

IZABELA PRZETACZEK-ROŻNOWSKA, TERESA FORTUNA,  
KAROLINA PYCIA

## WPLYW OGRZEWANIA POLEM MIKROFALOWYM NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE SKROBI I MALTODEKSTRYN KUKURYDZIANYCH O RÓŻNYM STOPNIU DEPOLIMERYZACJI

### Streszczenie

Celem niniejszej pracy była ocena wpływu ogrzewania mikrofalowego na wybrane właściwości fizykochemiczne żeli skrobi kukurydzianej oraz hydrolizatów z niej otrzymanych.

Materiał badawczy stanowiła skrobia kukurydziana oraz maltodekstryny kukurydziane o średnim i wysokim stopniu scukrzenia. Wszystkie próbki materiału wyjściowego poddano ogrzewaniu w polu mikrofalowym o mocy 440 W lub 800 W i oznaczono zawartość białka oraz tłuszczu, wyznaczono parametry barwy, zbadano podatność na retrogradację skrobi i jej hydrolizatów oraz wykreślono krzywe płynięcia w temp. 50 °C 2 % kleików skrobi i 40 % roztworów maltodekstryn.

Dowodzono, że modyfikacja fizyczna zarówno skrobi kukurydzianej, jak i jej hydrolizatów przyczyniła się do zmiany zawartości tłuszczu, a także wielkości parametrów barwy badanych próbek, jednak nie wpłynęła na zmianę zawartości białka. Ogrzewanie skrobi i maltodekstryn w polu mikrofalowym spowodowało obniżenie wartości turbidancji w całym okresie analiz. Natomiast podczas oznaczeń reologicznych zaobserwowano wpływ modyfikacji fizycznej na wartość naprężeń ścinających w trakcie analiz roztworów maltodekstryn. Jednak mikrofalowanie skrobi i maltodekstryn kukurydzianych nie wpłynęło na zmianę wartości parametrów reologicznych uzyskanych z nich próbek.

**Słowa kluczowe:** skrobia i maltodekstryny kukurydziane, pole mikrofalowe, reologia, retrogradacja, barwa

### Wprowadzenie

Maltodekstryny stanowią produkt niecałkowitej hydrolizy skrobi [19]. Ze względu na bardzo szerokie zastosowanie maltodekstryn różnego pochodzenia botanicznego w przemyśle spożywczym [1, 8] ważne jest poznanie ich właściwości fizykochemicznych także w aspekcie modyfikacji pod wpływem pola mikrofalowego. Maltodekstry-

ny są chętnie wykorzystywane przez producentów żywności z uwagi na brak prawnych ograniczeń w ich stosowaniu oraz z racji wielu właściwości funkcjonalnych. Jednak hydrolizaty, jakimi są maltodekstryny, nie stanowią jednorodnych produktów hydrolyzy, ich właściwości w znacznej mierze zależą od stopnia depolimeryzacji skrobi. Poznanie właściwości fizykochemicznych hydrolizatów skrobi jest niezbędne do opracowania receptur produktów spożywczych o pożądanej konsystencji oraz w celu racjonalnego i efektywnego wykorzystania linii technologicznych [2, 6, 7].

Zastosowanie pola mikrofalowego w trakcie przetwarzania żywności znacznie skraca czas procesu, ale wpływa na zmianę właściwości produktu końcowego [3, 4, 9, 10]. Jednak coraz częściej w liniach technologicznych produktów spożywczych wykorzystywane są generatory mikrofal, a także powszechne jest stosowanie kuchenek mikrofalowych w gospodarstwach domowych. Dlatego również istotne w przetwórstwie żywności oraz w trakcie analizy właściwości fizykochemicznych hydrolizatów skrobi jest poznanie wpływu oddziaływania pola mikrofalowego na ich cechy.

Celem pracy było określenie wpływu ogrzewania mikrofalowego na wybrane właściwości fizykochemiczne skrobi kukurydzianej oraz maltodekstryn średnio- i wysokoscukrzonych poddanych działaniu pola mikrofalowego o mocy 440 W lub 800 W.

### **Materiał i metody badań**

Materiał badawczy stanowiły skrobia kukurydziana (Cargill) oraz maltodekstryny o średnim i wysokim stopniu scukrzenia otrzymane metodą laboratoryjną [17] w trakcie enzymatycznej hydrolyzy skrobi kukurydzianej. Do hydrolyzy tej skrobi użyto preparatu BAN 480L –  $\alpha$ -amylazy o standardowej aktywności 480 KNU/g, otrzymanej metodą głębokiej hodowli wyselekcjonowanego szczepu *Bacillus amyloliquefaciens*. Preparat enzymatyczny został wyprodukowany przez firmę Novozymes (Dania).

W celu uzyskania odpowiedniej ilości materiału badawczego powtarzano wielokrotnie hydrolyzę w identycznych warunkach i oznaczano wartości równoważnika glukozowego przy użyciu metody Schoorla-Regenboga [14]. Otrzymane laboratoryjne hydrolyzaty skrobiowe, których wartość DE mieściła się w granicach między 16,5 a 17,5 zostały zmieszane i stanowiły hydrolyzat średnioscukrzony, natomiast maltodekstryny, których DE mieściło się od 24,5 do 25,5 zostały zmieszane i oznaczone jako hydrolyzat wysokoscukrzony.

Naważki skrobi kukurydzianej oraz maltodekstryn kukurydzianych o masie 20 g (s.s.) rozprowadzano równomiernie na płytkach Petriego, a następnie poddawano ogrzewaniu w polu mikrofalowym o mocy 440 W lub 800 W oraz częstotliwości 2450 MHz w ciągu 5 min [17].

Wszystkie próbki materiału wyjściowego (skrobia oraz maltodekstryny kukurydziane) oraz modyfikowanego polem mikrofalowym analizowano na zawartość: suchej masy [14], białka [12] i tłuszczu [13] oraz wyznaczano parametry barwy. Ponadto

oznaczano wartość równoważnika glukozyowego maltodekstryn [14], charakteryzującego stopień scukrzenia skrobi, a także badano podatność na retrogradację skrobi i jej hydrolizatów [5] oraz wykreślono krzywe płynięcia 2 % kleików skrobi i 40 % roztworów maltodekstryn. Wszystkie oznaczenia wykonano w trzech powtórzeniach ( $n = 3$ ).

Analizę barwy maltodekstryn niemodyfikowanych fizycznie oraz poddanych działaniu promieniowania pola mikrofalowego o mocy 440 W lub 800 W oznaczano przy użyciu spektrofotometru X-rite Color i5 (X-Rite Incorporated, USA). Zastosowano iluminanty  $D_{65}$  przy geometrii pomiaru  $d/8$  i szczeliny pomiarowej 10 mm. Barwa maltodekstryn wyznaczona była dla dodatkowego obserwatora (CIE 1964) bez odbłyску (SPEX – *ang. specular excluded*). Maltodekstryny niemodyfikowane polem mikrofalowym stanowiły wzorce hydrolizatów skrobiowych o tym samym stopniu hydrolizy, które poddano działaniu pola mikrofalowego o mocy 440 W lub 800 W. Wartości współrzędnych  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  wyznaczano przy użyciu programu X-Rite Color Master. Wartości nasycenia ( $C^*$ ) i kąta odcienia ( $h^\circ$ ) obliczano zgodnie z PN-89 E-04042/01 [15].

W celu oznaczenia podatności na retrogradację sporządzano 2 % wodne kleiki skrobiowe i 40 % wodne roztwory badanych maltodekstryn. Każdy z badanych kleików oraz roztworów był sporządzany w trzech niezależnych powtórzeniach. Tak przygotowane próbki przechowywano w temp. 8 °C. Pomiar turbidancji dokonywano w dniu przygotowania próbek oraz po 1, 3, 5, 7, 10, 14 i 21 dniach ich przechowywania.

Krzywe płynięcia roztworów maltodekstryn i kleików skrobiowych wykreślono przy zastosowaniu reometru rotacyjnego Rheolab MC1 (Physica Meßtechnik GmbH, Niemcy), wykorzystując jako system pomiarowy układ współosiowych cylindrów (roztwory maltodekstryn – cylinder Z2 DIN – średnica cylindra wewnętrznego 45,00 mm, zewnętrznego 48,80 mm; kleiki skrobi – cylinder Z3 DIN - średnica cylindra wewnętrznego 25,00 mm, zewnętrznego 27,12 mm). Reometr i termostat (Viscotherm2) były sterowane komputerowo w programie US 200 ((Physica Meßtechnik GmbH, Niemcy). W celu wyznaczenia krzywych płynięcia sporządzano 2 % wodne kleiki i 40 % wodne roztwory maltodekstryn. Tak przygotowane próbki mieszano przez 15 min w temp.  $20 \pm 2$  °C przy użyciu mieszadła mechanicznego z szybkością 300 obr./min. Następnie naczynie z próbką ogrzewano w łaźni wodnej o temp.  $95 \pm 1$  °C przez 15 min, przy ciągłym mieszaniu mieszadłem z prędkością 300 obr./min. Bezpośrednio po przygotowaniu, roztwory maltodekstryn umieszczano w elemencie pomiarowym reometru i termostatowano przez 10 min do temp. pomiaru wynoszącej  $50 \pm 0,5$  °C.

Krzywe płynięcia wykreślano według programu:

- wzrastająca prędkość ścinania w zakresie  $1-300$  s<sup>-1</sup>, w ciągu 10 min,
- stała prędkość ścinania  $300$  s<sup>-1</sup>, w ciągu 2 min,

– malejąca prędkość ścinania w zakresie 1-300 s<sup>-1</sup>, w ciągu 10 min.

Do opisu krzywych płynięcia zastosowano model reologiczny Herschela-Bulkley'a [3, 23]:

$$\tau = \tau_0 + K \cdot (\dot{\gamma})^n$$

gdzie:

$\tau$  – naprężenie ścinające [Pa],

$\tau_0$  – granica płynięcia [Pa],

$K$  – współczynnik konsystencji [Pa·s<sup>n</sup>],

$\dot{\gamma}$  – prędkość ścinania [s<sup>-1</sup>],

$n$  – wskaźnik płynięcia,

Obliczenia parametrów zastosowanego modelu wykonano, wykorzystując oprogramowanie komputerowe US 200.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie za pomocą dwuczynnikowej analizy wariancji przy użyciu programu Statistica 9.0 (test Duncana,  $p = 0,05$ )

## Wyniki i dyskusja

Wyniki pomiarów zawartości białka i tłuszczu zamieszczono w tab. 1. Nie zaobserwowano wpływu pola mikrofalowego na zmianę zawartości białka w badanych próbkach w porównaniu z próbkami niemodyfikowanymi fizycznie (tab. 1). Stwierdzono również, że oddziaływanie polem mikrofalowym na skrobię kukurydzianą spowodowało zmniejszenie zawartości tłuszczu. Natomiast wśród hydrolizatów kukurydzianych, tylko maltodekstryna średniosukrzona poddana działaniu pola mikrofalowego o mocy 800 W zawierała znacząco mniej lipidów w porównaniu z maltodekstryną niemodyfikowaną fizycznie lub modyfikowaną polem o mniejszej mocy (tab. 1). Z kolei modyfikacja maltodekstryny wysokosukrzanej polem mikrofalowym nie wpłynęła na zmianę zawartości tłuszczu. Należy jednak zwrócić uwagę, że hydrolizat o najwyższym stopniu depolimeryzacji miał znacznie mniejszą zawartość tłuszczu niż maltodekstryna średniosukrzona i skrobia wyjściowa. Najprawdopodobniej przyczyną takiego poziomu lipidów w wysokosukrzanej maltodekstrynie był znacznie dłuższy czas hydrolizy podczas otrzymywania tego hydrolizatu.

Oddziaływanie polem mikrofalowym na hydrolizaty kukurydziane wpłynęło na zmianę wartości równoważnika glukozowego DE (tab. 1). Ogrzewanie maltodekstryn kukurydzianych w polu mikrofalowym o mocy 800 W spowodowało obniżenie wartości DE. Podobną zależność wykazano w przypadku maltodekstryn ziemniaczanych [17]. Z kolei modyfikacja hydrolizatów kukurydzianych w polu mikrofalowym o mocy 440 W spowodowała wzrost wartości równoważników DE (tab. 1), czego nie zaobserwowano w przypadku maltodekstryn pochodzenia ziemniaczanego [17].

Tabela 1

Zawartość białka, tłuszczu oraz wartość równoważnika glukozowego badanych próbek skrobi i maltodekstryn.

Content of protein, fat, and value of Dextrose Equivalent of starch and maltodextrine samples studied.

Próbka Sample	Białko / Protein [%]	Tłuszcz / Fat [%]	Równoważnik glukozowy DE Dextrose Equivalent
S	0,30 a	0,66	-
S440W	0,30 a	0,50 a	-
S800W	0,31 a	0,51 a	-
MS	0,34 a, b	0,46 b	16,75
MS 440W	0,41 b	0,45 b	17,23
MS 800W	0,40 b	0,34	14,40
MW	0,22 c	0,25 c	25,39
MW 440W	0,29 a, c	0,29 c	26,35
MW 800W	0,28 a, c	0,23 c	20,62

Objaśnienia / Explanatory notes:

Tymi samymi małymi literami a - c oznaczono wartości średnie w kolumnach nie różniące się statystycznie istotnie na poziomie  $p = 0,05$ ;  $n = 3$  / Mean values in the columns, and denoted by small a to c letters, do not differ statistically significantly at  $p = 0.05$ ;  $n = 3$ ; S – skrobia natywna / native starch; MS – maltodekstryna średniosukrzona / maltodextrine showing a medium DE value; MW – maltodekstryna wysokosukrzona / maltodextrine showing a high DE value; 440W – próbki mikrofalowane w polu mikrofalowym o mocy 440 W / samples irradiated in a 440 W microwave field; 800 W – próbki mikrofalowane w polu mikrofalowym o mocy 800 W / samples irradiated in a 800 W microwave field.

Równie istotną obserwacją jest wpływ ogrzewania polem mikrofalowym skrobi kukurydzianej i jej hydrolizatów na wartości parametrów barwy. Modyfikacja fizyczna skrobi oraz hydrolizatu niskosukrzzonego, niezależnie od użytej mocy pola mikrofalowego, wpłynęła na zmniejszenie jasności ( $L^*$ ) tych próbek (tab. 2). Przy czym tylko w przypadku maltodekstryny średniosukrzzonej obniżenie wartości parametru  $L^*$  było tym większe, im większa była moc pola mikrofalowego użytego podczas modyfikacji. Nie zaobserwowano takiej zależności w hydrolizatach pochodzenia ziemniaczanego [18]. Z kolei w przypadku hydrolizatu o najwyższym stopniu depolimeryzacji dopiero użycie pola mikrofalowego o mocy 800 W wpłynęło na istotne zmniejszenie jasności maltodekstryny (tab. 2). Podobne obserwacje uzyskano w przypadku hydrolizatów ziemniaczanych [18].

Fizyczna modyfikacja hydrolizatów skrobi kukurydzianej spowodowała przesunięcie wartości parametru barwy  $a^*$  w kierunku liczb dodatnich i było ono tym większe, im wyższa była użyta moc pola mikrofalowego. Należy jednak zwrócić uwagę, że tylko preparaty uzyskane po ogrzewaniu w polu mikrofalowym o mocy 800 W wyka-

zały dodatnie wartości składowej barwy  $a^*$ . Dowodzi to, że tylko ich barwa zawierała czerwoną składową. Preparaty te charakteryzowały się wyraźnie zmienioną barwą, dostrzegalną wzrokowo. Również pole mikrofalowe wpłynęło istotnie na zmianę wartości parametru  $b^*$ . Wszystkie próbki poddane działaniu pola mikrofalowego, niezależnie od użytej mocy, wykazały wyższe wartości składowej  $b^*$ , co dowodzi braku niebieskiej składowej w barwie badanych preparatów (tab. 2). Poddanie zarówno skrobi kukurydzianej, jak i jej hydrolizatów modyfikacji fizycznej zwiększyło nasycenie ( $C^*$ ) barwy próbek, ale jednocześnie obniżyło wartość kąta odcienia ( $h^\circ$ ). Jednak takich zmian nie zaobserwowano w przypadku maltodekstryn pochodzenia ziemniaczanego [18]. Przyczyny zmiany nasycenia oraz kąta odcienia po ogrzewaniu maltodekstryn kukurydzianych w polu mikrofalowym można doszukiwać się w innym składzie chemicznym w porównaniu ze skrobią ziemniaczaną. Prawdopodobnie większa zawartość lipidów mogła wpłynąć na tak znaczące zmiany wartości parametru  $C^*$  i  $h^\circ$ .

Tabela 2

Wartości parametrów barwy skrobi kukurydzianej i maltodekstryn kukurydzianych wyjściowych oraz poddanych działaniu pola mikrofalowego o mocy 440 W lub 800 W.  
Colour parameters of initial samples of native corn starch and corn maltodextrines and of samples irradiated in a 440 W or 800 W microwave fields.

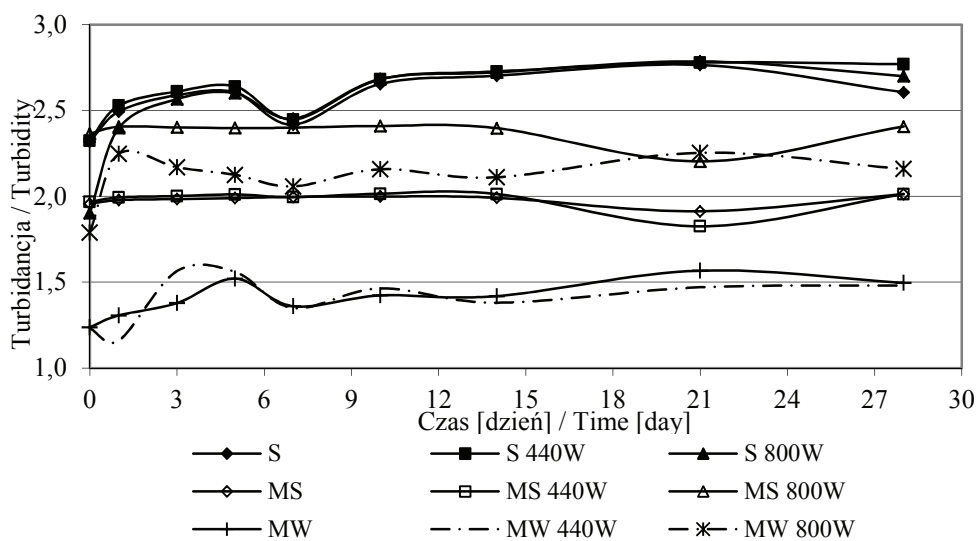
Próbka / Sample	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$
S	96,25	-0,63 a	4,01 a	4,06 a	98,86 a
S 440W	94,65 a	-0,63 a	4,73 b	4,77 b	97,53 b
S 800W	94,45 a	-0,70 a	4,88 b	4,93 b	98,11 b
MS	93,35	-0,63 a	4,12 a	4,17 a	98,69 a
MS 440W	92,38 b	-0,47 b	4,33 c	4,35 c	96,14 c
MS 800W	81,62 c	2,53	11,78	12,04	77,90
MW	92,79 b	-0,63 a	4,33 c	4,38 c	98,28 a
MW 440W	93,95 a,b	-0,43 b	4,42 c	4,44 c	95,49 c
MW 800W	81,70 c	2,70	14,44	14,69	79,41

Objaśnienia, jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

W trakcie przeprowadzonych oznaczeń wpływu pola mikrofalowego na retrogradację badanych próbek nie stwierdzono istotnych zmian zmętnienia próbek poddanych działaniu pola mikrofalowego o mocy 440 W w porównaniu z próbkami niemodyfikowanymi fizycznie (rys. 1). Podobnych spostrzeżeń dokonano podczas analizy hydrolizatów pochodzenia ziemniaczanego [17], z tą jednak różnicą, że stopień zmętnienia hydrolizatów kukurydzianych zależał od stopnia scukrzenia, co potwierdza obserwację,

że szybkość retrogradacji determinowana jest długością łańcuchów obecnych w próbce [11], a tym samym stopniem hydrolizy skrobi.

Z kolei poddanie obu hydrolizatów kukurydzianych działaniu pola mikrofalowego o mocy 800 W spowodowało wzrost zmętnienia próbek w całym okresie prowadzenia analiz w porównaniu z próbkami niemodyfikowanymi w polu mikrofalowym lub ogrzewanymi w polu o mocy 440 W (rys. 1). Tę samą zależność zaobserwowano w przypadku hydrolizatów ziemniaczanych [17].



Oznaczenia symboli, jak pod tab. 1/ Explanatory notes as in Tab. 1.

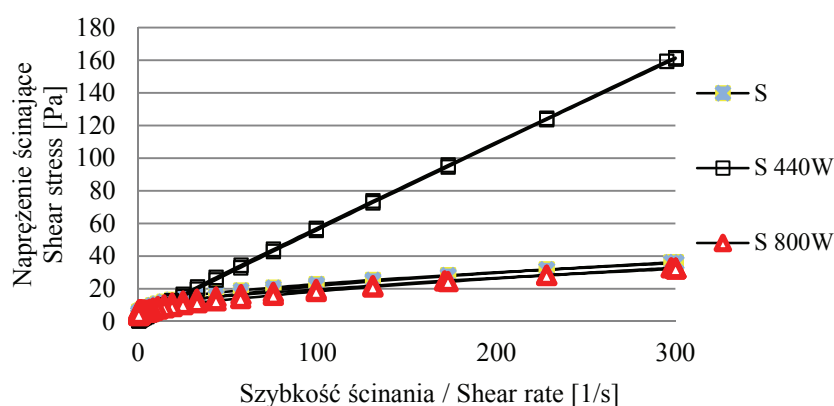
Rys. 1. Zdolność 2 % kleików skrobi i 40 % roztworów maltodekstryn do retrogradacji w temperaturze 8 °C.

Fig. 1. Retrogradation capacity of 2 % starch pastes and of 40 % solutions of maltodextrines at 8 °C.

Wyniki pomiarów reologicznych kleików skrobiowych oraz roztworów maltodekstryn przedstawiono w postaci krzywych płynięcia na rys. 2 - 3, a w tab. 3. zamieszczono uzyskane wartości liczbowe parametru modelu Herschela-Bulkley'a zastosowanego do opisu tych krzywych.

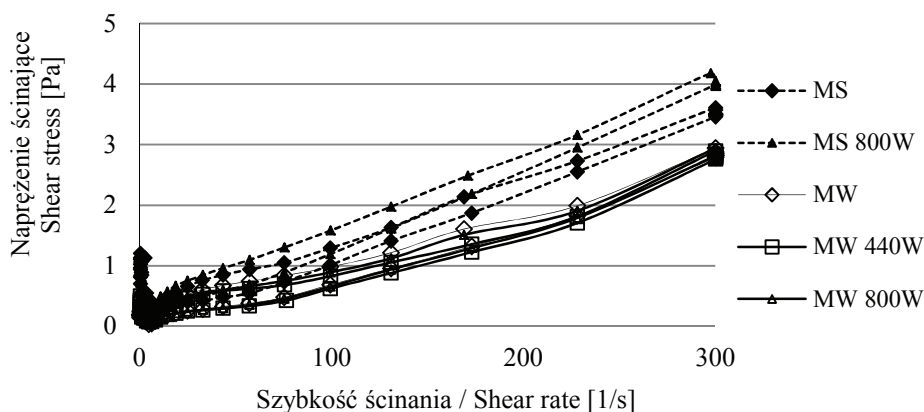
Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono, że zarówno stopień hydrolizy skrobi kukurydzianej, jak i użyta moc pola mikrofalowego podczas modyfikacji wpłynęła na właściwości reologiczne badanych preparatów. Kleiki ze skrobi kukurydzianej ogrzanej w polu mikrofalowym, niezależnie od mocy, charakteryzowały się znacznie niższymi wartościami naprężeń ścinających w całym zakresie zastosowanych prędkości ścinania (rys. 2). Z kolei roztwory maltodekstryn średniosukrzonych, poddanych oddziaływaniu pola mikrofalowego wykazały wyższe wartości naprężeń ścina-

jących. Zależność ta została również zaobserwowana podczas badań właściwości reologicznych hydrolizatów ziemniaczanych [16]. Jednakże w przypadku maltodekstryn kukurydzianych wartości naprężeń ścinających w całym zakresie zadanych prędkości ścinających były zdecydowanie niższe w porównaniu z hydrolizatami ziemniaczanymi [16]. Wyjątek stanowiła maltodekstryna kukurydziana, średniosukrzona ogrzewana w polu mikrofalowym o mocy 440 W, gdyż wykazała najwyższe wartości naprężeń ścinających. Wartości te były zbliżone do wartości charakteryzujących skrobię kukurydzianą modyfikowaną w polu o mocy 440 W (rys. 2 i 4).



Rys. 2. Krzywe płynięcia 2 % kleików skrobi wyjściowej i poddanej działaniu pola mikrofalowego o mocy 440 W lub 800 W.

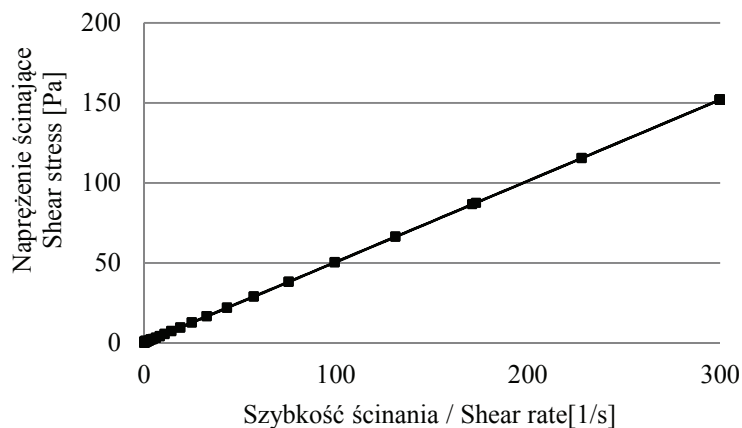
Fig. 2. Flow curves of 2 % pastes of native starch and of starch irradiated in a 440 W or 800 W microwave field.



Rys. 3. Krzywe płynięcia 40 % roztworów wyjściowych maltodekstryn średnio- i wysokosukrzonych oraz poddanych działaniu pola mikrofalowego.

Fig. 3. Flow curves of 40 % solutions of maltodextrins (showing medium and high DE values), and of samples thereof irradiated in microwave field.





Rys. 4. Krzywe płynięcia 40 % roztworu maltodekstryny średniosukrzonowej poddanej działaniu pola mikrofalowego o mocy 440 W.

Fig. 4. Flow curves of 40 % solution of maltodextrin (medium DE value) irradiated in 440 W microwave field.

Wysokie wartości współczynnika determinacji  $R^2$  świadczą o wysokim dopasowaniu wybranego modelu do danych eksperymentalnych. Wielkości współczynnika determinacji modelu Hershela-Bulkley'a badanych kleików i roztworów wynosiły od 0,936 do 0,998 (tab. 3). Świadczy to o dobrym dopasowaniu modelu do uzyskanych krzywych.

Z porównania wartości parametrów reologicznych badanych kleików i roztworów wynika, że kleiki skrobiowe charakteryzowały się znacznie wyższymi wartościami granicy płynięcia ( $\tau_0$ ) i współczynnika konsystencji (K) od parametrów hydrolizatów skrobiowych (tab. 3). Jednak oddziaływanie polem mikrofalowym zarówno na skrobię kukurydzianą, jak i jej hydrolizaty nie wpłynęło na zmiany wartości tych parametrów. Również modyfikacja fizyczna polimeru i jego hydrolizatów nie wpłynęła na wartość wskaźnika płynięcia (n) (tab. 3). Należy jednak podkreślić, że roztwory maltodekstryn charakteryzował większy stopień zagęszczania ścinaniem w porównaniu z kleikami skrobiowymi, a wartość ta była tym większa im wyższy był stopień scukrzenia skrobi (tab. 3).

Tabela 3

Wartości parametrów reologicznych modelu Hershela-Bulkley'a badanych kleików skrobi i roztworów maltodekstryn wyjściowych oraz poddanych działaniu pola mikrofalowego o mocy 440 W lub 800 W. Values of rheological parameters of Hershel-Bulkley model referring to starch pastes studied and to solutions of initial maltodextrines and of those irradiated in 400 W or 800 W microwave fields.

Próbka Sample	$\tau_0$ [Pa]	K [Pa·s <sup>n</sup> ]	n [-]	R <sup>2</sup>
S	3,33 a	2,57 a	0,44 a	0,9986
S440W	2,34 a	1,69 a	0,51 a, b	0,9963
S800W	3,73 a	1,13 a	0,58 a, b	0,9354
MS	0,18 b	0,03 b	0,86 b, c	0,9741
MS 440W	0,40 b	0,01 b	0,99 c, d	0,9857
MS 800W	0,09 b	0,05 b	0,73 a, b, c	0,9916
MW	0,11 b	0,01 b	1,02 d	0,9763
MW 440W	0,14 b	0,01 b	1,06 d	0,9760
MW 800W	0,30 b	0,02 b	1,03 d	0,9360

Objaśnienia / Explanatory notes:

Oznaczenia symboli, jak pod tab. 1. / Explanation of symbols as in Tab. 1

Tymi samymi małymi literami a, b, c, d oznaczono wartości średnie w kolumnach nie różniące się statystycznie istotnie na poziomie  $p = 0,05$ ;  $n = 3$  / Mean values in the columns, and denoted by the a, b, c, and d letters, do not differ statistically significantly at  $\alpha = 0.05$ ;  $n = 3$ .

## Wnioski

1. Modyfikacja skrobi kukurydzianej polem mikrofalowym o mocy 440 W lub 800 W nie wpłynęła na zawartość białka w badanych próbkach, jednak spowodowała zmniejszenie zawartości lipidów, natomiast w hydrolizatach skrobiowych nie spowodowała zmiany zawartości protein, a w przypadku średniosukrzanej maltodekstryny, także zawartości lipidów w porównaniu z nieogrzewanymi hydrolizatami.
2. Stwierdzono wpływ ogrzewania polem mikrofalowym na wartości równoważnika glukozowego DE maltodekstryn. Wartości tego parametru zwiększały się wraz ze wzrostem mocy użytej do modyfikacji hydrolizatów.
3. Ogrzewanie skrobi i jej hydrolizatów spowodowało zmianę wartości parametrów barwy, a użycie mocy 800 W przyczyniło się do widocznych zmian barwy.
4. Skrobia modyfikowana fizycznie nie wykazała zmian w retrogradacji, a hydrolizaty skrobiowe po ogrzaniu w polu mikrofalowym o mocy 800 W charakteryzowały się najniższymi wartościami turbidancji w całym okresie prowadzenia analizy.

5. Oddziaływanie polem mikrofalowym na skrobię kukurydzianą spowodowało znaczne obniżenie naprężeń ścinających podczas wykreślenia krzywych płynięcia. W przypadku maltodekstryn, tylko hydrolizat średnioscukrzony modyfikowany w polu o mocy 440 W wykazał podczas analiz reologicznych wyższe wartości naprężeń ścinających w porównaniu z hydrolizatami wyjściowymi. Jednak żadna z badanych próbek poddana ogrzewaniu w polu mikrofalowym nie zmieniła wartości parametrów reologicznych w porównaniu z próbkami wyjściowymi.

### Literatura

- [1] Fortuna T., Sobolewska J.: Maltodekstryny i ich wykorzystanie w przemyśle spożywczym. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2002, **2** (23), 100-109.
- [2] Fortuna T., Sobolewska-Zielińska J., Juszczyk L.: Wybrane właściwości reologiczne roztworów maltodekstryn ziemniaczanych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2002, **489**, 413-422.
- [3] Fortuna T., Przetaczek I., Dyrek K., Bidzińska E., Łabanowska M.: Some physicochemical properties of commercial modified starches irradiated with microwaves. *EJPAU*, 2008, **11**, 4, 20.
- [4] Gralik J.: Wpływ czynników fizycznych na wybrane właściwości fizykochemiczne, biochemiczne, technologiczne i odporność ziarna na owadzie szkodniki magazynowe. Rozpr. dokt. AR w Poznaniu, 2003.
- [5] Jacobson M.R., Obanni M., BeMiller J.N.: Retrogradation of starches from different botanical sources. *Cer. Chem.*, 1997, **74**, 5, 511-518.
- [6] Jarosławski L., Zielonka R., Słomińska L.: Zmiany lepkości roztworów maltodekstryn w zależności od stopnia ich scukrzenia. *Mat. Konf. Nauk. pt., „Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzania. Perspektywy ekologicznej produkcji ziemniaka w Polsce”*, Polanica Zdrój, 2002, ss. 137-138.
- [7] Lewandowicz G., Prochaska K., Grajek W., Krzyżaniak W., Majchrzak A., Ciapa T.: Właściwości użytkowe maltodekstryn w układach emulsyjnych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005, **1** (42), 35-47.
- [8] Maarel van M.J.E.C., Veen van der B., Uitdehaag J.C.M., Leemhuis H., Dijkhuizen L.: Properties and application of starch-converting enzymes of the  $\alpha$ -amylase family. *J. Biot.*, 2002, **94**, 137-155.
- [9] Mitrus M.: Zastosowanie mikrofal w technologii żywności. *Post. Nau. Rol.*, 2000, **4**, 99-114.
- [10] Parosa R.: Mikrofałe w przemyśle spożywczym. *Przem. Spoż.*, 2007, **1**, 15-19.
- [11] Pfannemülle B. Struktura i właściwości skrobi. *Materiały IV Letniej Szkoły Skrobiowej – Problemy modyfikacji skrobi*. Zawoja, 1992, ss. 63-78.
- [12] PN-EN ISO 3188:2000. Skrobia i produkty pochodne. Oznaczanie zawartości azotu metodą Kjeldahla. Metoda miareczkowa.
- [13] PN-ISO-3947:2001. Skrobie naturalne i zmodyfikowane. Oznaczanie całkowitej zawartości tłuszczu.
- [14] PN-78/A-74701. Hydrolizaty skrobiowe (krochmalowe). Metodyka badań.
- [15] PN-89 E-04042/01. Pomiary promieniowania optycznego. Pomiary kolorymetryczne. Postanowienia ogólne.
- [16] Przetaczek I., Fortuna T.: Wpływ ogrzewania mikrofalowego na właściwości reologiczne roztworów hydrolizatów skrobi o różnym stopniu depolimeryzacji. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009, **5** (66), 43-57.

- [17] Przetaczek-Rożnowska I., Fortuna T.: Wpływ ogrzewania mikrofalowego na zmianę wybranych właściwości maltodekstryn ziemniaczanych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, **2** (69), 111-131.
- [18] Przetaczek-Rożnowska I., Rożnowski J.: Wpływ oddziaływania pola mikrofalowego na zmiany barwy maltodekstryn o różnym stopniu scukrzenia. *Nauka Przyroda Technologie*, 2011, **5**, 3, #18.
- [19] Słomińska L.: Enzymatyczne metody transformacji skrobi. *Przem. Spoż.*, 1995, **12**, 472-475, 480.

#### **EFFECT OF MICROWAVE IRRADIATION ON SELECTED PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF CORN STARCH AND CORN MALTODEXTRINS SHOWING DIFFERENT DEXTROSE EQUIVALENTS**

##### **S u m m a r y**

The objective of the study was to assess the impact of microwave irradiation on the selected physical and chemical properties of corn starch gels and hydrolysates produced from corn starch.

The research material constituted a corn starch and corn maltodextrins showing a medium and high degree of saccharification. All samples of the initial material were heated in a 400 W or 800 W microwave oven. Next, the contents of protein and fat were determined in the samples, as were the colour parameters; the sensitivity of starch and its hydrolysates to retrogradation was analyzed; the flow curves were drawn of 2 % starch paste and of 40 % solutions of maltodextrins, at a temperature of 50 °C.

It was proved that the physical modification of both the corn starch and its hydrolysates contributed to the change in the fat content and in the values of colour parameters of the samples analyzed; however, it did not impacted any change in the content of proteins. The heating of the starch and maltodextrins in a microwave field caused the turbidance value to decrease over the entire period of analyses. In contrast, when rheological determinations were performed, it was found that the physical modification impacted the value of shear stresses during the analyses of maltodextrin solutions. However, no effect was found of the microwave irradiation of the corn starch and maltodextrins studied on the change in the rheological parameters of the samples prepared from the initial material studied.

**Key words:** corn starch and corn maltodextrins, microwave field, rheology, retrogradation, colour 