

EWA ZDYBEL**EWA TOMASZEWSKA-CIOSK****MONIKA ROMAŃCZUK**

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Katedra Technologii Rolnej i Przechowalnictwa

Określenie przewodnictwa cieplnego skrobi różnego pochodzenia botanicznego oraz skrobi ziemniaczanej rozsortowanej według wielkości gałeczek

Determination of the thermal conductivity of different kinds of starch and of potato starch sorted with sieves

Celem pracy było zbadanie wpływu różnic w budowie skrobi wynikających z jej pochodzenia botanicznego na przewodzenie ciepła przez warstwę skrobi. Przebadano skrobie ziemniaczaną, ryżową, kukurydzianą, pszenną oraz tapiokową. Dodatkowo skrobię ziemniaczaną rozsortowano na sitach wibracyjnych na 3 frakcje o wielkości gałeczek: 32–38 μ m, 25–31 μ m, 20–24 μ m. W celu sprawdzenia przewodności cieplnej skrobi różnego pochodzenia botanicznego oraz rozsortowanej skrobi ziemniaczanej zmierzono czas wyrównania temperatury po obu stronach 20 milimetrowej warstwy skrobi. Wilgotność badanych skrobi wynosiła 8 i 25%. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że różnice w budowie cząsteczek skrobiowych wynikające z botanicznego pochodzenia skrobi mają wpływ na przewodzenie ciepła przez te skrobie przy czym najszybciej ciepło przenikało przez warstwę skrobi ryżowej, najwolniej zaś przez warstwy skrobi ziemniaczanej i pszennej. Przewodność cieplna skrobi ziemniaczanej rozsortowanej na frakcje różniące się wielkością gałeczek charakteryzuje się zmiennością wyników znacząco uzależnioną od wilgotności badanego materiału.

Słowa kluczowe: przewodność cieplna, skrobia, wielkość gałeczek

The aim of this study was to determine the property of thermal insulation of potato, rice, maize, wheat and tapioca starches. In addition, potato starch was separated using the sieve shaker device AS 200 by Retsch. The obtained starch fractions were: 20–24 μ m, 25–31 μ m, 32–38 μ m. In order to verify the thermal conductivity, we measured the time in which the temperature rise after heating the tested material of a specific thickness. Moisture content of the material was: 8 or 25%. As the results of the experiment it was stated that rice starch is characterized by the highest thermal conductivity. Potato starch and wheat starch had a lower thermal conductivity comparing to another tested starches. Fractions of starch granules differed in their thermal conductivity.

Key words: granules size, potato starch, thermal conductivity

WSTĘP

Skrobia jest głównym polisacharydem zapasowym roślin. Jest łatwo dostępnym surowcem odnawialnym. Jest także od wielu już wieków wykorzystywana przez człowieka jako składnik pokarmu i pasz oraz jako surowiec przemysłowy (Leszczyński, 2004).

Skrobia charakteryzuje się odmiennymi właściwościami w zależności od pochodzenia biologicznego (Jane i in., 1994; Leszczyński, 2004; Kaur i in., 2007). Gałeczki skrobiowe syntetyzowane przez różne rośliny charakteryzują się innymi wymiarami, odmiennym kształtem i różną proporcją amylozy i amylopektyny oraz różnicami w składzie gałeczek skrobiowych. Wpływa to na odmienność właściwości skrobi zależnie od pochodzenia biologicznego. Najważniejsze, z punktu widzenia zastosowań skrobi są różnice w temperaturach kleikowania, lepkości kleików, podatności na działanie enzymów, skłonności do retrogradacji (Leszczyński, 2001; Singh i in., 2003).

Skrobia ziemniaczana w porównaniu z innymi skrobiami charakteryzuje się wysoką czystością chemiczną, podczas gdy integralnymi składnikami gałeczek skrobi kukurydzianej i pszennej, nieusuwanymi w przemysłowym procesie oczyszczania skrobi jest białko i tłuszcz (Eliasson i in., 1996). Inne cechy charakteryzujące skrobię ziemniaczaną to skłonność do retrogradacji, właściwości jonowymienne oraz duży zakres rozmiarów gałeczek.

Jedną z cech wpływających na różne właściwości skrobi jest wielkość gałeczek (Lisińska i in., 1989; Jane, 1996). Różnice w morfologii gałeczek różnych skrobi można stwierdzić już w obrazie mikroskopowym. Skrobia ziemniaczana charakteryzuje się owalnymi gałeczkami wielkości od 15 do 110 mikrometrów (Leszczyński i in., 1995; Jeng-Yune i in., 2001). Posortowanie skrobi ziemniaczanej według wielkości gałeczek pozwala uzyskać frakcje różniące się właściwościami (Lim i in., 1992). Duże gałeczki skrobi ziemniaczanej charakteryzują się większą zawartością amylozy i wyższą podatnością na retrogradację, a także wyższą rozpuszczalnością i wodochłonnością w porównaniu do gałeczek małych (Tomaszewska-Ciosk i in., 2010 b).

Celem pracy było zbadanie wpływu różnic w budowie skrobi wynikających z jej pochodzenia botanicznego oraz określenie wpływu wielkości gałeczek skrobiowych skrobi ziemniaczanej na przewodzenie ciepła przez warstwę skrobi.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badań

Skrobie handlowe:

- ziemniaczana wyprodukowana przez Przedsiębiorstwo Przemysłu Spożywczego PEEPES S.J. w Łomży w 2008 r.,
- pszenna wyprodukowana przez Cargill B.V. w Amsterdamie w 2008 r.,
- ryżowa wyprodukowana w 2008r. przez Biochemical Hopkin & Williams,
- kukurydziana wyprodukowana w 2008r. w Zakładzie Produkcyjno-Handlowym „Paula” w Kaliszu,

— tapiokowa wyprodukowana w 2008 r. w Zakładzie Produkcyjno-Handlowym „Paula” w Kaliszu.

Uzyskanie skrobi ziemniaczanej rozsortowanej w warunkach laboratoryjnych (Tomaszewska-Ciosk E. i in., 2010 a)

Skrobię ziemniaczaną o wilgotności 9 % umieszczano w ilości 150 g na sitach wibracyjnych. Proces rozsortowania przebiegał w czasie 5 godzin przy amplitudzie drgań równej 2,8 mm. W wyniku rozsortowania otrzymywano 3 frakcje skrobi o wielkości gałeczek: 32–38 μ m; 25–31 μ m; 20–24 μ m. Łącznie procesowi rozsortowania poddano 800g natywnej skrobi ziemniaczanej.

Badanie przewodności cieplnej skrobi

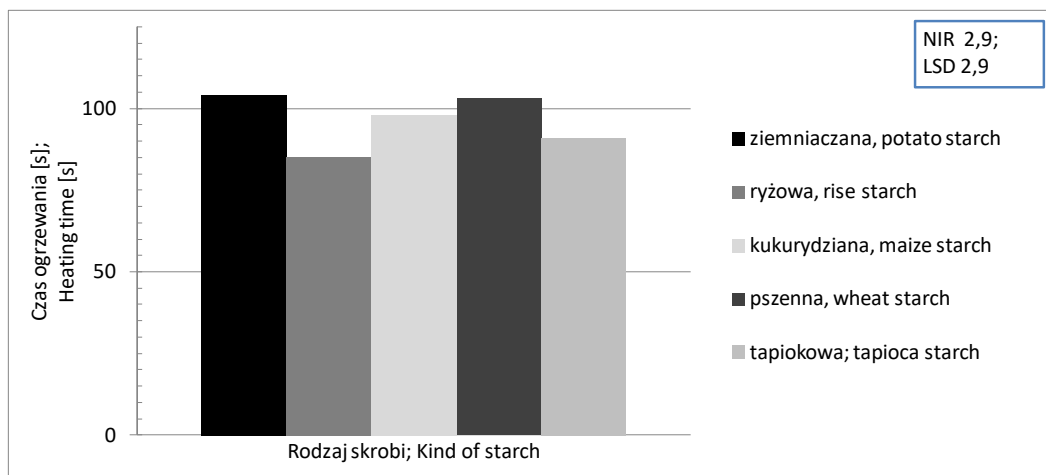
Skrobie ziemniaczaną, pszenną, ryżową, kukurydzianą, tapiokową oraz skrobię ziemniaczaną rozsortowaną naważano bezpośrednio do miedzianego cylindra, kontrolowano zarówno objętość, jak i stopień upakowania próbki wewnątrz formy (cylindra). Próbkę ubijano ręcznie, za pomocą plastikowego tłoka. Każda z próbek ubijana była do tej samej objętości wewnątrz cylindra. Upakowaną próbkę przykrywano piankową warstwą izolacyjną z otworem dla termopary znajdującym się centralnie w badanej próbce. Tak przygotowany cylinder umieszczano w łaźni wodnej o temperaturze 30°C i stabilizowano temperaturę 30°C wewnątrz próbki. Następnie cylinder wraz z termoparą podłączoną do elektronicznego termometru przenoszono do łaźni wodnej o temperaturze 70°C, równocześnie włączano stoper. Badanym parametrem był czas w jakim próbka podgrzała się w łaźni o 5°C. Badanie przeprowadzono w trzech zakresach temperatur: 35°C–40°C, 40°C–45°C, 45°C–50°C. Badanie zostało przeprowadzone w materiale o wilgotności 8% i 25%. Badanie zostało przeprowadzone z ośmiokrotnym powtórzeniem dla wszystkich rodzajów badanych skrobi.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej w oparciu o program Statistica 9.0. Zastosowano dwuczynnikową, jednokierunkową analizę wariancji. Istotność różnic pomiędzy obliczonymi średnimi wartościami otrzymanych wyników określono na podstawie wyznacznika najmniejszej istotnej różnicy (NIR).

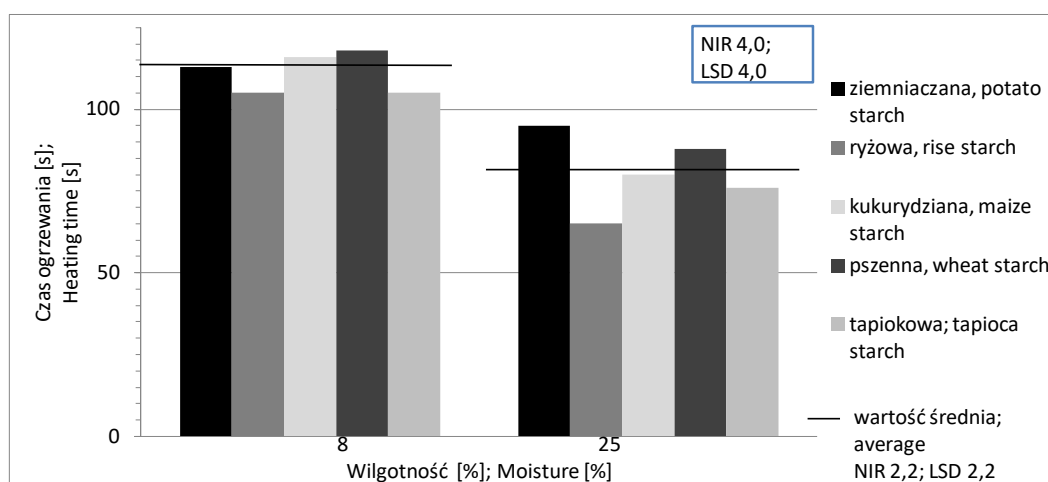
WYNIKI I DYSKUSJA

Na rysunku 1 pokazano tempo przenikania ciepła przez warstwy skrobi różnego pochodzenia botanicznego. Skrobia jest zróżnicowana pod względem składu chemicznego, kształtu oraz struktury form krystalicznych gałeczek w zależności od źródła pochodzenia (Kaur i in., 2007) co wpłynęło na wynik w przeprowadzonym doświadczeniu. Ogrzewanie poszczególnych rodzajów skrobi następowało w różnym tempie. Czas ustalenia się temperatury w próbkach był zmienny w zależności od badanego rodzaju skrobi oraz jej wilgotności. Naturalna skrobia ryżowa charakteryzowała się najszybszym przenikaniem ciepła do wnętrza próbki, w większości zarówno przy wilgotności 8% jak i przy 25%. Wśród badanych skrobi gałeczki skrobi ryżowej odznaczają się najmniejszymi rozmiarami (do 20 μ m), charakterystycznymi ostrymi krawędziami i w porównaniu do skrobi ziemniaczanej mniej owalnym i gładkim kształtem (Singh i in., 2003; Singh i in., 2006). Stanowiły one materiał lepiej przewodzący ciepło, czego powodem mogło być lepsze

upakowanie złoża. Skrobia ziemniaczana cechuje się owalnym kształtem oraz gałeczkami o wielkości do 110 μ m, z czego wnioskować można, że złożo miało większe przestrzenie powietrzne niż w przypadku skrobi ryżowej, a to stanowić będzie dodatkową barierę dla przenikania ciepła.



Rys. 1. Czas ogrzewania warstwy skrobi w zależności od pochodzenia botanicznego
Fig. 1. Heating time of starch layer depending on the kind of starch



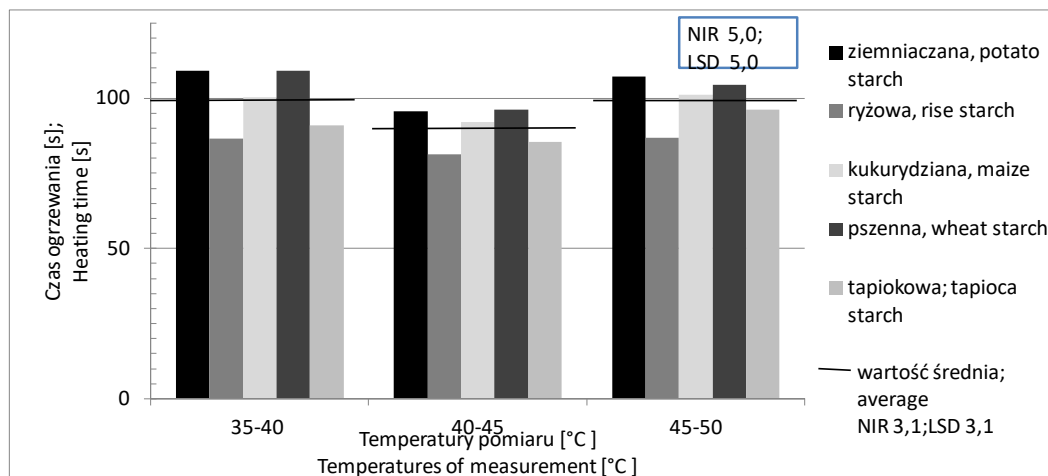
Rys. 2. Czas ogrzewania warstwy skrobi w zależności od pochodzenia botanicznego i wilgotności
Fig. 2. Heating time of starch layer depending on kind of starch and moisture

Rysunek 2 przedstawia wykres zależności czasu ogrzewania różnych botanicznie skrobi od ich rodzaju oraz wilgotności. Istotnie najdłuższym czasem przenikania temperatury charakteryzowała się skrobia pszenna o wilgotności 8%, natomiast najkrótszym skrobia

ryżowa o wilgotności 25%. Wśród badanych skrobi zmiana ich wilgotności powodowała istotną zmianę szybkości przenikania ciepła do wnętrza próbek, przy czym zgodnie z założeniami autorów pracy próby o większej wilgotności szybciej przewodziły ciepło (Jianjun, 1993). Przy wilgotności prób 8% następowało zmniejszenie różnic mierzonych czasem wyrównania temperatury pomiędzy badanymi skrobiami. Prawdopodobnie świadczy to o wpływie nie tylko wielkości ale i kształtów gałeczek skrobiowych na przewodność cieplną. W przypadku prób o wyższej wilgotności dobrze przewodząca ciepło woda szczelniej może wypełnić przestrzenie pomiędzy drobnymi, okrągłymi gałeczkami skrobi ryżowej, a także wnika do kapilar w przestrzeniach gałeczki, natomiast nie jest w stanie zapełnić przestrzeni między gałeczkami skrobi ziemniaczanej. Powoduje to zróżnicowanie poszczególnych gatunków skrobi wyraźniejsze niż w przypadku skrobi wysuszonych, gdzie przestrzeń między gałeczkami w większym stopniu wypełnia izolujące powietrze.

W przypadku badania przewodności cieplnej skrobi wysuszonej, w którym zmniejszony jest wpływ wilgoci wypełniającej próbę na otrzymany wynik, w większym stopniu zależy on od składu chemicznego gałeczek niż w przypadku prób zawierających 25% wilgotności. Wśród skrobi o 8% wilgotności najdłuższym czasem przenikania ciepła charakteryzowały się skrobie pszenne i kukurydziana. Skrobie te w porównaniu ze skrobią ziemniaczaną charakteryzują się większym zróżnicowaniem chemicznym. W ich gałeczkach oprócz frakcji amylozy i amylopektyny występują także białka i tłuszcze tworząc złożone, wbudowane w gałeczkę struktury białkowo-lipidowe (Jane, 1996). Prawdopodobnie w przypadku skrobi kukurydzianej i pszennej struktury te stawały się dodatkową barierą zmniejszającą tempo przenikania ciepła przez warstwę skrobi.

Zakresy temperatur przeprowadzania pomiarów dla skrobi różnych botanicznie miały istotny wpływ na czas przenikania ciepła przez badane próby (rys. 3).

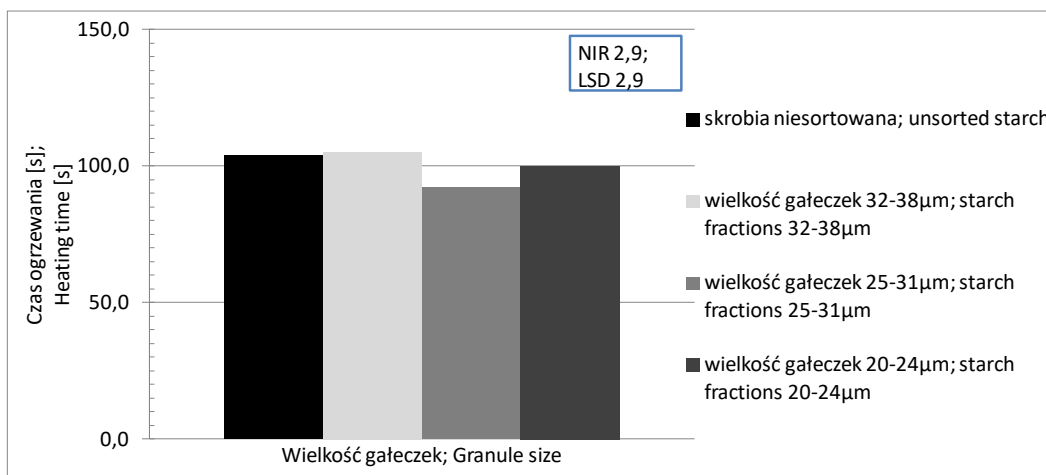


Rys. 3. Czas ogrzewania warstwy skrobi w zależności od botanicznego pochodzenia i temperatur pomiaru

Fig. 3. Heating time of starch layer depending on kind of starch and range of temperatures

Najkrócej trwało podgrzanie próbki o wymagane 5°C w przedziale temperatur 40–45°C. Współczynnik przewodzenia ciepła jest zależny od temperatury (Kulesza, 1993).

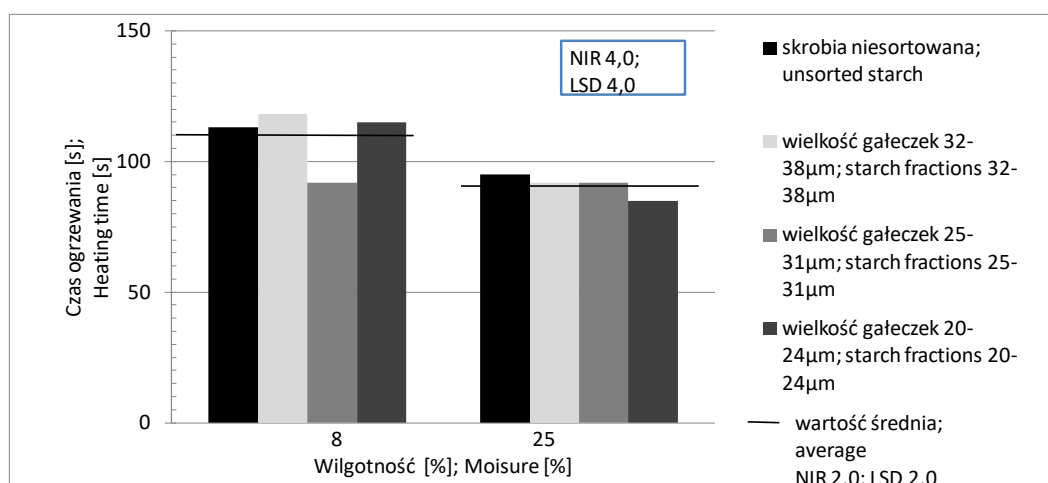
W wyniku przeprowadzenia procesu sortowania skrobi ziemniaczaną podzielono na trzy frakcje: 32–38; 25–31 oraz 20–24µm. Frakcje gałeczek cechują się zróżnicowaniem pod względem swoich właściwości (Lim i in., 1992). Na rysunku 4 pokazano czas przenikania ciepła przez skrobię ziemniaczaną rozsortowaną oraz niesortowaną. Spośród skrobi rozsortowanych najszybciej ogrzewała się frakcja gałeczek o wielkości 25 - 31µm. Statystycznie najwolniej przenikało ciepło do wnętrza próbek skrobi niesortowanej oraz frakcji zawierającej największe gałeczki.



Rys. 4. Czas ogrzewania warstwy skrobi ziemniaczanej w zależności od wielkości gałeczek

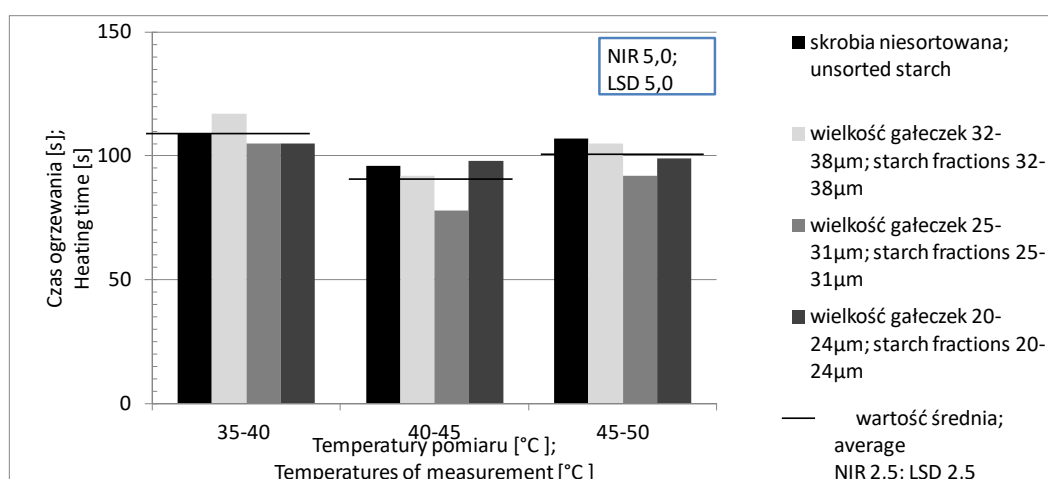
Fig. 4. Heating time of potato starch layer depending on starch fractions

Na rysunku 5 przedstawiono wykres zależności czasu ogrzewania skrobi ziemniaczanej rozsortowanej i niesortowanej od wielkości gałeczek i od wilgotności. W grupie badanych skrobi o wilgotności 25% istotnie krótszym czasem ogrzewania odznaczyła się frakcja skrobi o najmniejszych gałeczkach, lecz ta sama skrobia o wilgotności 8% razem ze skrobią ziemniaczaną o wielkości gałeczek 32–38µm znalazła się w grupie charakteryzującej się najdłuższym czasem ogrzewania. Jedyne frakcja gałeczek skrobi o wielkości 25–31µm nie wykazała istotnych różnic w czasie ogrzewania w zależności od wilgotności tworząc grupę jednorodną statystycznie. Tak różnie kształtującą się przewodność cieplną w zależności od wielkości gałeczek i wilgotności można wytłumaczyć prawdopodobnie różną gęstością nasypową materiału. Małe cząsteczki skrobi charakteryzujące się okrągłym kształtem można szczelniej upakować, a przez to uzyskać większą gęstość nasypową materiału. Wpływ gęstości nasypowej na współczynnik przewodności cieplnej sypkiej skrobi kukurydzianej został stwierdzony przez Drouzas (1988). Nie badano natomiast do tej pory przewodności cieplnej skrobi ziemniaczanej oraz jak wpływa wielkości gałeczek na tę cechę.



Rys. 5. Czas ogrzewania warstwy skrobi ziemniaczanej w zależności od wielkości gałeczek i wilgotności
Fig. 5. Heating time of potato starch layer depending on starch fractions and moisture

Zakres pomiarów temperatur dla skrobi rozsortowanej i niesortowanej miał istotny wpływ na długość czasu przenikania ciepła przez badane próby (rys. 6). Podobnie jak w przypadku badania różnej gatunkowo skrobi najkrótszym czasem na podgrzanie próbki o wymagane 5°C charakteryzował się średnio przedział temperatur 40–45°C.



Rys. 6. Czas ogrzewania warstwy skrobi ziemniaczanej w zależności od wielkości gałeczek i temperatur pomiaru

Fig. 6. Heating time of potato starch layer depending on starch fractions and range of temperatures

WNIOSKI

1. Różnice w budowie cząsteczek skrobiowych wynikające z botanicznego pochodzenia skrobi mają wpływ na przewodzenie ciepła przez te skrobie.
2. Najszybciej ciepło przenikało przez warstwę skrobi ryżowej, najwolniej przez warstwy skrobi ziemniaczanej i pszennej.
3. Przewodność cieplna skrobi ziemniaczanej rozsortowanej na frakcje różniące się wielkością gałeczek charakteryzuje się zmiennością wyników i znacząco uzależniona jest od wilgotności badanego materiału.

LITERATURA

- Drauzas A. E., Saravacos G. D. 1988. Effective Thermal Conductivity of Granular Starch Materials. *Journal of Food Science* 53, 6: 1795 — 1799.
- Eliasson A. C., Gudmundsson M. 1996. Starch: physicochemical and functional aspects, Carbohydrates in food, Marcel Dekker INC., New York, Basel, Hong Kong: 431 — 503.
- Jane J., Kasemsuwan T., Leas S., I. A. A., Zobel H., I. L. D., Robyt J. F. 1994. Anthology of Starch Granule Morphology by Scanning Electron Microscopy, *Starch/Stärke* 46, 4: 121 — 129.
- Jane J., 1996. Struktura gałeczek skrobiowych. Materiały VII Międzynarodowej Konferencji Skrobiowej, Kraków 12–14 czerwca 1996: 207 — 215.
- Jeng-Yune L., An I. 2001. Relationship between thermal, rheological characteristics and swelling power for various starches. *Journal of Food Engineering* 50: 141 — 148.
- Jianjun W., Hayakawa K. I. 1993. Thermal conductivities of starch gels at high temperatures influenced by moisture. *Journal of Food Science* 58, 4: 884 — 887.
- Kaur L., Singh J., McCarthy O. J., Singh H. 2007. Physico- chemical, rheological and structural properties of fractionated potato starches. *Journal of Food Engineering* 82: 383 — 394.
- Kulesza J. 1993. Pomiary cieplne. Warszawa, WNT.
- Leszczyński W., Golachowski A. 1995. Właściwości skrobi ziemniaczanej rozsortowanej według wielkości gałeczek. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Technologia Żywności IX* (281): 19 — 29.
- Leszczyński W. 2001. Zróżnicowane właściwości skrobi. *Przemysł Spożywczy* 55 (3): 38 — 39.
- Leszczyński W. 2004. Skrobia — surowiec przemysłowy, budowa i właściwości. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 500: 69 — 98.
- Lim S. T., Jane J. L., Rajagapalan S., Seib P. A. 1992. Effect of starch granule size on physical properties of starch-filled polyethylene film. *Biotechnology Progress* 8: 51 — 57.
- Lisińska G., Leszczyński W. 1989. *Potato science and technology*. Elsevier Applied Science, London and New York.
- Singh N., Singh J., Kaur L., Singh Sodhi N., Singh Gill B. 2003. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chemistry* 81: 219 — 231.
- Singh N., Kaur L., Singh Sandhu K., Kaur J., Nishinari K. 2006. Relationships between physicochemical, morphological, thermal, rheological properties of rice starches. *Food Hydrocolloids* 20: 523 — 542.
- Tomaszewska-Ciosk E., Golachowski A. 2010 a. Określenie przydatności przesiewacza AS 200 firmy Retch do frakcjonowania skrobi ziemniaczanej. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 557: 319 — 330.
- Tomaszewska-Ciosk E., Golachowski A., Drożdż W., Boruckowska H., Boruckowski T., Zdybel E. 2010 b. Właściwości skrobi ziemniaczanej rozsortowanej z zastosowaniem sit. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 557: 331 — 343.