

MAREK GIBIŃSKI**WIKTOR BERSKI**Katedra Technologii Węglowodanów
Akademia Rolnicza w Krakowie

Właściwości skrobi z wybranych polskich odmian owsa

Properties of starch from selected Polish cultivars of oat

Skrobia owsiana znacznie różni się właściwościami od innych rodzajów skrobi. Wśród skrobi zbóż uprawianych w naszym kraju należy do skrobi o najmniejszych rozmiarach galeczek. Celem podjętych badań było określenie wybranych właściwości skrobi owsianej wyodrębnionej z polskich odmian owsa. Przebadano ziarnistość, zawartość fosforu i amylozy, zdolność wiązania wody i rozpuszczalność, a także zbadano przebieg charakterystyki kleikowania wodnych zawiesin skrobiowych. Przebadane skrobie wykazywały znaczne zróżnicowanie w zawartości fosforu. Średnia zawartość amylozy wynosiła 14,2%. Ponadto stwierdzono związek pomiędzy jej zawartością a lepkością. Przebieg charakterystyki kleikowania wskazał na odmienne w porównaniu z innymi skrobiami właściwości skrobi owsianej.

Słowa kluczowe: amyloza, charakterystyka kleikowania, fosfor, skrobia owsiana, ziarnistość

The properties of oat starch differ from those of other starches. The aim of the study was to analyze selected properties of starch extracted from Polish varieties and strains of oat. Starch granularity, and the content of phosphorus and apparent amylose were analyzed. Water binding capacity and solubility were also evaluated. Moreover, pasting profiles of water-starch suspensions were performed. The investigated starches were characterized by small size of granules. They considerably varied in the content of phosphorus. The average amylose content was 14.2%. Correlation between amylose content and viscosity was found. Pasting profiles confirmed particular properties of oat starch.

Key words: amylose, granularity, oat starch, phosphorus, pasting characteristics

WSTĘP

Produkcja skrobi owsianej w skali światowej jest nieznaczna, mimo, że charakteryzuje się ona szczególnymi właściwościami jak np. niewielkimi rozmiarami ziaren przy niewielkim rozrzucie ich wielkości, najwyższą zawartością tłuszczu, występowaniem tzw. frakcji pośredniej, odmiennym charakterem reologicznym oraz niską skłonnością do retrogradacji. Cennymi właściwościami żeli skrobi owsianej są również: powolna

krystalizacja, stabilność zamrażalnicza oraz trwałość w warunkach wysokiej temperatury i niskiego pH. (Wang i White, 1994 a; Zhou i in., 1998; Hoover i in., 2003).

W przemyśle spożywczym skrobia owsiana może być wykorzystana w produkcji wyrobów mleczarskich, mięsnych czy zbożowych, a także do otrzymywania malto-dekstrynowych zamienników tłuszczu (Gibiński i in., 1999). Interesujące wydają się być w tym aspekcie właściwości kompleksu skrobiowo-lipidowego występującego w skrobi owsianej i jego zdolności do powstrzymywania starzenia się pieczywa (Gambuś i in., 1996; Gambuś i Gibiński 2003).

Na szerszą skalę skrobia owsiana jest używana w produkcji artykułów kosmetycznych takich jak: kremy, żele, pudry kosmetyczne, dezodoranty o przedłużonej trwałości, zasyпки do rękawiczek chirurgicznych (Svanson i Olson, 2002). Stosowanie skrobi owsianej jest szczególnie zalecane w przypadku kosmetyków dla dzieci (Mateševac i Bennett, 2001; McCuaig, 1997; Paton i in., 1995), w których skrobia owsiana została użyta ze względu na niewielki rozmiar ziarenek oraz na fakt, że nie powoduje odczynów alergicznych (Swanson i Olson, 2002). W przemyśle farmaceutycznym używana jest do powlekania tabletek (Webster, 1986). Może też stanowić surowiec do produkcji papierów fotograficznych, folii biodegradowalnych, jako wypełniacz mas formierskich oraz składnik farb powlekających (Gąsiorowski i Kowalewski, 1993; Kuutti i in., 1998; Forssell i in., 1999).

Gatunek rośliny, z której wyodrębniono skrobię znacząco wpływa na takie jej cechy jak: wielkość ziarenek, ilość amylozy, zawartość fosforu, rozpuszczalność, zdolność wiązania wody oraz charakterystykę kleikowania. Niewielka ilość doniesień na temat właściwości skrobi pochodzącej z polskich odmian owsa (Pałasiński i Gibiński, 1991; Gibiński i in., 1993; Pałasiński 1994 skłoniła autorów do podjęcia pracy, której celem było określenie, w jakim stopniu różni się między sobą skrobia wyosobniona z polskich odmian owsa.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiło ziarno ośmiu odmian owsa, w tym sześciu oplewionych: Szakal, Chwat, Sam, Deresz, Cwał, Skrzat i dwóch odmian bezplewkowych (nagich): Akt i Polar. Ziarno pochodziło z trzech (Strzelce, Chorynia i Polanowice) stacji hodowli roślin z upraw z roku 2004.

Odluszczone w łuszczarce tarczowej ziarna owsa zmielono w młynku laboratoryjnym Cyclotec 1093 firmy Foss Tecator. Otrzymane śruty zostały wykorzystane jako materiał do ekstrakcji skrobi. W oparciu o wcześniejsze badania (Gibiński 1992) do wyizolowania skrobi użyto procedury opisaną przez Patona (1977).

W ziarnach odmian owsa przed i po obłuszczeniu oznaczono zawartość skrobi metodą Clendeninga (ICC Standard No 122). Natomiast na wyosobnionych skrobiach przeprowadzono następujące oznaczenia:

- rozkładu wielkości ziaren skrobiowych przy użyciu laserowego analizatora laserowego Analysette 22 firmy Fritsch,
- zawartości amylozy pozornej metodą Morrisona i Laignelet (1983),
- zawartości fosforu całkowitego według Marsha (1959),

- zawartość tłuszczu całkowitego w skrobi metodą ekstrakcyjno-wagową Soxhletta (Richter i in., 1969),
- zdolności wiązania wody i rozpuszczalności modyfikowaną metodą Leacha (Richter i in., 1969),
- charakterystykę kleikowania 7,5% wodnych dyspersji skrobiowych w wiskografie Brabendera, według programu podstawowego (Richter i in., 1969). Zastosowano puszkę pomiarową 250 cm × g, oraz szybkość mieszania 75 obr/min. Przy ocenie brano pod uwagę następujące wskaźniki charakterystyki kleikowania: temperaturę kleikowania, lepkość maksymalną, temperaturę przy maksimum lepkości, lepkość po 20 min. w temperaturze 96°C, lepkość minimalną oraz lepkość po schłodzeniu do temperatury 25°C.

Wszystkie oznaczenia wykonano w co najmniej dwóch powtórzeniach. Średnie wyniki zawartości składników podano w przeliczeniu na suchą substancję. Dane poddano analizie statystycznej z zastosowaniem testu a posteriori Tukeya. Wyznaczono także współczynniki korelacji Pearsona, przeprowadzono analizę wariancji oraz wyliczono współczynnik NIR (Najmniejszej Istotnej Różnicy).

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki oznaczania zawartości skrobi w ziarnie owsa przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Zawartość skrobi w polskich odmianach owsa
Starch content in Polish varieties of oat

Rok Year	Ziarno — Grain					Ziarno obłuszczone — Grain after husking					
	Chwat	Cwał	Deresz	Sam	Szakał	Chwat	Cwał	Deresz	Sam	Szakał	Akt*
1999	46,6	44,8	46,0	41,7	46,8	53,4	59,0	56,1	54,4	55,5	49,9
2000	43,6	47,5	46,5	45,6	45,5	58,4	64,2	64,2	58,4	64,1	64,2
2001	30,7	43,0	36,7	36,9	42,8	55,0	57,3	57,1	58,6	60,2	51,8
2002	41,2	44,2	41,0	44,8	41,1	57,1	62,9	62,1	54,5	63,9	57,6
$\bar{x}$	40,5	44,9	42,6	42,3	44,1	56,0	60,9	59,9	56,5	60,9	55,9

*Ziarno odmiany Akt nie zostało poddane obłuszczeniu; Grain of cv. Akt was not subjected to the process of husking

Średnia zawartość skrobi w całym ziarnie wynosiła ponad 40%, najmniej w ziarnie odmiany Chwat — 40,5%, najwięcej w ziarnie odmiany Cwał 44,9%. Po obłuszczeniu średnia zawartość skrobi wzrosła. Najniższą wartość odnotowano w przypadku odmian Akt oraz Chwat — około 56%, najwyższą w ziarnach odmiany Cwał i Szakał — 60,9%.

Oznaczenie wielkości ziaren skrobi z ośmiu odmian owsa przedstawiono w tabeli 2.

Charakterystyczna dla skrobi różnego pochodzenia wielkość ich gałeczek jest dość zróżnicowana. Dla przykładu skrobia ziemniaczana opisywana jest w literaturze jako skrobia dużo ziarnista, a rozpiętość w wielkości ziarenek mieści się w przedziale od 10–110 µm. Natomiast ziarenka skrobi owsianej opisywanej jako skrobia drobnoziarnista mieszczą się w przedziale od 3 do 30 µm, aczkolwiek w obu tych przypadkach znaleźć można ziarenka tak mniejsze jak i większe. Stąd też przynależność ziaren do odpowiedniej grupy wielkości jest umowna i uzależniona od pochodzenia skrobi. Dla skrobi owsianej do

ziaren małych zaliczane będą ziarenka w zakresie do 3 μm , do średnich od 3–15 μm , a powyżej 15 μm do ziaren dużych (Fortuny i Łuszczaka, 2000). Najbardziej liczną frakcję stanowiła frakcja ziarenek od 3–15 μm — 59,0%. Ziaren małych (do 3 μm) było 13,9%, a dużych (powyżej 15 μm) 26,9%. Wartości te pokrywają się z badaniami Hoovera i wsp. (2003) przeprowadzonych na 6 kanadyjskich odmianach i tylko nieznacznie odbiegają od wartości podawanych przez innych autorów (Paton, 1977; Wang i White, 1994 b; Zhou, 1998).

Tabela 2

Ziarnistość badanych skrobi
Granularity of investigated starches

Odmiana Cultivar	Wielkość ziaren w przedziale (μm) — Size of grains in range (μm)												
	0,3–1	1–3	3–5	5–7	7–10	10–13	13–15	15–17	17–20	20–23	23–30	30–40	40–55
Chwat	3,1	13,0	10,3	14,9	19,8	11,7	4,8	3,4	3,7	3,0	5,8	4,7	1,7
Cwał	2,2	11,0	10,3	13,6	19,1	12,6	5,5	4,0	4,3	3,4	6,2	4,8	2,2
Deresz	2,7	10,9	7,3	12,2	19,7	13,2	5,7	4,1	4,5	3,6	6,9	6,7	2,4
Sam	2,9	10,5	6,4	11,6	20,7	14,8	6,5	4,6	4,8	3,6	6,3	5,1	2,0
Skrzat	1,9	11,3	10,1	12,3	18,9	13,4	6,0	4,3	4,7	3,6	6,2	5,0	1,9
Szakal	2,9	11,2	7,9	12,4	18,7	12,1	5,2	3,8	4,3	3,6	7,5	6,9	2,8
Polar	2,4	11,2	8,6	11,0	17,1	12,3	5,7	4,3	5,0	4,0	7,9	7,1	2,9
Akt	1,7	12,0	9,1	12,7	18,4	12,8	5,4	4,0	4,4	3,5	6,8	5,9	2,4
NIR	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4	0,6	0,5	0,6	0,4
LSD	2,5	11,4	8,8	12,6	19,1	12,9	5,6	4,1	4,5	3,5	6,7	5,8	2,3
$\bar{x}$		13,9			59,0						26,9		

Szczególnie interesująca jest frakcja małych ziaren, której tak wysokiego udziału nie potwierdzają wspomniani wcześniej autorzy. W rozkładzie na poszczególne odmiany jej udział mieścił się w zakresie od 13,2% (Skrzat) do 16,1% (Chwat).

Najliczniejszą frakcję stanowiły ziarenka o rozmiarach 3–15 μm (59,0%), co znajduje potwierdzenia w badaniach Patona (1977), Wanga i White'a (1994 b) oraz Zhou i wsp. (1998).

W stosunku do analogicznych oznaczeń wykonanych wcześniej dla 11 polskich odmian owsa (Pałasiński i Gibiński, 1991; Pałasiński, 1994), w badanym materiale obserwuje się niższe wartości ziarnistości w poszczególnych zakresach.

Zaobserwowane różnice mogą być wynikiem doboru innych odmian owsa, która to cecha w znacznym stopniu wpływa na ziarnistość skrobi. Na wielkość ziarenek skrobi oprócz właściwości genetycznych mają wpływ także warunki glebowe, agrotechniczne oraz meteorologiczne (Gudmundsson i Eliasson, 1989; Nowotny, 1969; Kołodziej, 1994).

W tabeli 3 podano wyniki oznaczenia zawartości amylozy pozornej, której poziom jest ważnym wyróżnikiem, ponieważ w znacznym stopniu wpływa na właściwości fizyczno-chemiczne skrobi oraz na możliwość jej wykorzystania. Jej ilość w badanych skrobiach kształtowała się na niskim poziomie i mieściła w zakresie 13,8% (Cwał) — 14,6% (Akt i Polar). Nie stwierdzono znaczących różnic odmianowych. Zawartość amylozy oznaczona przez Fortunę i Juszczaka (2000) wynosiła 19,1%, natomiast w badaniach Gudmundsson i Eliason (1989) odnotowano wartości pomiędzy 27,3 a 29,4%. Jeszcze wyższe wartości

oznaczyli Hartunian-Sowa i White (1992) od 30,3% do 33,6%. W swoich pracach Hoover i Senanayake (1996) oraz Hoover i wsp. (2003) określili zawartość amylozy w zakresie 16%–20%.

Tabela 3

Zawartość amylozy, fosforu i tłuszczu w badanych skrobiach
The content of amylose, phosphorus and fat in the investigated starches

Odmiana Cultivar	Zawartość — Content		
	amyloza (%) — amylose (%)	fosfor — phosphorus (mg % P)	tłuszcz (%) — lipids (%)
Chwat	14,0	56,5	1,3
Cwał	13,8	70,1	1,5
Deresz	14,2	67,6	1,4
Sam	14,3	64,2	1,4
Skrzat	14,1	90,3	1,7
Szakal	14,4	77,8	1,6
Akt	14,6	111,5	1,9
Polar	14,6	98,9	1,8
NIR			
LSD	0,7	1,8	0,5
$\bar{x}$	14,3	79,6	1,6

W tabeli 3 przedstawiono również wyniki zawartości fosforu w badanych skrobiach. Są one znacznie zróżnicowane i mieszczą się w zakresie od 56,5 mg /100 g s.s. (skrobia z odmiany Chwat) do 111,5 mg /100 g s.s. (skrobia z odmiany Akt). Uzyskane wartości odpowiadają danym literaturowym. Paton (1977) podaje jego ilość na poziomie 0,06–0,08%. Zawartość fosforu w podobnym zakresie zaobserwował Gibiński i wsp. (1993). Ponadto zauważył on, że skrobia owsiana w stosunku do skrobi z innych zbóż zawiera więcej fosforu, co potwierdzają badania Fortuny i Juszcza (2000), którzy oznaczyli zawartość tego składnika na poziomie 87,1 mg/100 g s.s. Według Pałasińskiego i Gibińskiego (1991) oraz Pałasińskiego (1994) wartość ta znajduje się w przedziale 52,4–71,2 mg/100 g s.s. W skrobiach zbożowych około 90% fosforu skrobiowego zawarta jest w lizofosfolipidach (Morrison, 1981). Według tego autora fosfor zawarty w lizofosfolipidach skrobi zbożowych jest akumulowany podczas syntezy ziarenka skrobiowego tworząc kompleksy z amylozą. Kompleksy te obniżają pęcznienie ziarenek skrobiowych i rozpuszczalność amylazy, w wyniku czego opóźniają kleikowanie oraz ograniczają tworzenie żelu (Gambuś i Nowotna 1989). Ocena zawartości tłuszczu w badanych skrobiach owsianych (tab. 4) potwierdziła powyższe przypuszczenia. Wyższymi zawartościami tłuszczu odpowiadają wyższe zawartości fosforu.

Wykazano (Gambuś i Nowotna, 1989), że szybkie chłonięcie wody przez ziarenka skrobi zbożowych następuje w temperaturze powyżej 80–85°C. Wang i White (1994 a) oznaczyli stopień pęcznienia skrobi trzech odmian owsa w temperaturze 85°C i 95°C. W temperaturze 85°C stopień ten wyniósł (8,7–9,6%), co wskazuje na ograniczoną wodochłonność ziarenek w tej temperaturze. Podwyższenie temperatury o 10°C spowodowało ponad trzykrotny wzrost pęcznienia (27,8–34,8%). Na zdolność pęcznienia ziarenek skrobiowych wywiera wpływ obecność amylopektyny, a szczególnie jej masa cząsteczkowa, kształt i przestrzenne ułożenie. Amyloza natomiast, wzmacniając wew-

nętrzną strukturę ziarenka, wpływa na obniżenie zdolności do jego pęcznienia (Tester i Morrison, 1990).

Tabela 4

Rozpuszczalność i zdolność wiązania wody (ZWW) skrobi owsianych
Solubility and water binding capacity (WBC) of the investigated starches

Odmiana Cultivar	Rozpuszczalność w wodzie (%) w temperaturze Water solubility (%) at temperature				ZWW (g wody/g s.s. skrobi) w temperaturze/ WBC (g of water/g db starch) at temperature			
	70°C	80°C	85°C	90°C	70°C	80°C	85°C	90°C
Akt	1,4	1,5	1,6	2,5	3,4	3,5	5,2	5,4
Chwat	1,1	1,2	1,5	4,0	3,6	3,9	4,8	5,3
Sam	1,0	1,2	1,5	4,0	3,5	4,0	4,6	6,2
Szakal	1,0	1,1	1,5	3,7	3,1	3,5	5,2	6,0
Polar	1,0	1,5	1,5	2,9	3,3	3,5	5,2	5,7
Deresz	1,8	2,0	2,4	3,2	3,5	3,7	4,3	5,8
Cwał	1,3	1,6	1,7	3,8	3,7	4,1	5,6	6,1
Skrzat	1,1	1,4	1,5	2,6	3,6	4,0	5,2	5,7
NIR								
LSD	0,4	0,5	0,9	0,2	0,3	0,3	0,1	0,2
$\bar{x}$	1,2	1,4	1,7	3,3	3,5	3,8	5,0	5,8

Ważnym wskaźnikiem pęcznienia skrobi jest jej rozpuszczalność oraz zdolność wiązania wody.

W tabeli 5 zebrano wyniki rozpuszczalności i zdolności wiązania wody w badanych próbkach skrobi owsianych. Rozpuszczalność badanych skrobi rośnie wraz ze wzrostem temperatury. Najniższe wartości odnotowano w temperaturze 70°C i 80°C. W temperaturze 85°C rozpuszczalność badanych skrobi owsianych nieznacznie różni się między sobą, średnia wynosi 1,6%. Wyjątek stanowi skrobia z odmiany Deresz, która w tej temperaturze wykazała najwyższą rozpuszczalność (2,4%). Wzrost temperatury do 90°C spowodował w większości przypadków około dwukrotny wzrost rozpuszczalności badanych skrobi. Wyjątek stanowią skrobie z odmian Akt i Skrzat oraz Polar, które tylko nieznacznie zwiększyły rozpuszczalność. Zaobserwowano również, że w porównaniu z innymi skrobiami odznaczały się one najwyższą zawartością fosforu i tłuszczu w fosfolipidach, co mogło mieć wpływ na obniżenie rozpuszczalności. Potwierdzają to dane rozpuszczalności w 90°C, skrobi Chwat i Sam, w których zawartość fosforu i tłuszczu były niskie a u których stwierdzono najwyższy poziom rozpuszczalności. Skrobie zbożowe w przedziale temperatur 60–80°C wykazują słaby wzrost rozpuszczalności. Jest on istotny dopiero powyżej temperatury 80°C. Zachowanie takie wykazali Whang i White (1994 a i c). Ponadto dla temperatur 85°C i 95°C określili oni następujący zakres rozpuszczalności: 4,1–6,0% w 85°C i 33,5–43,3% w 95°C. Wzrost temperatury (o 10°C) spowodował znaczny wzrost rozpuszczalności skrobi owsianej, co zaobserwowali również Paton (1979) oraz Doublier i wsp. (1987). Rozpuszczalność badanych skrobi w temperaturze 70°C jak i 80°C była niższa niż skrobi polskich odmian owsa podana w literaturze (Gibiński i Pałasiński, 1992; Pałasiński, 1994). Różnice te były zdecydowanie znaczniejsze w temperaturze 90°C. Podobnie Fortuna i Juszczak (2000) odnotowali wyższe wartości rozpuszczalności skrobi w temperaturze 80°C.

Pod względem zdolności wiązania wody skrobie badanych odmian owsa w temperaturze 70°C i 80°C absorbują wodę w ograniczonym zakresie. Wraz ze wzrostem temperatury — do 85°C — zdolność wiązania wody nieznacznie wzrasta. W 90°C najwyższą sorpcję wody wykazała skrobia z odmian Sam (6,2 g/g s.s.) i Cwał (6,1 g/g s.s.).

Tabela 5

Charakterystyka kleikowania skrobi owsianych oznaczona w amylografie Brabendera
Pasting characteristics of oat starch determined using Brabender amylograph

Odmiana Cultivar	Temperatura kleikowania Pasting temperature	Lepkość maksymalna Maximum viscosity	Temperatura w maksimum lepkości Temperature at maximum viscosity	Lepkość po 20 min. w 96°C Viscosity after 20min. at 96°C	Lepkość minimalna Minimal viscosity	Temperatura w minimum lepkości Temperature at minimal viscosity	Lepkość w 25°C Viscosity at 25°C
	(°C)	(j.B.)/(A.u)	(°C)	(j.B.)/(A.u)	(j.B.)/(A.u)	(°C)	(j.B.)/(A.u)
Chwat	90,0	2000	96,0	1120	1050	87,0	2970
Cwał	90,0	1510	96,0	1100	1030	91,5	3020
Deresz	90,0	2190	96,0	1410	1370	91,5	3100
Sam	90,0	2390	96,0	1430	1360	90,0	3230
Skrzat	89,5	2030	96,0	1240	1210	92,5	3040
Szakał	88,0	2580	96,0	1310	1260	91,5	3380
Akt	89,5	2330	96,0	1360	1310	92,5	3480
Polar	88,0	2070	96,0	1540	1530	91,5	3470
NIR							
LSD	0,5	220	0	190	170	0,5	210
$\bar{x}$	89,4	2138	96,0	1314	1265	91,0	3211

Wartości rozpuszczalności i zdolności wiązania wody badanych skrobi są zbliżone do wyników prezentowanych w literaturze. Gibiński i wsp. (1993) badając rozpuszczalność skrobi z trzech odmian owsa podaje następujący zakres wartości 2,1–2,7% (w temperaturze 85°C) i 23,4–32,4% (w temp. 95°C). Wykazał również, że w temperaturze 85°C badane skrobie wiążą wodę w ograniczonym zakresie (7,0–8,1 g/g s.s.), dopiero w 95°C wykazują one znacznie wyższą zdolność wiązania wody (31–40,1 g/g s.s.). Podobne zależności w skrobiach owsianych wykazali Wang i White (1994 a i c). W pracach Gibińskiego i Pałasińskiego (1992), Pałasińskiego (1994) oraz Fortuny i Juszcza (2000) odnotowano wyższe wartości zdolności wiązania wody.

W tabeli 5 zebrano wyniki charakterystyki kleikowania 7,5% kleików badanych skrobi, oznaczonych za pomocą amylografu Brabendera.

Temperatura początkowa kleikowania pomiędzy poszczególnymi skrobiami była mało zróżnicowana i wahała się od 88°C do 90°C. Najniższą temperaturę początkową kleikowania wykazały skrobie z odmiany Szakał i Polar (88°C). Maksimum lepkości wszystkie skrobie osiągnęły w temperaturze 96°C, a otrzymane wartości były znacznie zróżnicowane i wahały się w granicach od 1510 j.B. (Cwał) do 2580 j.B. (Szakał).

Tabela 6

Współczynniki korelacji obliczone dla badanych skrobi
Correlation coefficients for the investigated starches

	0,3-1	1-3	3-5	5-7	7-10	10-13	13-15	15-17	17-20	20-23	23-30	30-40	40-55	Amy- loza	Fos- for	Lipi- dy	R70	R80	R85	R90	W70	W80	W85	W90
1-3	0,050	1,000																						
3-5	-0,416	0,622	1,000																					
5-7	0,181	0,737	0,653	1,000																				
7-10	0,494	-0,093	-0,309	0,335	1,000																			
10-13	-0,087	-0,667	-0,588	-0,509	0,533	1,000																		
13-15	-0,175	-0,789	-0,542	-0,717	0,249	0,930	1,000																	
15-17	-0,292	-0,809	-0,525	-0,833	0,017	0,836	0,969	1,000																
17-20	-0,338	-0,749	-0,472	-0,950	-0,331	0,580	0,816	0,924	1,000															
20-23	-0,276	-0,680	-0,468	-0,956	-0,563	0,284	0,562	0,727	0,924	1,000														
23-30	-0,035	-0,325	-0,409	-0,690	-0,712	-0,226	0,004	0,203	0,518	0,797	1,000													
30-40	0,068	-0,279	-0,493	-0,620	-0,571	-0,224	-0,058	0,107	0,403	0,696	0,952	1,000												
40-55	-0,088	-0,357	-0,356	-0,604	-0,704	-0,269	-0,059	0,146	0,441	0,736	0,972	0,916	1,000											
Amy- loza	-0,169	-0,075	-0,478	-0,656	-0,517	0,039	0,128	0,286	0,491	0,628	0,754	0,714	0,664	1,000										
Fos- for	-0,671	-0,085	0,108	-0,591	-0,889	-0,130	0,128	0,345	0,614	0,723	0,659	0,509	0,609	0,691	1,000									
Lipi- dy	-0,694	-0,097	0,137	-0,561	-0,890	-0,145	0,105	0,321	0,582	0,698	0,648	0,480	0,618	0,667	0,990	1,000								
R70	0,073	-0,281	-0,161	-0,186	-0,088	-0,051	0,050	0,090	0,185	0,269	0,249	0,403	0,255	-0,135	-0,026	-0,114	1,000							
R80	-0,334	-0,266	-0,042	-0,159	-0,109	0,083	0,126	0,180	0,215	0,231	0,118	0,256	0,169	-0,097	0,112	0,041	0,881	1,000						
R85	0,126	-0,315	-0,315	-0,116	0,171	0,093	0,072	0,057	0,064	0,124	0,128	0,352	0,157	-0,162	-0,230	-0,302	0,925	0,869	1,000					
R90	0,688	0,075	-0,148	0,542	0,736	0,041	-0,194	-0,356	-0,594	-0,650	-0,486	-0,442	-0,397	-0,502	-0,877	-0,830	-0,259	-0,395	-0,085	1,000				
W70	-0,084	0,044	0,447	0,380	0,370	0,200	0,188	0,079	-0,115	-0,372	-0,725	-0,731	-0,710	-0,775	-0,371	-0,412	0,275	0,313	0,179	0,134	1,000			
W80	0,061	-0,124	0,290	0,380	0,631	0,398	0,317	0,143	-0,152	-0,449	-0,836	-0,868	-0,799	-0,852	-0,583	-0,568	-0,075	-0,044	-0,054	0,433	0,852	1,000		
W85	-0,552	0,076	0,635	0,120	-0,594	-0,395	-0,235	-0,110	0,003	0,082	0,105	-0,133	0,221	-0,079	0,463	0,555	-0,394	-0,244	-0,557	-0,197	-0,029	0,017	1,000	
W90	0,022	-0,743	-0,465	-0,235	0,453	0,605	0,514	0,447	0,228	0,125	-0,087	-0,118	0,040	-0,190	-0,320	-0,242	-0,140	-0,035	0,072	0,432	-0,064	0,324	0,046	1,000
Tk	0,328	-0,149	0,044	0,147	0,463	0,282	0,302	0,186	0,026	-0,184	-0,489	-0,451	-0,526	-0,634	-0,484	-0,557	0,473	0,305	0,366	0,247	0,859	0,719	-0,368	-0,038
Lmax	0,429	-0,216	-0,732	-0,584	-0,063	0,153	0,188	0,215	0,340	0,466	0,605	0,647	0,470	0,709	0,176	0,160	-0,148	-0,365	-0,084	-0,081	-0,767	-0,605	-0,421	0,015
L20	-0,236	-0,291	-0,677	-0,652	-0,110	0,447	0,403	0,483	0,515	0,520	0,475	0,528	0,420	0,828	0,424	0,390	0,015	0,191	0,145	-0,373	-0,571	-0,603	-0,368	0,130
Lmin	-0,310	-0,254	-0,613	-0,633	-0,157	0,410	0,371	0,457	0,502	0,514	0,473	0,529	0,419	0,828	0,470	0,438	0,014	0,215	0,142	-0,437	-0,574	-0,622	-0,327	0,093
Tmin	-0,642	-0,636	-0,122	-0,715	-0,590	0,190	0,427	0,583	0,744	0,819	0,594	0,508	0,623	0,352	0,714	0,732	0,256	0,402	0,179	-0,715	-0,249	-0,297	0,374	0,262
L25	-0,223	-0,164	-0,409	-0,630	-0,610	-0,042	0,076	0,265	0,480	0,653	0,814	0,710	0,790	0,941	0,718	0,727	-0,196	-0,139	-0,245	-0,411	-0,804	-0,832	0,179	-0,025

Podczas przetrzymywania badanych kleików w temperaturze 96°C (z mieszaniem) przez 20 minut lepkość ich malała. W trakcie obniżania temperatury kleików we wszystkich przypadkach następuje wzrost ich lepkości, który w temperaturze 25°C mieści się w przedziale od 2970 j.B. — Chwat do 3480 j.B. — Akt. Wyniki oznaczania temperatury początkowej kleikowania skrobi owsianych były zbliżone do podawanej dla polskich odmian owsa (Gibiński i Pałasiński, 1992; Gibiński i in., 1993; Pałasiński, 1994).

Charakterystykę skrobi z kanadyjskich odmian owsa przeprowadzili w amylografie Brabendera Wang i White (1994 b). Porównując otrzymane wyniki z danymi Kanadyjskimi zauważa się odmienną w otrzymanych danych, która poza zróżnicowaniem odmianowym wynika przede wszystkim z odmiennych warunków przeprowadzania pomiaru (stężenie, puszka pomiarowa). Zaobserwowano jedynie identyczne zachowanie się kleików skrobiowych z polskich oraz kanadyjskich odmian owsa podczas ich schładzania w trakcie, którego osiągają zdecydowanie większe wartości lepkości niż kleiki innych skrobi zbożowych.

Przy poziomie ufności $\alpha = 0,01$ i liczbie stopni swobody $df = 7$ wykazano silne (pow. $\pm 0,8$) korelacje (tab. 6):

- ujemne — pomiędzy wielkością ziaren od 7–10 μm a zawartością fosforu (-0,889) i lipidów (-0,890), rozpuszczalnością w 90°C a zawartością fosforu (-0,877) i lipidów (-0,830), wodochłonnością w 80°C a ziarnami wielkości od 23–55 μm (-0,836; -0,868; -0,799) i amylozą (-0,852); lepkością w 25°C i wodochłonnością w 70°C (-0,804) i wodochłonnością w 80°C (-0,832),
- dodatnią — pomiędzy zawartością amylozy a lepkością po 20 minutach w temp. 96°C (0,828), lepkością minimalną (0,828) i lepkością w temperaturze 25°C po ochłodzeniu (0,941); wielkością ziarenek skrobiowych w zakresie od 23–30 μm i 40–55 μm a lepkością w temperaturze 25°C po ochłodzeniu (0,814), (0,790) oraz temperaturą początkową kleikowania a wodochłonnością w 70°C (0,859).

Współczynnik NIR wyliczono dla liczby stopni swobody $df = 8$, liczby zabiegów $a = 8$, przy poziomie ufności $\alpha = 0,05$. Pozwoliło to na stwierdzenie, że zarówno zawartość fosforu jak i ziarnistość badanych skrobi jest cechą odmianową. Od odmiany zależna jest również zdolność wiązania wody i rozpuszczalność w wyższych (od 85°C) temperaturach. Wykazano ponadto, że wartości lepkości we wszystkich punktach charakterystyki kleikowania są cechą odmianową.

WNIOSKI

1. Analizowane skrobie polskich odmian owsa odznaczają się ziarnistością w przedziale 0,3–55 μm , przy czym frakcją najbardziej liczną jest grupa ziarenek o wymiarach 3–15 μm . Z przebadanych skrobi owsianych odmiana Chwat charakteryzuje się skrobią o najdrobniejszych ziarenkach a odmiana Polar do skrobi gruboziarnistych.
2. Zawartość amylozy w badanych skrobiach występowała na zbliżonym poziomie (13,8–14,2%). Zaobserwowano związek pomiędzy ilością amylozy a lepkością w poszczególnych punktach charakterystyki kleikowania.

3. Badane skrobie owsiane charakteryzowały się zróżnicowaną zawartością fosforu całkowitego, od 56,5 do 111,5 mg P/100 g s.s. Najwyższą jego ilość, a także najwyższą zawartość amylozy stwierdzono w nagich odmianach owsa (Akt i Polar). Poziom zawartości fosforu związany był (ujemnie) z frakcją ziarenek o wymiarach 7-10µm i wpływał na rozpuszczalność skrobi w 90°C.
4. Badane skrobie wykazywały podobny przebieg charakterystyki kleikowania. Wszystkie próbki charakteryzowały się zbliżoną temperaturą początkową kleikowania 88,0°C–90,0°C. Najbardziej lepkie kleiki skrobi owsianych uzyskano dla skrobi z odmian Szkal i Sam. Skrobią o najniższym przebiegu charakterystyki lepkości była skrobia wyosobniona z odmiany Cwał.

LITERATURA

- Doublier J. L., Paton D., Llamas G. 1987. A rheological investigation of starch pastes. *Cereal Chemistry* 1: 21 — 26.
- Forssell P. M., Hulleman S. H. D., Myllärinen P. J., Moates G. K., Parker R. 1999 Ageing of rubbery thermoplastic barley and oat starches. *Carbohydrate Polymers*, 39: 43 — 51.
- Fortuna T., Juszczak L. 2000. Wybrane właściwości skrobi różnego pochodzenia. *Zesz. Naukowe AR w Krakowie*, 367: 39 — 50.
- Gambuś H., Nowotna A. 1989. Właściwości reologiczne skrobi. *Materiały Letniej Szkoły Skrobiowej*, Wrocław.
- Gambuś H., Gibiński M., Achremowicz B. 1996. Effect of addition of oat starch component on bread quality and staling. *Żywność, Technologia Jakość* 2 (7): 166 — 174.
- Gambus H., Gibiński M. 2003. Wpływ dodatku skrobi owsianej na jakość i starzenie się pieczywa pszennego. *Biul. IHAR* 229: 291 — 299.
- Gąsiorowski H., Kowalewski W. 1993. Owies — roślina XXI wieku. Wykorzystanie dla celów konsumpcyjnych i przemysłowych. *Przegląd Zbożowo — Młynarski* 3: 14 — 16.
- Gąsiorowski H. 1995. Owies — chemia i technologia. PWRiL, Poznań.
- Gibiński M. 1992. Funkcjonalne właściwości skrobi owsianej. Porównanie różnych metod wyosabniania skrobi. *Zesz. Naukowe AR w Krakowie*, 274: 33 — 43.
- Gibiński M., Pałasiński M., Tomasiak P. 1993. Physicochemical properties of defatted oat starch. *Starch* 10: 354 — 357.
- Gibiński M., Pisulewski P., Achremowicz B. 1999. Możliwości wykorzystania owsa jako surowca do otrzymywania substytutów tłuszczowych. *Żywność, Technologia, Jakość*, 1 (18) Supl.: 205 — 213.
- Gudmundsson M., Eliasson A. C. 1989. Some physico-chemical properties of oat starches extracted from varieties with different oil content. *Acta Agric Scand.* 39: 101 — 111.
- Hartunian-Sowa M., White P. J. 1992. Characterization of starch isolated from oat growths with different amount of lipid. *Cereal Chemistry* 69: 521 — 527.
- Hoover R., Senanayake S. P. J. N. 1996 Composition and physicochemical properties of oat starches. *Food Research International* 29 (1): 15 — 26.
- Hoover R., Smith C., Zhou Y., Ratnayake R. M. W. S. 2003. Physicochemical properties of Canadian oat starches. *Carbohydrate Polymers*, 52: 253 — 261.
- ICC — Standards. 1995. Standards Methods of the International Association for Cereal Science and Technology (ICC). Printed by ICC-Vienna.
- Kołodziej Z. 1994. Zmienność właściwości ziemniaka jako surowca krochmalniczego. *Zeszyty Naukowe AR w Krakowie*, nr 191.
- Kuutti L., Peltonen J., Myllärinen P., Teleman O., Forssell P. 1998. AFM studies of thermoplastic starches during ageing. *Carbohydrate Polymers* 37: 7 — 12.
- Marsh B. B. 1959. The estimation of inorganic phosphate in the presence of adenosine triphosphate. *Biochem. Biophys. Acta* 32: 357.

- Mateševac R. A., Bennett B. N. 2001. Cream cosmetic base with powdery feel. United States Patent 6,267,970.
- McCuaig D. 1997. Long life deodorant composition. United States Patent 5,662,937.
- Morrison D. R. 1981. Lipid in cereal starches: a review *J. Cereal Science* 8: 1 — 15.
- Morrison W. R., Laignelet B. 1983. An improved calorimetric procedure for determining apparent and total amylose in cereal and other starches. *J. Cereal Sci.* 1: 9 — 20.
- Nowotny F. 1969. Skrobia. WNT, Warszawa.
- Pałasiński M., Gibiński M. 1991. Untersuchungen über die Stärke aus polnischen Hafersorten. *Wissenschaftliche Zeitschrift der TH Köthen*, 2 (4): 45 — 52.
- Pałasiński M. 1994. Właściwości skrobi różnego pochodzenia. *Post. Nauk Rol.* 3: 47 — 59.
- Paton D. 1977. Oat starch I. Extraction, purification and pasting properties. *Starch/Stärke*, 29: 149 — 153.
- Paton D. 1979. Oat Starch: Some Recent Developments. *Starch* 6: 184 — 187.
- Paton D., Bresciani S., Han N. F., Hart J. 1995. Oats: chemistry, technology and potential uses in the cosmetic industry. *Cosmetics and Toiletries*, 110: 63 — 70.
- Richter M., Augustat S., Schierbaum F. 1969. *Ausgewählte Methoden der Stärkchemie*. VEB, Fachbuchverlag, Leipzig.
- Swanson, M., Olson D. W. 2002. Latex Allergen Affinity for Starch Powders Applied to Natural Rubber Gloves and Released as an Aerosol: From Dust to Don. *Canadian Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 5: 328 — 334.
- Tester R., Morrison W. 1990. Swelling and gelatinization of cereal starches I. Effects of amylopectin, amylose and lipids. *Cereal Chemistry*, 67: 551 — 552.
- Wang L. Z., White, P. J. 1994a. Structure and properties of amylose, amylopectin, and intermediate materials of oat starches. *Cereal Chemistry*, 71: 263 — 268.
- Wang L. Z., White P.J. 1994 b Structure and physicochemical properties of starches from oats with different lipid contents. *Cereal Chemistry* 5: 443 — 450.
- Wang L. Z., White P.J. 1994 c. Functional properties of oat starches and relationships among functional and structural characteristics. *Cereal Chemistry* 5: 451 — 458.
- Webster F. H. 1986. (red.). *Oats: chemistry and technology*. AACCC, ST. Paul, Minnesota, USA.
- Zhou M., Robards K., Glennie-Holmes M., Helliwell S. 1998. Structure and pasting properties of oat starch. *Cereal Chemistry* 3: 273 — 281.