzują się dużą stabilnością, słabszą tendencją do retrogradacji i synerезy. W przemyśle spożywczym skrobie utlenione są podstawowym składnikiem budyniów, kisielu, sosów i zup w proszku. Ponadto skrobie utlenione znalazły zastosowanie jako kleje i substancje do tworzenia powłok w przemyśle papierniczym i włókienniczym (MEŻYŃSKI i SZYMANKIEWICZ 1988, NADISON 1995, LESZCZYŃSKI 2006).

Obecnie do produkcji żywności dopuszcza się stosowanie jedynie skrobi utlenionej chloranem(I) sodu (E 1404) (ROZPORZĄDZENIE... 2010). Jednak prowadzone są badania nad zastosowaniem innych środków utleniających, a także innych warunków przeprowadzania modyfikacji, co ma przyczynić się do produkcji żywności o lepszych właściwościach funkcjonalnych oraz sensorycznych.

Celem pracy było określenie wpływu temperatury procesu utleniania skrobi na efektywność modyfikacji i na zmiany właściwości fizyczno-chemicznych uzyskanych modyfikatów.

Material i metody

Skrobię kukurydzianą (Cargill, Kąty Wrocławskie, Polska) poddano procesowi utleniania nadtlenkiem wodoru w obecności jonów Cu(II) (w postaci $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) o stężeniu 0,1 g w 100 g s.s. skrobi zgodnie z metodą, którą podali PAROVUORI i IN. (1995). Proces utleniania prowadzono oddzielnie w temperaturach 20, 30, 40 i 50°C. Sporządzono 42-procentową zawiesinę wodną skrobi, którą ogrzewano 15 min, następnie do mieszaniny reakcyjnej dodawano kroplami 30-procentowy roztwór H_2O_2 (cz.d.a., Lach-Ner, Czechy) tak, aby jego końcowe stężenie wynosiło 2 g w 100 g s.s. skrobi. Mieszaninę termostatowano jeszcze przez 60 min, przemywano, suszono, rozdrabniano i przesiewano.

W skrobiach wyjściowych i utlenionych oznaczono zawartość: grup karboksylowych (PN-EN ISO 11214 2001), grup karbonylowych (WHISTLER i IN. 1967), amylozy metodą spektrofotometryczną z jodem (MORRISON i LAIGNELET 1983), zdolność wiązania wody i rozpuszczalność w wodzie w temperaturze 60°C i 80°C zmodyfikowaną metodą Leacha (RICHTER i IN. 1968). Ponadto wyznaczono charakterystykę kleikowania wodnych dyspersji skrobiowych w wiskozymetrze rotacyjnym Rheotest 2 przy stężeniu 7,2 g w 100 g. Próbkę ogrzewano przy ciągłym mieszaniu z szybkością 27 obr/min od temperatury 50°C do 96°C, następnie przetrzymywano w tej temperaturze przez 20 min, z kolei chłodzono do temperatury 50°C i przetrzymywano przez 10 min. Programowany wzrost i spadek temperatury wynosił 1,5°C/min. Wartości lepkości i temperatury odczytywano w następujących punktach charakterystyki kleikowania: temperatura kleikowania (T_k), maksimum lepkości (η_{\max}), temperatura przy maksimum lepkości (T_{\max}), lepkość w temperaturze 96°C ($\eta_{96^\circ\text{C}}$), lepkość po 20 min. ogrzewania w temperaturze 96°C ($\eta_{96^\circ\text{C}/20}$), lepkość po ochłodzeniu w temperaturze 50°C ($\eta_{50^\circ\text{C}}$), lepkość po 10 min przetrzymywania w temperaturze 50°C ($\eta_{50^\circ\text{C}/10}$) (WINKLER i IN. 1971). Wyznaczono również podatność na retrogradację 2-procentowych kleików skrobiowych metodą turbidymetryczną (JACOBSON i IN. 1997). Kleiki skrobiowe przetrzymywano w temperaturze

8°C przez 21 dni. Kolejnych pomiarów turbidancji dokonano w 1., 3., 5., 7., 10., 14. i 21. dniu przechowywania.

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

Wyniki i dyskusja

Zastosowane warunki modyfikacji spowodowały wytworzenie grup karboksylowych w przedziale od 0,002 do 0,036% oraz grup karbonylowych w zakresie od 0,119 do 0,782% w skrobi (tab. 1). Ilość tych grup zależała od zastosowanej temperatury modyfikacji i wraz ze wzrostem tej temperatury – wzrastała. Stwierdzono dużą korelację liniową pomiędzy wzrostem temperatury modyfikacji a zawartością w skrobi utlenionej grup karboksylowych ($R = 0,9733$) oraz karbonylowych ($R = 0,9780$). W trakcie ogrzewania skrobi w wodzie następuje niszczenie jej struktury krystalicznej oraz stopniowe rozrywanie wiązań wodorowych, co ułatwia wnikanie wody do wnętrza ziaren (tzw. pęcznienie). Dzięki temu utleniacz ma lepszy dostęp do wnętrza ziarna skrobi, powodując jej efektywniejsze utlenienie. Jest to proces tym intensywniejszy, im wyższa jest temperatura ogrzewania (HOOVER 2001). Ponadto mieszanie skrobi w wodzie w wyższych temperaturach może powodować pęknięcia oraz niewielki wzrost wielkości porów ziarna skrobiowego (WANG i IN. 1997), co wpływa na łatwiejszy dostęp reagenta do jego wnętrza. Uzyskane wyniki potwierdzają regułę van't Hoffa, że wzrost temperatury o 10°C powoduje dwu-, trzy-, czterokrotny wzrost szybkości reakcji chemicznej.

Tabela 1. Zawartość grup karboksylowych i karbonylowych oraz amylozy w skrobi przed utlenieniem i po utlenieniu

Table 1. Content of carboxyl and carbonyl groups and amylose in starch before and after oxidation

Skrobia Starch	Grupy karboksylowe Carboxyl groups (%)	Grupy karbonylowe Carbonyl groups (%)	Amyloza (g w 100 g s.s.) Amylose (g per 100 g d.m.)
Naturalna Native	–	–	22,38
Utleniona w temp. 20°C Oxidised at temp. 20°C	0,002 a	0,119	21,32
Utleniona w temp. 30°C Oxidised at temp. 30°C	0,007 a	0,406	20,69
Utleniona w temp. 40°C Oxidised at temp. 40°C	0,019	0,693	19,85
Utleniona w temp. 50°C Oxidised at temp. 50°C	0,036	0,782	19,15

Średnie w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.
Means in columns followed by the same letters are not significantly different at $\alpha = 0.05$.

Wytworzenie w skrobi większej liczby grup karbonylowych niż karboksylowych było związane z rodzajem zastosowanego utleniacza – nadtlenu wodoru w obecności jonów Cu(II). Odmienne jest w przypadku chloranu(I) sodu (PAROVUORI i IN. 1995, SANDHU i IN. 2008). Niski poziom utlenienia był spowodowany substancjami dodatkowymi wchodzącymi w skład ziarna skrobi zbożowych. KUAKPETOON i WANG (2001, 2008) stwierdzają, iż niski stopień utleniania skrobi kukurydzianej jest spowodowany utlenianiem w pierwszej kolejności białka i lipidów obecnych w ziarnie.

Zastosowane warunki utleniania spowodowały zmniejszenie zawartości amylozy w skrobi (tab. 1). Zawartość ta malała wraz ze wzrostem efektywności utleniania. Podwyższenie temperatury modyfikacji o każde 10°C powodowało zmniejszenie zawartości amylozy w skrobiach utlenionych od 3 do 5%. Zmniejszenie zawartości amylozy jest spowodowane głównie procesem depolimeryzacji, który zachodzi równocześnie z procesem utleniania; im jest on intensywniejszy, tym depolimeryzacja amylozy jest większa (AUTIO i IN. 1996). Na depolimeryzację łańcuchów skrobiowych miała również wpływ temperatura modyfikacji. LORENZ i KULP (1978) zaobserwowali zmniejszenie zawartości amylozy w skrobi pszennej moczonej w wodzie 24 h w temperaturach od 10 do 50°C.

Zdolność wiązania wody w temperaturze 60°C (tab. 2) przez uzyskane skrobie była na niskim poziomie: od 0,86 g/g s.s. (skrobia utleniona w temperaturze 20°C) do 1,38 g/g s.s. (skrobia utleniona w temperaturze 50°C). Tak mała wartość tego parametru i nieduże zmiany po modyfikacji były prawdopodobnie spowodowane większym wpływem kompleksów tłuszczowych zawartych w skrobiach zbożowych (utrudniających wiązanie wody) niż samym procesem modyfikacji. Zastosowane warunki utleniania

Tabela 2. Zdolność wiązania wody i rozpuszczalność w wodzie skrobi przed utlenieniem i po utlenieniu

Table 2. Water binding capacity and solubility in water of starch before and after oxidation

Skrobia Starch	Zdolność wiązania wody (g/g s.s.) Water binding capacity (g/g d.m.)		Rozpuszczalność w wodzie Solubility in water (%)	
	60°C	80°C	60°C	80°C
Naturalna Native	0,78 a	6,54 a	1,52 a	5,34 a
Utleniona w temp. 20°C Oxidised at temp. 20°C	0,86 a	6,80 a	8,20	5,44 a
Utleniona w temp. 30°C Oxidised at temp. 30°C	0,97	9,07	5,65	7,99
Utleniona w temp. 40°C Oxidised at temp. 40°C	1,19	10,43	2,95	16,72
Utleniona w temp. 50°C Oxidised at temp. 50°C	1,38	12,67	1,32 a	29,28

Średnie w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.
Means in columns followed by the same letters are not significantly different at $\alpha = 0,05$.

spowodowały większe zmiany w zdolności wiązania wody w temperaturze 80°C. Wartość tego parametru wzrastała wraz ze wzrostem temperatury utleniania, dla skrobi utlenionej w temperaturze 50°C była prawie dwukrotnie większa niż dla skrobi naturalnej i wynosiła 12,67 g/g s.s. Utlenianie skrobi w temperaturze 20°C nie wpłynęło statystycznie istotnie na zmiany zdolności wiązania wody ani w temperaturze 60, ani w temperaturze 80°C w porównaniu ze skrobią naturalną. Wprowadzenie do skrobi nowych grup funkcyjnych (karboksylowych i karbonylowych) spowodowało osłabienie jej struktury wewnętrznej i lepsze wnikanie wody do wnętrza.

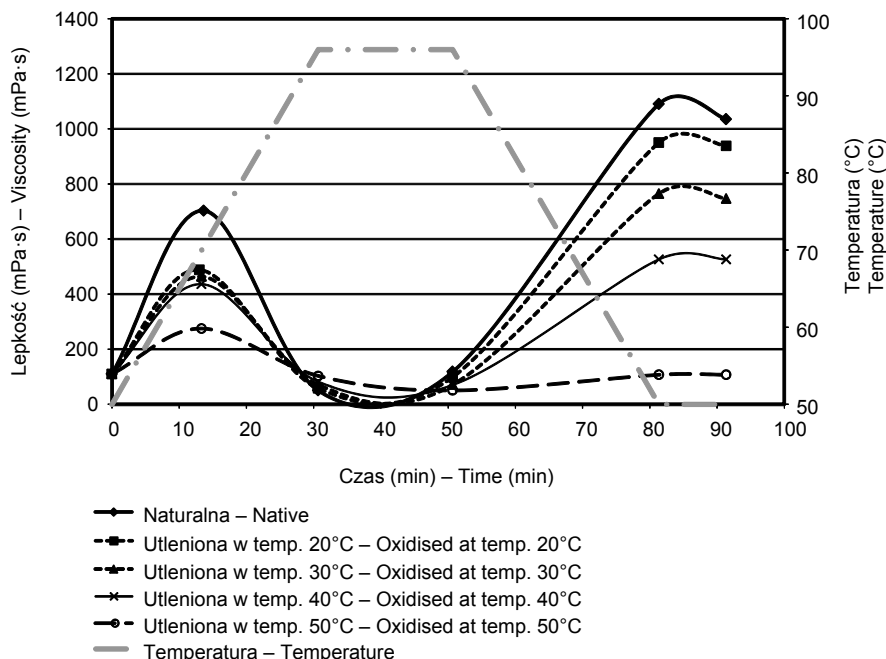
Rozpuszczalność w wodzie w temperaturze 60°C (tab. 2) skrobi utlenionych systematycznie malała wraz ze wzrostem temperatury modyfikacji i dla skrobi utlenionej w temperaturze 50°C miała wartość identyczną jak przed modyfikacją. Rozpuszczalność w wodzie w temperaturze 80°C skrobi modyfikowanych systematycznie wzrastała wraz ze stopniem utlenienia i skrobia modyfikowana w temperaturze 50°C miała około sześciu razy większą wartość tego parametru niż skrobia wyjściowa. Zwiększenie rozpuszczalności skrobi w wodzie było związane z depolimeryzacją amylozy zachodzącą równocześnie z procesem utlenienia. Zmniejszenie rozpuszczalności skrobi w wodzie w temperaturze 60°C mogło być spowodowane kompleksami skrobiowo-miedziowymi powstającymi w trakcie utlenienia skrobi w obecności kationów (ŁABANOWSKA I IN. 2011).

Zmiany w parametrach charakterystyki kleikowania skrobi naturalnej i uzyskanych skrobi modyfikowanych przedstawiono w tabeli 3, dodatkowo na rysunku 1 przedstawiono wykresy charakterystyki kleikowania. Wszystkie zastosowane modyfikacje obniżyły temperaturę kleikowania (T_k) i temperaturę lepkości maksymalnej kleików (T_{max}) uzyskanych skrobi oraz zmniejszyły lepkość uzyskanych kleików we wszystkich wyznaczonych punktach charakterystyki kleikowania (tab. 3). Wartość wyznaczonych parametrów (T_k , η_{max} , T_{max} , $\eta_{96^\circ C/20}$, $\eta_{50^\circ C}$, $\eta_{50^\circ C/20}$) skrobi modyfikowanych zmniejszała się systematycznie wraz ze wzrostem temperatury utleniania. W temperaturze 96°C

Tabela 3. Charakterystyka kleikowania skrobi przed utlenieniem i po utlenieniu
Table 3. Pasting properties of starch before and after oxidation

Skrobia Starch	T_k (°C)	η_{max} (mPa·s)	T_{max} (°C)	$\eta_{96^\circ C}$ (mPa·s)	$\eta_{96^\circ C/20}$ (mPa·s)	$\eta_{50^\circ C}$ (mPa·s)	$\eta_{50^\circ C/20}$ (mPa·s)
Naturalna Native	85,0	703	91,0	41	118	1 090	1 035
Utleniona w temp. 20°C Oxidised at temp. 20°C	83,0	488 a	90,0	58	99	950	938
Utleniona w temp. 30°C Oxidised at temp. 30°C	80,5	464 a	88,5	71	71 a	765	747
Utleniona w temp. 40°C Oxidised at temp. 40°C	78,0	436	87,0	82	61 a	526	526
Utleniona w temp. 50°C Oxidised at temp. 50°C	75,0	275	84,0	103	12	107	107

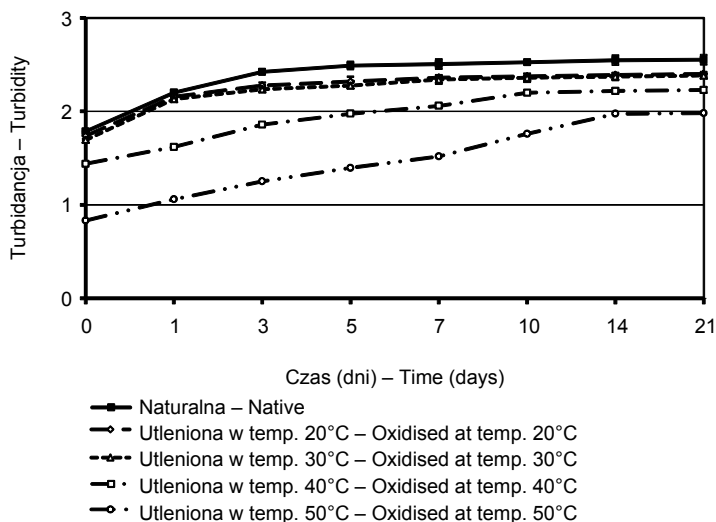
Średnie w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.
Means in columns followed by the same letters are not significantly different at $\alpha = 0.05$.



Rys. 1. Charakterystyka kleikowania skrobi przed utlenieniem i po utlenieniu
 Fig. 1. Pasting properties of starch before and after oxidation

($\eta_{96^\circ\text{C}}$) lepkość kleików skrobi utlenionych wzrastała wraz ze wzrostem temperatury modyfikacji. Obniżenie temperatury kleikowania (T_k) po utlenieniu było spowodowane wprowadzeniem nowych podstawników do struktury ziarna skrobiowego, które spowodowały zmniejszenie sił oddziaływania w rejonach amorficznych i osłabiły wiązania wodorowe. Zmniejszenie lepkości kleików skrobi utlenionych było wynikiem depolimeryzacji łańcuchów amylozowych i degradacji ziarna skrobiowego, co jest potwierdzeniem wyników innych autorów (ŚMIGIELSKA i LEWANDOWICZ 2007). Skrobia utleniona w 50°C była najbardziej stabilna reologicznie.

Wszystkie zastosowane modyfikacje spowodowały zmniejszenie podatności na retrogradację uzyskanych kleików (rys. 2.) Kleiki skrobi utlenionych w temperaturze 20 i 30°C miały identyczną podatność na retrogradację w całym okresie przechowywania. Skrobie te retrogradowały najszybciej w ciągu pierwszego dnia przechowywania (podobnie jak skrobia naturalna). Później następowała systematyczna, ale dużo wolniejsza retrogradacja aż do siódmego dnia przechowywania. Skrobia utleniona w 40°C zaraz po ochłodzeniu miała dużo mniejszą podatność na retrogradację niż skrobia naturalna i utleniona w niższych temperaturach. Wzrost retrogradacji tej skrobi był intensywny do dziesiątego dnia przechowywania. Skrobia utleniona w najwyższej temperaturze retrogradowała w najmniejszym stopniu. Kleiki tej skrobi systematycznie retrogradowały do 14. dnia przechowywania. Odmienna podatność na retrogradację uzyskanych kleików skrobi modyfikowanych była spowodowana w głównej mierze procesem depolimeryzacji amylozy. Dodatkowo powstałe grupy karboksylowe i karbonylowe osłabiły



Rys. 2. Podatność na retrogradację 2-procentowego kleiku skrobi przed utlenieniem i po utlenieniu

Fig. 2. Susceptibility to retrogradation of 2% pastes of starch before and after oxidation

proces asocjacji łańcuchów polimerowych odpowiedzialnych za retrogradację i klarowność kleików skrobiowych (LAWAL 2004). W pracy PIETRZYKA i FORTUNY (2005) stwierdzono wpływ stopnia utlenienia skrobi na klarowność kleików w trakcie przechowywania.

Wnioski

1. Efektywność procesu modyfikacji skrobi zwiększała się, natomiast zawartość amylozy w skrobi malała wraz ze wzrostem temperatury modyfikacji.

2. Wraz ze wzrostem temperatury modyfikacji zdolność wiązania wody w temperaturze 60 i 80°C rosła, a rozpuszczalność w wodzie skrobi utlenionych w temperaturze 60°C malała i w temperaturze 80°C wzrastała.

3. Spośród uzyskanych preparatów skrobia utleniona w temperaturze 50°C charakteryzowała się najmniejszą podatnością na retrogradację oraz największą stabilnością reologiczną.

Literatura

AUTIO K., SUORTII T., HAMUNEN A., POUTANEN K., 1996. Heat-induced structural changes of acid-hydrolysed and hypochlorite-oxidized barley starches. Carbohydr. Polym. 29: 155-161.

- HOOVER R., 2001. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: review. *Carbohydr. Polym.* 45: 253-267.
- JACOBSON M.R., OBANNI M., BEMILLER J.M., 1997. Retrogradation of starch from different botanic sources. *Cereal Chem.* 74, 5: 511-518.
- KUAKPETOON D., WANG Y.J., 2001. Characterization of different starches oxidized by hypochlorite. *Starch/Stärke* 53, 5: 211-218.
- KUAKPETOON D., WANG Y.J., 2008. Locations of hypochlorite oxidation in corn starches varying in amylose content. *Carbohydr. Res.* 343: 90-100.
- LAWAL O.S., 2004. Composition, physicochemical properties and retrogradation characteristics of native, oxidised, acetylated and acid-thinned new cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) starch. *Food Chem.* 87, 2: 205-218.
- LESZCZYŃSKI W., 2006. Zastosowanie skrobi modyfikowanych w przemyśle spożywczym. Cz. II. Skrobie chemicznie modyfikowane. *Przegl. Piekar. Cukiern.* 6: 6-8.
- LORENZ K., KULP K., 1978. Stepping of wheat at various temperatures – effect on physicochemical characteristics of the starch. *Starch/Stärke* 30, 10: 333-336.
- ŁABANOWSKA M., BIDZIŃSKA E., PIETRZYK S., JUSZCZAK L., FORTUNA T., BŁONIARCZYK K., 2011. Influence of copper catalyst on the mechanism of carbohydrate radicals generation in oxidized potato starch. *Carbohydr. Polym.* 85: 775-785.
- MĘŻYŃSKI L., SZYMANKIEWICZ A., 1988. Skrobie utlenione i ich zastosowanie w przemyśle spożywczym. *Przem. Spoż.* 3: 85-86.
- MORRISON W.R., LAIGNELET B., 1983. An improved colorimetric procedure for determining apparent and total amylose in cereal and other starches. *J. Cereal Sci.* 1: 9-20.
- NADISON J., 1995. Skrobia modyfikowana rodzaje, właściwości, zastosowanie produktu. *Przem. Spoż.* 6: 209-212.
- PAROVUORI P., HAMUNEN A., FORSELL P., AUTIO K., POUTANEN K., 1995. Oxidation of potato starch by hydrogen peroxide. *Starch/Stärke* 47, 1: 19-23.
- PIETRZYK S., FORTUNA T., 2005. Wpływ rodzaju skrobi i warunków jej utleniania na retrogradację. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 43, 2: 23-32.
- PN-EN ISO 11214, 2001. Skrobia zmodyfikowana – Oznaczanie zawartości grup karboksylowych w skrobi utlenionej. PKNMiJ, Warszawa.
- RICHTER M., AUGUSTAT S., SCHIERBAUM F., 1968. *Ausgewählte Methoden der Stärkechemie.* VEB Fachbuchverlag, Leipzig.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Zdrowia z dnia 22 listopada 2010 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych. 2010. *Dz.U. RP* 232, poz. 1525.
- SANDHU K.S., KAUR M., SINGH N., LIM S.T., 2008. A comparison of native and oxidized normal and waxy corn starches: physicochemical, thermal, morphological and pasting properties. *Lebensm.-Wiss. Technol.* 41: 1000-1010.
- ŚMIGIELSKA H., LEWANDOWICZ G., 2007. Właściwości funkcjonalne skrobi modyfikowanych wzbogaconych jonami miedzi. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 55, 6: 198-209.
- TOMASIK P., 2002. Skrobie modyfikowane. *Przem. Spoż.* 4: 16-18.
- WANG W.J., POWELL A.D., OATES C.G., 1997. Effect of annealing on the hydrolysis of sago starch granules. *Carbohydr. Polym.* 33: 195-202.
- WHISTLER R.L., BEMILLER E., PASCHALL E.F., 1967. *Starch: chemistry and technology.* Vol. 2. Academic Press, New York.
- WINKLER S., LUCKOWI J., DONIE H., 1971. Absolute und relative Verkleisterungscharakteristik von Stärke. Teil 1. Absolute Viskositätsmessung nach dem Searte-Prinzip. *Starch/Stärke* 23, 9: 325-334.
- WURZBURG O.B., 1988. *Modified starches properties and uses.* CRC Press, Boca Raton, FL.

EFFECT OF MODIFICATION TEMPERATURE ON STARCH OXIDATION AND ITS PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES

Summary. Corn starch was oxidised by hydrogen peroxide at temperatures 20, 30, 40 and 50°C. The oxidised starches were examined for the content of carboxyl groups, carbonyl groups, amylose and for water binding capacity and water solubility. Susceptibility to retrogradation and pasting characteristics were also determined. The results indicate that the effectiveness of oxidation process increased with increased temperature of modification. Temperature of modification influenced content of amylose in oxidised starch. Water binding capacity at 60 and 80°C and water solubility at 80°C increased with increased temperature of modification. Starch oxidised at 50°C had the lowest susceptibility to retrogradation and had the highest rheological stability

Key words: oxidation, starch, physico-chemical properties

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Sławomir Pietrzyk, Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków, Poland, e-mail: s.pietrzyk@ur.krakow.pl

Zaakceptowano do druku – Accepted for print:

30.05.2012

Do cytowania – For citation:

*Pietrzyk S., Fortuna T., Pabiś E., 2012. Wpływ temperatury modyfikacji na utlenianie skrobi i jej właściwości fizyczno-chemiczne. *Nauka Przyr. Technol.* 6, 4, #65.*