



Badania nad wielkością ziaren skrobi w różnych odmianach ziemniaka pod kątem możliwości zmniejszenia zanieczyszczenia środowiska wodnego odpadami produkcyjnymi

*Edward Ratuszniak, Aldona Kubas
Akademia Pomorska, Słupsk*

1. Wstęp

Eutrofizacja, jako proces wzbogacania wód w pierwiastki biogenne, nasila się zwykle w wyniku odprowadzania do nich słabo oczyszczonych ścieków, w tym ścieków przemysłowych [3]. Przemysł ziemniaczany wytwarza dużo ścieków mogących powodować zanieczyszczenia wód. Podstawowymi produktami przemysłu ziemniaczanego są: skrobia, susze i hydrolizaty (syropy skrobiowe i glukoza krystaliczna). Mączka ziemniaczana, będąca głównym produktem [1], to prawie czysta skrobia (krochmal), uzyskiwana w sposób mechaniczny.

W nowoczesnej krochmalni współczynnik wydobywania krochmalu z ziemniaków wysokoskrobiowych wynosi 90-93%. Reszta skrobi znajduje się w odpadach produkcyjnych, w tzw. wycierce i przechodzą do szlamów stanowi straty produkcyjne. Skrobia odpadowa stanowi 30-40% wycierki, w zależności od typu tarek. Pozostała część to nierozpuszczalne w wodzie substancje niekrochmalowe (celuloza, substancje azotowe, pektyny, białka, ligniny i tłuszcze), które decydują o stratach krochmalu podczas przerobu bulw ziemniaka. W toku produkcji w całości przechodzą one do wody sokowej, drugiego obok wycierki produktu odpadowe-

go w przemyśle krochmalniczym. W wyniku ich obecności, poprzez obniżenie napięcia powierzchniowego, sok komórkowy ma zdolność do pienienia się a powstająca piana unosi ze sobą małe ziarna skrobiowe powodując straty w produkcji i zatykanie przewodów odpływowych [6]. Powstawanie wycierki i dużej ilości wód sokowych w toku produkcji w przemyśle skrobiowym pozostaje nie bez wpływu na stan czystości wód i stopień ich eutrofizacji. Uznaje się przy tym, że największe straty skrobi podczas procesu technologicznego mają miejsce w przypadku skrobi drobnoziarnistej [6].

Ziarnistość skrobi, rozumiana jako procentowy udział frakcji o różnej wielkości ziaren, ma istotne znaczenie w wielu gałęziach przemysłu, głównie w krochmalnictwie i gorzelnictwie, wpływając na wydajność i jakość otrzymywanych produktów [8]. Przy produkcji alkoholu, z przerobu bulw ziemniaka zawierających duże ziarna skrobi uzyskuje się wyższą wydajność, niż w przypadku korzystania z bulw zawierających taką samą ilość skrobi, ale w postaci ziaren drobnych [4]. W gorzelnictwie preferowane są więc duże i wyrównane ziarna skrobiowe, gdyż sprzyja to łatwiejszemu i równomiernemu scukrzaniu się skrobi w procesie produkcji [12]. Odmiany ziemniaka przeznaczone do przemysłu krochmalniczego powinny zawierać głównie skrobię gruboziarnistą [6]. Skrobia taka jest biała i błyszcząca i w procesie produkcyjnym nie obciąża ścieków. W trakcie wymywania skrobi z miazgi ziemniaczanej duże ziarna pod wpływem działania wody dobrze oddzielają się od włókien miazgi i wymyte nie pozostają w wycierce. W czasie oddzielania wody sokowej w wirówce (separatorze), duże ziarna łatwiej się odwirowują, są odrzucane przez siłę odśrodkową i wypływają razem z zagęszczonym mleczkiem przez dysze [5, 6, 7].

Drobne ziarna są częściowo wymywane w procesie oczyszczania skrobi, ponieważ przechodzą łatwo przez najmniejsze sita. Chodzi tu o ziarna mniejsze niż 15-20 μm , które mając stosunkowo małą powierzchnię nie ulegają strumieniowi wody, silnie przylegają do włókien mleczka skrobiowego i pozostają nie wymyte w wycierce powiększając straty skrobi [6]. Wymywane ziarna obciążają ścieki i wpływają na wzrost zanieczyszczenia wód [4, 5, 7]. W czasie odwirowywania wody sokowej w separatorze małe ziarna nie dochodzą do dyszy i są usuwane z wodą sokową. Część tych drobnych ziaren porywana jest przez tworzącą się pianą i także uchodzi do ścieków. Także podczas oddzielania po-

wietrza od wysuszonej skrobi w cyklonie małe ziarna nie odwirowują się i wraz z powietrzem uchodzą do atmosfery [6].

Surowcem dla produkcji skrobi w przemyśle ziemniaczanym są przede wszystkim skrobiowe odmiany ziemniaka, lecz przy skupie surowca bierze się pod uwagę tylko zawartość skrobi w dostarczanej partii bulw. Hodowla odmian skrobiowych oparta jest głównie na parametrze procentowej zawartości skrobi w odmianie i na plonie skrobi z hektara. Mniej uwagi zwraca się na wielkość ziaren skrobi, może ze względu na brak prostej i szybkiej metody oznaczania tego parametru.

Celem niniejszej pracy jest ocena przydatności zastosowania metody mikroskopowej do analizy wielkości ziaren skrobi w bulwach różnych odmian ziemniaka, jej udziału w poszczególnych frakcjach wielkości. Podjęta też będzie próba oceny badanych odmian jako surowca do produkcji skrobi pod kątem możliwego zanieczyszczenia środowiska wodnego w toku produkcji.

2. Materiał i metody

Materiał badawczy stanowiły bulwy 8 odmian ziemniaka należących do różnych grup wczesności i typów użytkowych (tabela 1). Dobór odmian dokonano mając na uwadze ich skrobiowość zgodną z wymogami jakościowymi w przemyśle skrobiowym, według których minimalna zawartość skrobi w dostarczanych odmianach ziemniaka powinna wynosić co najmniej 13%, przy czym dla odmian typowo skrobiowych 15% [11]. Bulwy pochodziły z doświadczeń polowych prowadzonych w Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian (SDOO) w Karżnicze, w latach 2006 i 2007. Dodatkowo w roku 2006 przebadano próbki mąki ziemniaczanej, pochodzącej z obrotu handlowego.

Pomiary wielkości ziaren skrobi ziemniaczanej wykonano przy użyciu mikroskopu NICON EKLIPSE E 400, wykorzystując komputerowy system analizy obrazów mikroskopowych LUCIA G 3,52 a. Do mikroskopowych badań ziaren skrobi brano po 4 średniej wielkości bulwy z każdej odmiany. Każdą bulwę traktowano jako oddzielne powtórzenie i dla każdej z nich wykonano preparat ze świeżego miąższu, barwiony płynem Lugola. Dla każdego preparatu, mierzono największą średnicę co najmniej 50 ziaren (wzdłuż ziarna, przy powiększeniu 100x). Wyniki grupowano w trzech frakcjach: ziarna małe (do 20 μm), średnie (20-40 μm) i duże (powyżej 40 μm). Taki podział jest zgodny z frakcjami

skrobi podanymi przez Leszczyńskiego [6] i podobny do zastosowanego przez Mazurczyk i Lis [8].

Tabela 1. Charakterystyka odmian ziemniaka badanych w doświadczeniu
Table 1. Characteristics of the potato cultivars examined during the research

| Odmiana | Grupa wczesności | Typ użytkowy | Zawartość skrobi(%)* |
|-------------|------------------|-----------------------------------|----------------------|
| Satina | średnio wczesne | jadalne, ogólnoużytkowe | 13,7 |
| Syrena | późne | jadalne, ogólnoużytkowe | 13,8 |
| Milek | bardzo wczesne | jadalne, ogólnoużytkowe | 14 |
| Asterix | średnio wczesne | jadalne, ogólnoużytkowe, frytkowe | 14,7 |
| Zeus | późne | jadalne, lekko mączyste | 15,6 |
| Lady Claire | wczesne | jadalne, lekko mączyste, chipsowe | 15,8 |
| Saturna | średnio późne | skrobiowe, chipsowe | 17,3 |
| Głada | średnio wczesne | Skrobiowe, mączyste | 20 |

**dane literaturowe*

3. Wyniki

W badaniach przeprowadzonych na wybranej grupie odmian ziemniaka w latach 2006 i 2007 stwierdzono, że w obu latach średnio największy procentowy udział (52% w roku 2006 i 46% w roku 2007) miała frakcja ziaren średnich (o wielkości od 20-40 μm). Udział ziaren dużych był znacząco wyższy od udziału ziaren małych (odpowiednio 35% i 13%), ale tylko w pierwszym roku badań, gdyż w roku następnym proporcja była odwrotna (23% ziaren dużych i 31% ziaren małych). Uzyskane wyniki badań procentowego udziału ziaren skrobi w poszczególnych frakcjach wielkości przedstawiono w tabeli 2.

W roku 2006 największy udział ziaren dużych (45%) stwierdzono u odmiany frytkowej Asterix, u której ziarna małe były nieliczne (tylko 3%). Niski procent ziaren małych miały też odmiany: Głada (7%), Syrena (8%) i Lady Claire (9%). Najwyższy udział frakcji ziaren małych stwierdzono u odmiany Satina (27%), który znacznie przewyższał średnią dla odmian. W mące ziemniaczanej frakcja ziaren małych wyniosła 18%, u odmian (18%) a frakcja ziaren dużych zaskakująco niska (27%) – na poziomie odmiany Satina i Zeus. W mące najwięcej było ziaren średnich.

Tabela 2. Procentowy udział ziaren skrobi we frakcjach wielkości w odmianach ziemniaka i mące ziemniaczanej w latach 2006 i 2007

Table 2. Percentage share of starch grains in size fractions of potato cultivars and potato flour examined in 2006 and 2007

| Pochodzenie skrobi/odmiany | Procent ziaren skrobi rok 2006 | | | Procent ziaren skrobi rok 2007 | | |
|------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------------|--------------------------------|-------------------|--------------|
| | małe (<20µm) | średnie (20-40µm) | duże (>40µm) | małe (<20µm) | średnie (20-40µm) | duże (>40µm) |
| Mąka ziemniaczana | 18 | 55 | 27 | - | - | - |
| Satina | 27 | 46 | 27 | 23 | 46 | 31 |
| Syrena | 8 | 57 | 35 | 40 | 44 | 16 |
| Milek | 14 | 56 | 30 | 45 | 46 | 9 |
| Asterix | 3 | 52 | 45 | 29 | 46 | 25 |
| Zeus | 17 | 55 | 28 | 32 | 45 | 23 |
| Lady Claire | 9 | 55 | 36 | 30 | 43 | 27 |
| Saturna | 19 | 44 | 37 | 28 | 45 | 27 |
| Głada | 7 | 54 | 39 | 23 | 50 | 27 |
| Średnia dla frakcji u odmian | 13 | 52 | 35 | 31 | 46 | 23 |

W roku 2007 największy procentowy udział ziaren dużych stwierdzono u odmiany Satina (31%). Zwiększył się on w porównaniu z rokiem poprzednim. Podobnie jak w roku 2006, odmiany skrobiowe Saturna, Głada, Asterix i Lady Claire wykazały wyższy od średniej udział frakcji ziaren dużych (po 27%). Wyraźne zwiększenie udziału ziaren małych nastąpiło natomiast u odmian Asterix (z 3% do 29%), Głada (z 7% na 23%), Syrene (z 8% na 40%) i Lady Claire (z 9% na 30%).

4. Dyskusja

Znaczenie badań nad ziarnistością skrobi pod kątem ochrony środowiska wodnego uwidacznia prześledzenie głównych etapów produkcji krochmalu. Pierwszym etapem jest usunięcie z miazgi ziemniaczanej dużej części soku ziemniaczanego za pomocą wirówki sedymentacyjnej. Usunięcie soku ułatwia główny przerób skrobi i zapewnia dużą oszczędność wody [1]. Wcześniej wydzielony, nie rozcieńczony sok ziemniaczany z dużą ilością drobnych ziaren skrobi i substancji azotowych może być wykorzystany jako surowiec do produkcji białka ziemniaczanego.

W dalszym etapie przerobu zmodyfikowana i zakwaszona miazga ziemniaczana trafia do wymywania strumieniowego, gdzie za pomocą mokrego przesiewania jest wydzielane z niej tzw. mleczko skrobiowe, będące zawiesiną większych ziaren skrobi. Następnie zawiesina cząstek jest kierowana do ponownego rozdrobnienia i drugiego stopnia wydzielania mleczka skrobiowego. Wtedy, poza mleczkiem skrobiowym, podczas wymywania wydobywa się z miazgi zawiesina cząstek błonnikowskrobiowych, która po oddzieleniu nadmiaru wody, wpływa do magazynu produktów ubocznych, jako tzw. wycierka. Wycierka ziemniaczana, która zawiera błonnik i około 30% skrobi drobnoziarnistej, jest wykorzystywana jako pasza dla zwierząt.

W kolejnym etapie procesu technologicznego mleczko skrobiowe poddawane jest procesom rafinacji (zateżnienia i rozcieńczania) i odwodnienia w wirówce sedymentacyjnej, zwanej koncentratorem lub separatorem. Po wtórnym zakwaszeniu zagęszczone mleczko skrobiowe jest kierowane na sita wirowe, w celu pozbawienia go drobnych włókienek. Innym sposobem usunięcia zanieczyszczeń stałych jest wydzielenie piasku z mleczka skrobiowego za pomocą hydrocyklonu, w którym usuwane są rozpuszczone w wodzie zanieczyszczenia towarzyszące skrobi. Wydzielona z hydrocyklonów zawiesina drobnych ziarenek skrobi, wraz z głów-

ną masą zanieczyszczeń, przechodzi do hydrocyklonów klarujących, gdzie oddziela się od zanieczyszczeń skrobię drugiego rzutu. Zanieczyszczenia z resztkami skrobi kieruje się do szlamów (osadników) a drugi rzut skrobi przekształcany jest w hydrolizaty (syrupy kwasowe i enzymatyczne, oraz glukozę krystaliczną), lub trafia w postaci gęstego mlecza na filtr próżniowy, skąd jako mokra skrobia kierowana jest do suszenia strumieniami gorącego powietrza. Po odparowaniu części wody, oddzielona od wilgotnego powietrza, skrobia jest zbierana w silosie w postaci mąki, potem kierowana jest na odsiewacze, gdzie usuwane są z niej bryłki i zlepy.

Nowoczesne technologie, z zastosowaniem trójfazowego dyszowego separatora, pozwoliły na podwyższenie wydajności produkcji i redukcję ilości ścieków o 40%, obniżając ich obciążenia biologiczne. Ścieki wprowadzone do kosza separacji zostają w sposób mechaniczny separowane, na zasadzie sedymentacji i flotacji, w wyniku czego następuje wytrącenie drobin skrobi na dnie zbiornika do części osadczej. Oczyszczony ściek odprowadzany jest do kanalizacji [10].

Analizując przydatność badanych odmian dla procesu produkcji skrobi można stwierdzić, że wszystkie przebadane odmiany ziemniaka nadają się do wykorzystywania w przemyśle ze względu na ich skrobiowość, która u wszystkich odmian wynosi co najmniej 13%, a także z powodu przewagi w nich frakcji ziaren średnich, co jest zgodne z wymaganiami jakościowymi dla dostarczanych odmian. Przebadane odmiany nie powinny też zbytnio obciążać środowiska odpadami w czasie przerobu, ze względu na wykazaną zdecydowaną przewagę frakcji ziaren większych niż 20 μm .

Z przebadanych odmian najbardziej przydatne w krochmalnictwie i gorzelnictwie mogą być Saturna i Głada, ze względu na ich wysoką skrobiowość i stwierdzoną przewagę skrobi gruboziarnistej. Odmiany te przypuszczalnie w najmniejszym stopniu obciążą ścieki biogenami. Możliwość badania ziarnistości skrobi prostą metodą mikroskopową jest istotnym ułatwieniem nie tylko dla określenia przydatności przemysłowej i jakości powstającego produktu pod kątem ochrony środowiska wodnego, ale może też pomóc w przy selekcji odmian skrobiowych w procesie hodowli.

Wzrost udziału ziaren małych w badanych odmianach w roku 2007 wskazuje na znaczenie warunków uprawy (czynników klimatycznych) dla

kumulacji ziaren skrobi w różnych frakcjach. Małe ziarna skrobiowe nie są przydatne w gorzelnictwie i krochmalnictwie, ale są wykorzystywane przy produkcji klejów, wypełniaczy i emulgatorów, w przemyśle tekstylnym, papierniczym, chemicznym, spożywczym - do produkcji kisielu i mączki budyniowej, oraz jako pasza dla zwierząt [1, 2, 4, 5,].

W tradycyjnych technologiach podstawowym produktem była głównie skrobia gruboziarnista, a drobne ziarna były w większości tracone. W nowych procesach produkcyjnych wzrasta udział skrobi drobnoziarnistej w produkcji, co jednak zmienia właściwości uzyskanej skrobi (właściwości cieplne, lepkość). Stosowanie nowoczesnych maszyn i skomputeryzowanie procesu produkcyjnego wymaga jednakże dużych nakładów finansowych, oraz użycia środków pomocniczych, tzn. odpieniaczy w procesie spławiania i rafinacji [9].

5. Podsumowanie i wnioski

1. Przeprowadzone analizy wielkości ziaren skrobi w grupie badanych odmian metodą mikroskopową wykazały, że w skrobi wszystkich przebadanych odmian ziemniaka w latach 2006 i 2007, oraz w próbkach mąki ziemniaczanej, przeważała zdecydowanie frakcja ziaren średnich.
2. W grupie badanych odmian wysokim udziałem ziaren dużych skrobi wyróżniły się odmiany Saturna i Głada, u których w obu latach badań stwierdzono wysoki procentowy udział ziaren średnich i dużych. Ma to szczególne znaczenie w gorzelnictwie i krochmalnictwie, gdzie preferowane są duże ziarna skrobi, gwarantując wysoki uzysk skrobi w przerobie tych odmian.
3. Szczególnie wysoki procentowy udział frakcji ziaren małych stwierdzono w roku 2007 u odmian Syrena i Miłek (40% i 45%). Może to być sygnałem wskazującym na możliwe wysokie straty skrobi w procesie przerobu tych odmian, a tym samym znaczne obciążenie ścieków odpadami.
4. W roku 2007 odnotowano wyraźne różnice w udziale procentowym frakcji ziaren dużych i małych u tych samych odmian w porównaniu do roku 2006. Może to wskazywać na znaczną zmienność środowiskową tej cechy, związaną głównie ze zmianą warunków klimatycznych w poszczególnych latach uprawy.

5. Nowoczesne metody uzyskiwania skrobi pozwalają na wzrost udziału skrobi drobnoziarnistej w otrzymanym produkcie, co jednak zmienia właściwości uzyskanej skrobi (właściwości cieplne, lepkość). Zwiększenie odzysku ziaren małych jest istotne dla zmniejszenia obciążenia wód odpadami.

Literatura

1. **Boruch M., Król B.:** *Procesy technologii żywności, skrypty dla szkół wyższych.* Politechnika Łódzka, 190-195, 1993.
2. **Golachowski A.:** *Stosowanie skrobi i jej przetworów w przemyśle spożywczym.* Zesz. Nauk. AR Wrocław, Technol. Żywn., 12: 117-124, 1998.
3. **Kubiak J., Tórz A.:** *Eutrofizacja. Podstawowe problemy ochrony wód jeziornych na Pomorzu Zachodnim.* Słupskie Prace Biologiczne. PAP Słupsk, 2: 17-36, 2005
4. **Leszczyński W.:** *Wpływ różnych czynników działających w uprawie ziemniaka na niektóre właściwości fizyczne i skład chemiczny otrzymanej skrobi.* Zesz. Nauk. AR Wrocław, „Rozprawy”, 9: 3-47, 1977.
5. **Leszczyński W., Golachowski A.:** *Właściwości skrobi ziemniaczanej rozsortowanej według wielkości galeczek.* Zesz. Nauk. AR Wrocław, Technol. Żywn., 9: 19-29, 1995.
6. **Leszczyński W.:** *Kryteria oceny jakości ziemniaka konsumpcyjnego i skrobiowego.* AR Wrocław. Ziemniak spożywczy i przemysłowy, oraz jego przetwarzanie. Mat. Konf., Polanica Zdrój, 8-11 maja 2000, 41-49, 2000.
7. **Lewosz J.:** *Wybrane zagadnienia z biochemii ziemniaka.* W: *Biologia ziemniaka* W. Gabriel (red.) PWN, Warszawa, 1985.
8. **Mazurczyk W., Lis B.:** *Ziarnistość skrobi, jej plon i zawartość w bulwach odmian skrobiowych ziemniaka.* IHAR O/Jadwisin, Ziemniak spożywczy i przemysłowy, oraz jego przetwarzanie. Mat. Konf., Polanica Zdrój, 8-11 maja 2000, 175, 2000.
9. **Piasecki M., Balcerek Wł., Gruchała L.:** *Aspekty technologiczne i ekonomiczne produkcji skrobi ziemniaczanej.* AR Poznań. Ziemniak spożywczy i przemysłowy, oraz jego przetwarzanie. Mat. Konf., Polanica Zdrój, 8-11 maja 2000, 183-184, 2000.
10. **Przeznaczenie separatorów skrobi.** 2008., www.separator.com.pl/tag/separatory/pl
11. **Samborski S.:** *Wymagania jakościowe w przemyśle skrobiowym.* www.agro-info.org.pl, 2005
12. **Werner E.:** *Hodowla ziemniaka i jej znaczenie.* W: *Biologia ziemniaka*, W. Gabriel (red.) PWN, Warszawa, 1985.

Research on Size of Starch Grains in Different Potato Cultivars for the Possibility of Reduction of Environment Pollution with Wastes from Starch Production

Abstract

The potato industry produces numerous wastes which can pollute water. In a modern starching factory the ratio of starch extraction from potatoes with high starch content is about 90-93%. The remainder of the starch goes into wastes. Starch potato breeding is based primarily on the percentage parameter of starch content and on the starch harvest per hectare. Less attention is paid to the size of starch grains, perhaps due to the lack of a fast and simple method of determination of that attribute.

The aim of this paper is to apply microscopic analysis of the size of starch grains in various potato cultivars, its quota in different volume fractions, and an attempt to evaluate the researched cultivars in their capacity as raw material for starch production in relation to the possible water pollution in the production of starch.

The research material consisted of tubers of 8 different potato cultivars belonging to different utility groups. The measurement of starch grains was carried out using a NIKON ECLIPSE E 400 microscope, with the aid of a computer analysis of microscope images program – LUCIA G 3.52a. The results were grouped into three fractions of grains – small (up to 20 μ m), medium (20-40 μ m) and large (above 40 μ m).

Microscopic analyses of the research material allowed to divide starch into size-based fractions and to indicate the differences in the percentage presence of the various fractions in different cultivars of potatoes. There was a marked difference in the percentage presence of small and large sized grains in the same cultivars between the years 2007 and 2006. This could indicate that the feature could have a considerable environmental dependency, depending on the variability of climate in the particular years.

Two of the examined cultivars – Saturn and Glada – had particularly high presence of large grains, thus guaranteeing high starch yields in the processing of these particular cultivars. Two of the examined cultivars – Syrena and Miłek – had a high presence of the small grain strata in the year 2007 (40 and 45% respectively). These cultivars could cause high starch loss in the production process as well as add considerable amount of wastes to refuse water. Modern starch extraction techniques allow for an increase of the small grain starch presence in the ready product. The improvement in small grain extraction is important for decreasing of pollution of water with wastes.