

## WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE I TEKSTURA KLEIKÓW NOWEGO TYPU SKROBI RS4

Joanna Le Thanh-Blicharz<sup>1</sup>, Zuzanna Małysek<sup>1</sup>, Aleksander Walkowski<sup>1</sup>, Agnieszka  
Drożdżyńska<sup>2</sup>, Grażyna Lewandowicz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego  
Oddział Koncentratów Spożywczych i Produktów Skrobiowych,  
ul. Starołęcka 40, 61-361 Poznań, e-mail: lethanh@man.poznan.pl

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
Katedra Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności,  
ul. Wojska Polskiego 48, 60-627 Poznań,

### STRESZCZENIE

Wśród szczególnie cennych z żywieniowego punktu widzenia składników żywności na szczególną uwagę zasługują oligo i polisacharydy nieskrobiowe oraz skrobia oporna na amyloлизę. Celem badań było otrzymanie preparatu skrobi odpornej typu RS4 metodą syczenia skrobi bezwodnikiem kwasu adypinowego i dalszej jego stabilizacji reologicznej poprzez reakcję acetylowania. Modyfikację chemiczną prowadzono przy użyciu trzech gatunków skrobi: ziemniaczanej, kukurydzianej zwykłej i kukurydzianej woskowej. Ponieważ właściwości reologiczne skrobi są kluczowe w odniesieniu do jej funkcjonalności jako dodatku do żywności w pracy scharakteryzowano profil tworzenia kleików przy pomocy wiskografu Brabendera, jak również zbadano lepkość kleików przy pomocy aparatu Brookfielda. Otrzymane preparaty poddano również analizie na podatność na działanie enzymów amylolytycznych. Strawność preparatów skrobiowych oznaczono jako ilość glukozy wydzielonej po 16-sto godzinnym trawieniu w warunkach *in vitro* amylazą trzustkową i amyloglukozydazą. Każdy z modyfikatorów charakteryzował się obniżoną opornością na amyloлизę w zakresie 40÷50%.

**Słowa kluczowe:** skrobia oporna, modyfikacja chemiczna, właściwości reologiczne

## **RHEOLOGICAL PROPERTIES AND TEXTURE OF NEW RS4 TYPE STARCH PASTES**

### **Summary**

Oligo and polysaccharides fructans, polydextrose and resistant starch (RS) as well are known as constituents of food playing an important role for health promotion and disease risk reduction. The aim of this study was the cross linking modification of starch by means of adipic acid anhydride and subsequent acetylation. Potato, corn and waxy corn starches were the raw material for chemical modification. Due to the great importance of rheological properties of RS4 starches on their functionality as a food additives the Brabender pasting curves, Brookfield viscosity profiles and texture parameters of starches have been determined. All studied products showed good rheological stability and good resistance on amylolytical enzymes in range of 40÷50%.

**Key words:** resistant starch, chemical modification, rheological properties.

### **WPROWADZENIE**

Żywność zawiera szereg różniących się pod względem trawiennym i metabolicznym substancji cukrowych – węglowodanów. W oparciu o aktualną wiedzę o mechanizmach wpływu węglowodanów na fizjologię i zdrowie człowieka można je podzielić na:

- węglowodany dostępne – trawione i absorbowane w jelicie cienkim dostarczające tym samym materiału do dalszego metabolizmu w organizmie ludzkim;
- węglowodany odporne, nie podlegające procesowi trawienia w jelicie cienkim lub w ograniczonym stopniu absorbowane/metabolizowane.

Z żywieniowego punktu widzenia dominującym węglowodanem charakteryzującym się cechą oporności jest błonnik pokarmowy. Obok tej frakcji występuje również szereg cukrowców opornych zarówno w postaci naturalnych składników żywności, jak i dodanych do produktu składników funkcjonalnych. W tej grupie występują np. wyekstrahowane gumy naturalne, oligosacharydy takie jak fruktany, polidekstroza, odporne maltodekstryny oraz skrobie odporne (RS). Związki te noszą również cechy pro- i prebiotyków [Fuentes-Zaragoza i in 2011]. Oporność skrobi na amyloлизę może być wywołana różnymi przyczynami: mechanicznym zamknięciem w ścianach komórkowych roślin (RS1), strukturą nadcząsteczkową niektórych skrobi naturalnych (RS2), retrogradacją skleikowanej skrobi (RS3) oraz zmianami chemicznymi (RS4). Jak dotąd największe znaczenie ma skrobia retrogradowana (RS3),

natomiast skrobia oporna otrzymana w drodze modyfikacji chemicznej RS4 nie zdobyła popularności głównie ze względu na problemy związane z wypełnieniem wymogów JECFA FAO/WHO [1997]. Przykładowo opracowano sposób otrzymywania cytrynianów skrobiowych o zawartości frakcji RS do 78%, których oporność na trawienie enzymatyczne jest związana m.in. z brakiem rozpuszczalności w wodzie (Tegge 2004). Niestety cytryniany skrobiowe nie zostały dotychczas wpisane na listę pozytywną FAO/WHO [1997] jak również Komisji Europejskiej JECFA [2000]. Ostatnio zainteresowanie budzi wykorzystanie procesu acetylacji jako elementu technologii produkcji skrobi odpornej. Opisano preparaty skrobi retrogradowanej i następnie acetylowanej, których strawność została obniżona o ok. 40% [Zięba T. i in. 2011a]. Celem pracy była charakterystyka reologiczna nowego typu skrobi RS4 otrzymanego metodą modyfikacji chemicznej wykorzystującej procesy sieciowania i acetylacji zaaprobowane przez JECFA.

### MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał badawczy stanowiły trzy skrobie naturalne o różnym pochodzeniu botanicznym:

- ziemniaczana (WPPZ Luboń, Polska)
- kukurydziana (Hortimex, Konin, Polska)
- kukurydziana woskowa (National Starch and Chemicals, USA).

Modyfikacje skrobi prowadzono przy pomocy nowego czynnika sieciującego zawierającego w swoim składzie bezwodnik adypinowy i octowy (Instrukcja Technologiczna Licencji na produkcję preparatu „Adamyl” 1995). Proces prowadzono w zawiesinie wodnej w środowisku alkalicznym utrzymywanym za pomocą dozowanego równoległe z środkiem sieciującym roztworu ługu. Po zakończonej reakcji zawiesinę zubożętniano, otrzymaną skrobię modyfikowaną filtrowano na filtrze próżniowym i przemywano dwukrotnie w celu wymycia nieprzereagowanych substratów i produktów ubocznych. W wyniku zastosowania różnych dawek czynnika sieciującego otrzymano po trzy preparaty z każdej z badanych skrobi, którym nadano odpowiednie symbole (tabela 1).

Oznaczono następujące wyróżniki:

- strawność – w warunkach *in vitro* definiowaną jako ułamek ilości wytworzonej glukozy po 16-godzinnej inkubacji kleików skrobi modyfikowanych z  $\alpha$ -amylazą trzustkową i amyloglukozydazą w temperaturze 37°C [Le Thanh-Blicharz 2009];
- zawartość grup adypinowych – techniką wysokosprawną chromatografią cieczową (HPLC) na chromatografie Agilent Technologies 1200 series (zestaw: automatyczny

podajnik próbek G1329B, pompa podwójna G1312B z detektorem diodowym G1315C z przeglądem widma (190-400nm), przy długości fali 210 nm). Do oznaczeń użyto kolumnę Aminex HPX-87H 300x7,8mm (BIO-RAD). Jako eluent stosowano 0,001M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : ACN (96:4), przy przepływie 0,6 ml/min, izokratycznie. Oznaczenia prowadzono w temperaturze 80°C. Próbkę nanoszono na kolumnę w ilości 30 µl. Identyfikacji jakościowej i ilościowej dokonano metodą standardu wewnętrznego (kwas pimelinowy) z wykorzystaniem powierzchni pików (pomiar i integracja komputerowa z zastosowaniem ChemStation for LC 3D systems, Agilent). Pomiary wykonano w trzech powtórzeniach, a prezentowane wyniki stanowią średnią arytmetyczną.

- zawartość grup acetylowych zgodnie z metodyką zalecaną przez JECFA [1997]. W tym celu grupy acetylowe zawarte w próbkach skrobiowych hydrolizowano za pomocą wodorotlenku sodu, a nadmiar użytego ługu miareczkowano alkacymetrycznie przy pomocy kwasu solnego. Pomiary wykonywano w czterech powtórzeniach, a wynik podawano jako średnią.

Zawiesiny skrobiowe o stężeniu 5% poddawano badaniom przebiegu kleikowania przy pomocy wiskografu Brabendera (Brabender® GmbH & Co. KG, Niemcy) z zastosowaniem następujących parametrów pomiaru:

- puszka pomiarowa – 700 Nm,
- szybkość ogrzewania/chłodzenia – 1,5°C/min
- czas termostatowania – 30 minut.
- kleiki skrobiowe do badań przy pomocy wiskozymetru Brookfielda sporządzano bezpośrednio przed pomiarami z zastosowaniem zarówno procesu pasteryzacji jak i sterylizacji. W tym celu zawiesinę skrobiową kleikowano w łaźni wodnej z użyciem mieszadła mechanicznego przez 10 minut – tak przygotowane roztwory znakowano jako pasteryzowane. W celu otrzymania roztworów sterylizowanych kleiki pasteryzowane poddawano dodatkowej obróbce w temperaturze 121°C w czasie 15minut w autoklawie Sturdy Industrial CO., LTD, (Taiwan). Pomiar za pomocą aparatu Brookfielda prowadzono w temperaturze 21°C i 50°C dla 50 obr/min. Pomiary wykonano w trzech powtórzeniach, a prezentowane wyniki stanowią średnią arytmetyczną.
- analiza uniwersalnego profilu tekstury (TPA): Badania te prowadzono przy pomocy teksturometru TA-XT2 firmy Stable Micro Systems (USA) sprężonego

z komputerem z użyciem programu Texture Expert Exceed. W tym celu badane próbki były penetrowane dwukrotnie aluminiową sondą cylindryczną o średnicy 35 mm na głębokość 20 mm z prędkością 0,5 mm/s. Pomiary przeprowadzono w temperaturze pokojowej w odniesieniu do czterech niezależnych prób. Badano następujące wyróżniki tekstury: twardość (N), adhezyjność (N×s), spójność (N×s), sprężystość (mm) i gumowatość (N<sup>2</sup>×s). Pomiary wykonano w trzech powtórzeniach, a prezentowane wyniki stanowią średnią arytmetyczną.

## **WYNIKI I DYSKUSJA**

Oferowane na polskim rynku preparaty acetylowanego adypinianu dwuskrobiowego były zaprojektowane jako substancje mające na celu nadanie odpowiednich cech reologicznych oraz stabilizację różnych produktów spożywczych, głównie o charakterze emulsji (lit). Charakteryzują się nieco obniżoną, w stosunku do skrobi naturalnej strawnością (maksymalnie do 90%), jednak poziom ten sprawia, że nie mogą być rekomendowane jako preparaty skrobi odpornej [Le Thanh i in. 2007].

**Tabela 1.** Charakterystyka chemiczna badanych skrobi modyfikowanych

*Chemical characterization of examined modified starches*

Symbol preparatu	Skrobia naturalna użyta jako surowiec	Zawartość grup adypinowych [%]	Zawartość grup acetylowych [%]	Strawność [%]
ZL	ziemniaczana	0,06±0,01	0,11±0,01	52,7±1,1
ZM		0,26±0,09	1,46±0,09	50,5±1,2
ZH		0,45±0,12	3,33±0,18	48,1±0,5
KL	kukurydziana	0,06±0,01	0,11±0,01	52,0±1,2
KM		0,23±0,11	0,77±0,14	50,2±1,3
KH		0,44±0,13	1,51±0,11	48,4±1,7
KWL	kukurydziana woskowa	0,08±0,01	0,43±0,13	48,4±0,7
KWM		0,32±0,12	0,67±0,14	45,8±2,7
KWH		0,55±0,14	0,78±0,11	43,5±2,1
preparat handlowy E 1422	ziemniaczana	0,03±0,01	1,21±0,02	93,0±1,2

gdzie: ZL, KL, KWL – skrobie modyfikowane o niskim stopniu podstawienia, ZM, KM, KWM – skrobie modyfikowane o średnim stopniu podstawienia, ZH, KH, KWH – skrobie modyfikowane o wysokim stopniu podstawienia

Otrzymane z zastosowaniem nowego typu czynnika sieciującego preparaty skrobi modyfikowanej (tabela 1) charakteryzowały się znacznie bardziej obniżoną strawnością (w granicach 45-52%). Poziom obniżenia strawności pozytywnie korelował ze stopniem podstawienia zarówno grupami adypinowymi jak i acetylowymi. Niestety część z badanych preparatów nie spełniała wymogów JECFA odnośnie do maksymalnej zawartości grup adypinowych – maksymalnie do 0,135%. Kilkukrotny wzrost zawartości grup adypinowych powodował obniżenie strawności tylko o kilka procent, dlatego dalsza optymalizacja procesu otrzymywania skrobi modyfikowanej prawdopodobnie pozwoliłaby na otrzymanie preparatu spełniającego wymogi JECFA o strawności obniżonej nie mniej niż 50%.

Pierwsze preparaty skrobi odpornej oferowane na rynku charakteryzowały się ograniczoną rozpuszczalnością, co powodowało, iż nie posiadały one typowej dla skrobi spożywczych zdolności zagęszczająco-stabilizującej. Aktualnie poszukuje się preparatów skrobi odpornej, które łączyłyby funkcję probiotyczną z teksturotwórczą [Zięba i in. 2011b]. Analiza wyników

zamieszczonych w tabeli 2 wyraźnie wskazuje na szereg prawidłowości związanych z pochodzeniem botanicznym surowca skrobiowego, jak i z parametrami syntezy modyfikatorów skrobiowych. Przebieg kleikowania badanych skrobi wg Brabendera charakteryzuje skrobię ziemniaczaną modyfikowaną jako materiał wykazujący znacznie wyższą lepkość niż odnośnikowe skrobie kukurydziane. Odnosi się to do parametru lepkości mierzonego w odniesieniu dla wszystkich stopni usieciowania, lepkości w maksimum kleikowania jak i lepkości końcowej fazy chłodzenia. Na uwagę zasługuje fakt, że wzrost stopnia usieciowania wszystkich badanych preparatów skrobi ziemniaczanej i skrobi kukurydzianych wpływał na obniżenie lepkości w końcowej fazie chłodzenia. Z technologicznego punktu widzenia bardzo ważnym parametrem reologii skrobi jest jej lepkość w przedziale tzw. „break down” i „setback”. Im bardziej zbliżona do zera wartość pierwszego z parametrów, tym bardziej skrobia uznawana jest za reologicznie stabilną. Wyniki pomiarów „break down” wyraźnie wskazują, że sieciowana skrobia ziemniaczana charakteryzuje się znacznie mniejszą stabilnością reologiczną od sieciowanych skrobi kukurydzianych. Poprawa stabilności reologicznej tejże skrobi obserwowana jest w przypadku zastosowania wyższych stopni usieciowania. Biorąc pod rozwagę wyniki uzyskane w odniesieniu do skrobi ziemniaczanej należy zwrócić szczególną uwagę na wyniki uzyskane w odniesieniu do skrobi kukurydzianej woskowej, gdzie stabilność reologiczną obserwuje się nawet w preparatach o najniższym stopniu usieciowania. Wyniki pomiarów „setback” (obrazujące szybkość przyrostu lepkości w fazie chłodzenia) wskazują, że ten pożądaný z technologicznego punktu widzenia parametr najwyższą wartość uzyskuje w przypadku niskosieciowanej skrobi ziemniaczanej. Zwiększenie stopnia usieciowania powoduje drastyczny spadek wartości tego parametru. Sieciowana skrobia kukurydziana zwykła charakteryzuje się niskimi wartościami „setback” i brak tu wyraźnej korelacji tego parametru ze stopniem usieciowania. Pomiar wartości „setback” sieciowanej skrobi kukurydzianej woskowej wskazuje, że skrobia ta charakteryzuje się umiarkowaną tendencją do tężenia kleików w fazie chłodzenia, zmniejszającą się wraz ze stopniem usieciowania.

**Tabela 2.** Parametry kleikowania 5% skrobi modyfikowanych różnego pochodzenia botanicznego  
*Parameters of 5% different origin modified starch pastes*

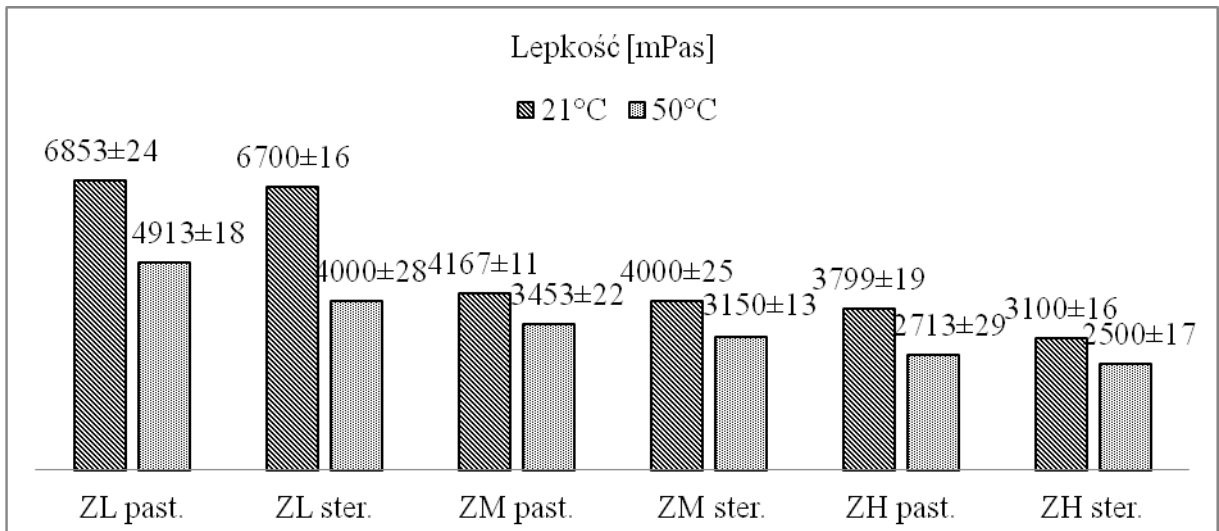
	Skrobia sieciowana ziemniaczana								
	ZL			ZM			ZH		
	Czas [min]	Lepkość [BU]	Temp [°C]	Czas [min]	Lepkość [BU]	Temp [°C]	Czas [min]	Lepkość [BU]	Temp [°C]
Początek kleikowania	25	25	62,4	25		61,8	25	22	61,0
Maks. lepkość	30	830	69,7	31	558	71,3	32	521	72,6
Początek fazy stałego ogrzewania	45	743	91,5	45	515	91,8	45	491	91,6
Początek fazy chłodzenia	65	719	92,3	65	509	92,4	65	489	92,4
Koniec fazy chłodzenia	110	1700	29,8	110	639	25,7	110	604	26,5
Breakdown		110			49			31	
Setback		978			130			114	
	Skrobia sieciowana kukurydziana zwykła								
	KL			KM			KH		
	Czas [min]	Lepkość [BU]	Temp [°C]	Czas [min]	Lepkość [BU]	Temp [°C]	Czas [min]	Lepkość [BU]	Temp [°C]
Początek kleikowania	40	21	83,8	40	22	84,1	41	21	85,5
Maks. lepkość	45	213	92,2	47	239	93,0	65	111	92,4
Początek fazy stałego ogrzewania	45	211	91,7	45	224	92,0	45	72	91,5
Początek fazy chłodzenia	65	179	92,4	65	238	92,4	65	111	92,4
Koniec fazy chłodzenia	110	259	26,4	110	261	26,3	110	162	26,5
Breakdown		34			2			0	
Setback		79			23			51	



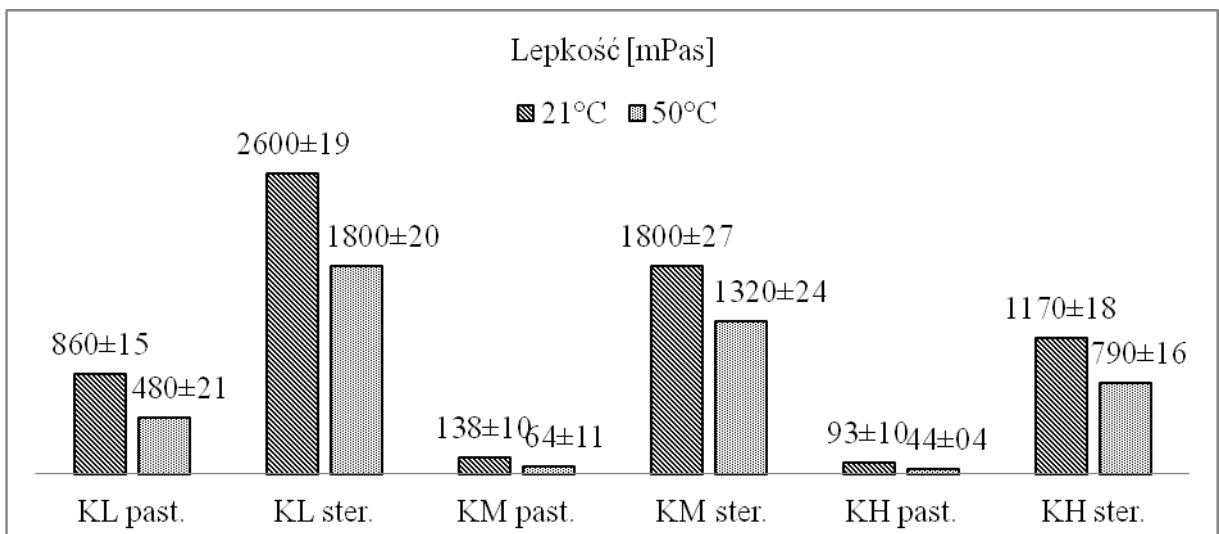
	Skrobia sieciowana kukurydziana woskowa								
	KWL			KWM			KWH		
	Czas [min]	Lepkość [BU]	Temp [°C]	Czas [min]	Lepkość [BU]	Temp [°C]	Czas [min]	Lepkość [BU]	Temp [°C]
Początek kleikowania	28	23	66,6	28	14	66,5	28	20	66,7
Maks. lepkość	65	300	92,4	65	194	92,4	65	59	92,4
Początek fazy stałego ogrzewania	45	278	91,9	45	126	91,9	45	31	91,8
Początek fazy chłodzenia	65	300	92,4	65	194	92,4	65	59	92,4
Koniec fazy chłodzenia	110	469	25,96	110	340	26,1	110	158	26,4
Breakdown		0			0			0	
Setback		169			146			99	

gdzie: ZL, KL, KWL – skrobie modyfikowane o niskim stopniu podstawienia, ZM, KM, KWM – skrobie modyfikowane o średnim stopniu podstawienia, ZH, KH, KWH – skrobie modyfikowane o wysokim stopniu podstawienia

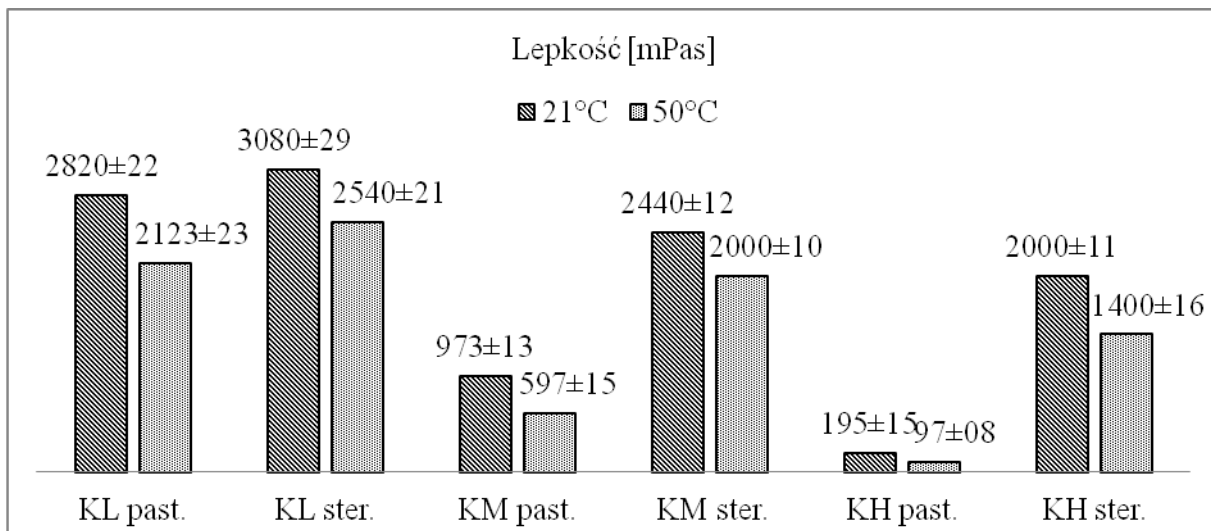
Oprócz przebiegu kleikowania niezwykle istotnego z punktu widzenia zmian preparatu wtoku przebiegu procesu technologicznego, z punktu widzenia użytkownika najważniejsze są właściwości gotowego kleiku w temperaturze stosowania oraz przechowywania. Jak wynika z danych przytoczonych na rysunkach 1÷3 we wszystkich przypadkach uzyskiwano wyższe wartości i lepkości w odniesieniu do skrobi sterylizowanych. Wzrost lepkości skrobi sieciowanych w warunkach sterylizowanych wynika z konieczności dostarczenia do układu większej ilości energii potrzebnej do destrukcji wzmocnionej w skutek sieciowania struktury molekularnej. Efekt ten najbardziej widoczny był w przypadku sieciowanej skrobi kukurydzianej zwykłej i kukurydzianej woskowej średniego i wysokiego usieciowania. Zmniejszenie lepkości związane ze zwiększeniem stopnia usieciowania preparatów (ponad wartości zalecane przez JECFA) wskazuje również na konieczność optymalizacji technologii otrzymywania RS4 w celu poprawy właściwości użytkowych przy zachowaniu potencjału prebiotycznego.



**Rysunek 1.** Lepkość 5% pasteryzowanych i sterylizowanych kleików RS4 na bazie skrobi ziemniaczanej  
*Viscosity of 5% pasteurized and sterilized RS4 type potato starch pastes*



**Rysunek 2.** Lepkość 5% pasteryzowanych i sterylizowanych kleików RS4 na bazie skrobi kukurydzianej zwykłej  
*Viscosity of 5% pasteurized and sterilized RS4 type corn starch pastes*



**Rysunek 3.** Lepkość 5% pasteryzowanych i sterylizowanych kleików RS4 na bazie skrobi kukurydzianej woskowej  
*Viscosity of 5% pasteurized and sterilized RS4 type waxy corn starch pastes*

Wyniki pomiarów wybranych parametrów tekstury kleików skrobi modyfikowanych: ziemniaczanych, kukurydzianych zwykłych oraz kukurydzianych woskowych, poddanych obróbce termicznej w warunkach sterylizujących, pozwalają na zaobserwowanie szeregu prawidłowości. Omówione poniżej wyniki przedstawiono w tabeli 3

**Tabela 3.** Parametry tekstury sterylizowanych kleików skrobi modyfikowanych.  
*Texture parameters of sterilized modified starch pastes*

		Twardość [N]	Adhezyjność [N×s]	Spójność [N×s]	Sprężystość [mm]	Gumowatość [N <sup>2</sup> ×s]
Ziemniaczana 5%	ZL	0,50	-1,19	0,71	0,98	0,35
	ZM	0,48	-1,52	0,79	1,0	0,38
	ZH	0,53	-1,57	0,84	1,0	0,44
Kukurydziana zwykła 5%	KL	0,77	-2,27	0,48	0,8	0,37
	KM	0,45	-1,05	0,7	0,93	0,31
	KH	0,24	-0,48	0,70	1,41	0,17
Kukurydziana woskowa 5%	KWL	0,47	-1,95	0,65	0,95	0,30
	KWM	0,42	-1,76	0,77	0,98	0,32
	KWH	0,40	-1,06	0,79	0,97	0,32

O ile twardość kleików skrobi ziemniaczanych nie zależy w istotnym stopniu od stopnia usieciowania preparatu skrobiowego, to w przypadku skrobi kukurydzianej woskowej obserwuje się obniżenie mierzonego parametru wraz ze wzrostem stopnia usieciowania.

Natomiast w przypadku skrobi kukurydzianej zwykłej efekt ten jest bardzo wyraźny. Proces sieciowania skrobi ziemniaczanej bardzo mocno wpływa na zmniejszenie jej adhezyjności i staje się porównywalna z adhezyjnością sieciowanej skrobi kukurydzianej woskowej. Ma to duże znaczenie praktyczne, gdyż ze względu na relatywnie „długi” kleik, skrobie ziemniaczane, w porównaniu do skrobi kukurydzianych są niekorzystnie postrzegane przez konsumentów. Intensywność procesu sieciowania skrobi ziemniaczanej nieznacznie wpływa na wzrost adhezyjności kleików, natomiast przeciwny efekt obserwuje się w sieciowanych skrobiach kukurydzianych.

Wyniki pomiarów spójności wskazują, że wzrost stopnia usieciowania powoduje wzrost tego parametru w kleikach wszystkich badanych skrobi, co może przyczynić się do wyższego stopnia akceptacji konsumenckiej preparatów skrobi wyżej sieciowanych. O ile stopień usieciowania skrobi ziemniaczanej nie wpływa na sprężystość kleiku, to w przypadku sieciowanych skrobi kukurydzianych parametr ten jest wprost proporcjonalnie zależny od intensywności procesu sieciowania. Wzrost stopnia usieciowania skrobi kukurydzianej woskowej praktycznie nie zmienia niekorzystnie postrzeganego przez konsumentów parametru gumowatości, w niewielkim stopniu obniża tę cechę w kleikach sieciowanej skrobi kukurydzianej zwykłej, a podwyższa w kleikach sieciowanej skrobi ziemniaczanej.

### **WNIOSKI**

1. Opracowany sposób modyfikacji chemicznej skrobi powoduje obniżenie strawności otrzymanych preparatów w granicach 45-52%, przy czym poziom obniżenia strawności pozytywnie koreluje ze stopniami usieciowania i podstawienia grupami acetylowymi.
2. Modyfikowana skrobia ziemniaczana charakteryzuje się mniejszą stabilnością reologiczną w porównaniu do sieciowanych skrobi kukurydzianych.
3. Kleiki modyfikowanych skrobi ziemniaczanych wykazują znacznie większą tendencję do przyrostu lepkości w fazie chłodzenia niż kleiki badanych skrobi kukurydzianych.
4. Kleiki wszystkich badanych preparatów skrobi modyfikowanych wykazują większą lepkość po obróbce termicznej w warunkach sterylizacyjnych niż po rozklejeniu w warunkach pasteryzacji.
5. Pomiary parametrów teksturowych kleików badanych skrobi modyfikowanych wskazują na związek cech teksturowych z intensywnością procesu sieciowania charakterystyczny dla danego gatunku botanicznego skrobi.

Praca była finansowana z grantu badawczego MNiSW nr N N312 093739.

## **PIŚMIENNICTWO**

1. Commission Directive 2000/63/EC amending Directive 96/77/EC laying down specific purity criteria on food additives other than colours and sweeteners (dostępne przez: [http://ec.europa.eu/food/fs/sfp/addit\\_flavor/flav05\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/fs/sfp/addit_flavor/flav05_en.pdf)).
2. Fuentes-Zaragoza E., Sanchez-Zapata E., Sendra E., Sayas E., Navarro C., Fernandez-Lopez J., Perez-Alvarez J.A. (2011). Resistant Starch as prebiotic: A review. *Starch/Starke* 63, 406-415.
3. JECFA (1997). Compendium of Food Additive Specifications. Addendum 5. FAO Food and Nutrition Paper - 52 Add. 5. (dostępne na: <http://www.fao.org/docrep/W6355E/w6355e0o.htm>).
4. Le Thanh J., Błaszczak W., Lewandowicz G. (2007). Digestibility vs structure of food grade modified starches. *Electr. J. Pol. Agricult. Univer. (EJPAU)* 10(3), #10. Dostępne online: <http://www.ejpau.media.pl/volume10/issue3/art-10.html>
5. Le Thanh-Blicharz J. (2009). Praca doktorska pt. „Charakterystyka dietetycznych preparatów spożywczych otrzymywanych w procesach modyfikacji skrobi”. Uniwersytet Przyrodniczy.
6. Lewandowicz G., Walkowski A., Szymańska G. CLPZ, Luboń (1995). Instrukcja Technologiczna Licencji na produkcję preparatu „Adamyl”.
7. Tegge G. (2010). Skrobia i jej pochodne. Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, Oddział Małopolski. Wydanie I. Kraków.
8. Zięba T., Szumny A., Kapelko M. (2011a). Properties of retrograded and acetylated starch preparations. Part 1. Structure, susceptibility to amylase and pasting characteristics. *LWT Food Sci. Technol.* 44, 1314-1320.
9. Zięba T., Juszczak L., Gryszkin A. (2011b). Properties of retrograded and acetylated starch preparations. Part 2 – Dynamics of saccharification with amyloglucosidase and rheological properties of resulting pastes and gels. *LWT Food Sci. Technol.* 44, 1321-1327.