

Prof. dr hab. Bohdan ACHREMOWICZ
 Dr hab. inż. prof. UR Czesław PUCHALSKI
 Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski
 Prof. dr hab. Tadeusz HABER
 Państwowa Wyższa Szkoła Informatyki i Przedsiębiorczości w Łomży

WYKORZYSTANIE ZIARNA PSZENŻYTA W PRZEMYSŁE FERMENTACYJNYM®

Use of triticale in the fermentation industry®

Słowa kluczowe: pszenżyto, przemysł fermentacyjny, browarnictwo, gorzelnictwo, energia odnawialna, bioetanol.

Zainteresowanie ziarnem pszenżyta jako surowcem dla przemysłu fermentacyjnego uwarunkowane jest zawartością skrobi i wysoką aktywnością amylolityczną. Początkowo badania prowadzono w celu wykorzystania ziarna jako słołu piwowarskiego i gorzelniczego. Uzyskane rezultaty nie potwierdziły możliwości szerszego zastosowania tego ziarna w przemyśle. Wykorzystanie pszenżyta do produkcji energii odnawialnej w postaci bioetanolu stwarza wymierne korzyści dla rolnictwa i ekologii. Prowadzone są również prace hodowlane zmierzające do uzyskania nowych odmian o wyższej wydajności bioetanolu.

Key words: triticale, fermentation industry, brewing, distilling, renewable energy, bioethanol.

Interest in triticale grain as raw material for fermentation industry is subject to a high content of starch and amylolytic activity. Initially, the study was carried out in order to use the grain as beer and malt distillers. The results obtained were not, however, wider application in industry. Triticale new opportunities for renewable energy production in the form of bioethanol create tangible benefits for agriculture and ecology. Work is also the breeding efforts to obtain new varieties with higher yields of bioethanol.

WPROWADZENIE

W strukturze upraw w Polsce czołowe miejsce zajmują zboża stanowiące około 77% areалу, a ich opłacalność rzutuje na ogólną sytuację ekonomiczną rolnictwa. W UE zajmujemy trzecie miejsce pod względem powierzchni zasiewów zbóż, a w świecie pierwsze w produkcji pszenżyta i drugie w produkcji żyta. Według GUS [25] ostatnio wzrosła powierzchnia uprawy zbóż podstawowych do 8,2 mln ha, z tego pszenżytą obsiano 1,3 mln ha, stanowi to 15,6% i daje drugie miejsce po pszenicy. Średnie plony pszenżyta są wysokie i wynoszą 3,42 t/ha, a zbiory roczne 4 370 tys. ton. Obecnie w krajowym rejestrze zbóż znajduje się 31 odmian ozimych oraz 12 jarych pszenżyta.

W ostatniej dekadzie nastąpiły zmiany w strukturze wykorzystania ziarna zbóż, podwojeniu uległo zużycie przemysłowe, stanowiące obecnie 9% zbiorów. Według prognoz ta tendencja może utrzymać się również w kolejnych latach. W strukturze zagospodarowania zbóż eksport wynosi 9%, w latach 2009-12 stanowiło to około 3 mln ton. Głównym odbiorcą są Niemcy, na które przypada 56% eksportu [5].

W Polsce będącej światowym potentatem w produkcji pszenżyta (wzrastające zapotrzebowanie) prowadzone są prace nad udoskonaleniem odmian pod względem jakościowym, z przeznaczeniem na cele chlebowe i słodownicze. Ziarno pszenżyta przeznaczane było dotychczas głównie na cele paszowe. Możliwości wykorzystania mąki pszenżytniej w piekarstwie oraz w produkcji skrobi przedstawiono w obszernych artykułach [1,2].

Celem artykułu jest przedstawienie możliwości wykorzystania ziarna pszenżyta w przemyśle fermentacyjnym.

WYKORZYSTANIE ZIARNA NA CELE PRZEMYSŁOWE

Głównym kierunkiem przemysłowego wykorzystania ziarna zbóż jest zużycie: na przemiał, w browarnictwie, w gorzelniach na spirytus, w zakładach koncentratów na kawę zbożową. Przemysł biotechnologiczny wykorzystuje skrobię zbożową do produkcji środków słodzących, tworzyw sztucznych (w tym opakowań) i wielu innych artykułów o różnym przeznaczeniu. Wielkość rocznego zapotrzebowania kształtuje się obecnie na poziomie około 1,2 mln ton, przy wzrastającej produkcji słołu, zmiennej spirytusu i stabilnej wielkości przetwórstwa na cele spożywcze. W zależności od przeznaczenia, surowiec powinien charakteryzować się odpowiednimi cechami jakościowymi:

- dla celów produkcji słodowniczej najważniejsze są zdolność i energia kiełkowania, niska zawartość białka oraz wyrównane ziarno, określa się też kilka specjalistycznych parametrów technologicznych,
- efektywna produkcja spirytusu jest uzależniona od zawartości skrobi i aktywności enzymów amylolitycznych w ziarnach zbóż,
- w produkcji koncentratów spożywczych najistotniejsze znaczenie ma zdrowotność ziarna, brak porostania i wysoka liczba opadania.

Zainteresowanie uprawą pszenżyta i rosnące plony nowych odmian umożliwiają szersze wykorzystanie ziarna w przetwórstwie przemysłowym. Potwierdzają to badania wykonane za granicą i w kraju. Wykazano, że pszenżyto stanowi dobry surowiec w produkcji wielu artykułów spożywczych [6,19,20]. Jednym z nowych kierunków wykorzystania ziarna pszenżyta w przetwórstwie spożywczym może być produkcja piekarskich ekstraktów słodowych. W prowadzonych badaniach porównano cechy fizyko-chemiczne jęczmiennych i pszenżytnich ekstraktów słodowych. Wykazano [13], że zacieranie słołu pszenżytniego z dodatkiem preparatów enzymów rozkładających pentozany, umożliwia otrzymanie brzeczek słodowych, które po zagęszczeniu i wysuszeniu, stanowią produkt porównywalny z jęczmiennym ekstraktem słodowym stosowanym w przemyśle piekarskim. Ważnym kierunkiem zagospodarowania pszenżyta jest gorzelnictwo i browarnictwo. W krajowych ośrodkach naukowych od szeregu lat prowadzone są prace badawcze i aplikacyjne nad tymi zagadnieniami. Pierwsze w Polsce badania z zakresu wykorzystania ziarna pszenżyta do produkcji słołu prowadzili Antkiewicz [8,9] i Achremowicz [3,4].

BROWARNICTWO

Jako pierwszy badania nad wykorzystaniem ziarna pszenżyta w browarnictwie podjął w 1981r. Antkiewicz [8]. Materiał stanowiło 6 rodzajów ozimych pszenżyta i 5 rodzajów jarych. Porównano je z jęczmieniem odmiany browarnej Triumf oraz pszenicą i żytem. Ziarno słodowano w warunkach mikrosłodowni w celu uzyskania słołu krótkiego (browarnego) oraz długiego (gorzelniczego). Ocena normatywna uzyskanych słołów browarnych w porównaniu ze słołem jęczmiennym wykazała, iż przewyższają one pod względem aktywności enzymatycznej 1,5-2 razy słoły jęczmienne. Stwarza to możliwości wykorzystania ziarna niesłodowanego (ok.30%) przy kompozycji wsadu surowcowego w procesie zacierania oraz poprawę właściwości fizyko-chemicznych brzeczek, przez uzyskanie krótszego czasu spływu, poprawę barwy i lepkości oraz % liczby Kolbacha. Użycie samych słołów pszenżytnich do produkcji brzeczek uznano za ograniczone ze względu na ponadnormatywne wskaźniki technologiczne, głównie wysoki poziom białka rozpuszczalnego. Produkcja piwa z takiego surowa wymagałaby modyfikacji procesu technologicznego [10].

W badaniach wykonanych przez Błażewicza [11] analizowano ziarno 13 rodzajów i 4 odmian pszenżyta ozimego, uzyskując słoły 4,6 i 8 dniowe. Optymalny okres słodowania dla słołu jasnego pilzneńskiego przyjęto na 6 dni. Słoły poddano zacieraniu i określono cechy otrzymanych brzeczek. Zaletą słołu pszenżytniego jest wysoka ekstraktywność, dobra siła diastatyczna i krótki czas scukrzania skrobi. Za wady uznano wysoką zawartość białka, nadmierną lepkość brzeczek i wydłużony czas słodowania. W celu wyjaśnienia obserwowanych trudności przeprowadzono badania, w których słoły pszenżytnie zacierano metodą kongresową z dodatkiem enzymów proteolitycznych i hydrolizujących polisacharydy nieskrobiowe. Wykazano, że przyczyną utrudnionej filtracji brzeczek pszenżytnich nie były związki białkowe, ale kompleksy polisacharydów nieskrobiowych zawierających pentozany [14].

Z przeprowadzonych przez innych autorów [23] badań wynika, że niezależnie od użytych odmian pszenżyta i czasu

słodowania ziarna, otrzymane brzeczek wykazują utrudnioną filtrację i dużą lepkość. Problem ten rozwiązano przez zastosowanie podczas zacierania słołów pszenżytnich preparatów enzymatycznych hydrolizujących pentozany. Użycie preparatów Pentopan i Ultraflo znacznie poprawiło proces filtracji brzeczek, zwiększyła się zawartość pentozanów w brzeczkach i piwie, ale ocena organoleptyczna uzyskanego piwa pszenżytniego była niższa niż jęczmiennego [15,22].

Badania nad wykorzystaniem ziarna pszenżyta w browarnictwie prowadzono również w Niemczech [7,17]. Przeprowadzono próby z użyciem niemieckiej odmiany Alamo oraz polskich Fidelio i Vero, które okazały się bardziej przydatne do tego celu. Dodatek słołów pszenżytnich do jęczmiennych wynosił 30, 40 i 50%, a kontrolą był 100% słoł pilzneński. Obecność pszenżyta w słodzie mieszanym zwiększała wydajność warzelną. Brzeczek i piwa pszenżytnie miały wyższą lepkość z powodu wysokiej zawartości pentozanów. Piwo z pszenżyta miało znacznie niższą zawartość garbników, zawierało frakcje białek o wyższym ciężarze molekularnym, a także wykazywało lepszą pienistość. Piwo takie trudniej się filtrowało i było bardziej podatne na zmętnienia spowodowane obecnością białek. W ocenie sensorycznej okazało się przyjemne w smaku, o czystym aromacie, uznano że dobrze nadaje się do spożycia jako niefiltrowane piwo piwniczne, a także że podobne jest w typie do piw pszenicznych [7].

GORZELNICTWO ROLNICZE

Ziarno pszenżyta jako surowiec gorzelniczy charakteryzuje się wysoką zawartością węglowodanów, z czego skrobia stanowi około 60%. Umożliwia to uzyskanie wysokiej wydajności alkoholu. Szczególnie przydatne dla przemysłu spirytusowego według różnych autorów [18, 27] jest pszenżyto ozime odmiany Grenado, które zawiera skrobię w ilości zapewniającej wysoką wydajność alkoholu [29]. Zastosowanie słołu z pszenżyta w przemyśle gorzelniczym pozwalało również na znaczne oszczędności słołu w granicach 35-40% w porównaniu do słołu jęczmiennego. Wykazano to na podstawie przebiegu fermentacji i wydajności alkoholu z zacierów skrobiowych, scukrzanych wyciągami enzymatycznymi pochodzącymi z różnych słołów [12].

W kolejnych badaniach [4] dokonano charakterystyki aktywności enzymów amylolytycznych, proteolitycznych i katalazy w ziarnie zbóż. Wykazano, że pszenżyto przewyższa żyto i pszenicę pod tym względem. W trakcie słodowania nastąpił wzrost aktywności enzymatycznej, dorównując aktywności ziarna jęczmienia browarnego. Uzyskane rezultaty potwierdziły przydatność ziarna pszenżyta do produkcji słołu [4].

Porównano także siłę diastatyczną oraz zdolność scukrzania skrobi słołów krótkich i długich jęczmiennych, a także pszenżytnich. Określono czas słodowania ziarna pszenżytniego do produkcji słołów gorzelnicznych przyjmując 5-7 dni słodowania za wystarczające do uzyskania słołów dobrej jakości i aktywności enzymatycznej [12].

W celu sprawdzenia przydatności słołu z pszenżyta do produkcji surówki w gorzelnicy rolniczej dokonano [3] na skalę produkcyjną scukrzania skrobi ziemniaczanej i fermentację zacieru, aby uzyskać alkohol etylowy. W gorzelnicy przeprowadzono słodowanie klepiskowe ziarna pszenżyta odmiany Grado. Z 380 kg ziarna uzyskiwano 540 kg słołu długiego, co dawało przyrost 1,42. Otrzymany słoł używano

do zacierania 360 q uparowanych ziemniaków o zawartości skrobi 13,6%. Stosowano słód w dawkach 2-porcjowych do kadzi zaciernej, wykonano 9 zacierów. Zacier słodki zawierający 8,15-8,58% cukrów redukujących poddano trzydobowej fermentacji alkoholowej. Przebieg procesu był prawidłowy, po oddestylowaniu uzyskiwano 3 150 dm³ spirytusu surowego. Wydajność ze 100 kg skrobi w przeliczeniu na alkohol 100% wynosiła 61,84 litra. Są to wskaźniki produkcyjne dobre, zbliżone do otrzymywanych dla słodu jęczmieniowego. Ziarno pszenżyta okazało się przydatne do stosowania w gorzelnicy na słód długi i do produkcji alkoholu etylowego [3].

Problematyka wykorzystania ziarna pszenżyta w produkcji etanolu stała się ponownie tematem zainteresowania nauki [27]. Badania nad wpływem enzymów wspomagających przebieg i efekty fermentacji alkoholowej zacierów pszenżytnich prowadziła ostatnio Sapińska [29]. Uzyskano zacier słodkie, przygotowane metodą beciśnieniowego uwalniania skrobi, analizowano zawartość cukrów, dekstryn oraz lepkość. Najwyższe zawartości cukrów uzyskano w próbach z dodatkiem pululanazy. Dodatki ksylanazy, celulazy, celobiazazy i proteazy, w różnym stopniu wpływały na zmianę lepkości słodkich zacierów pszenżytnich. Lepkość obniżał dodatek celulazy i celobiozy, nastąpiło to na skutek degradacji ścian komórkowych ziarna i lepszego dostępu enzymów amylolytycznych do skrobi. Dodatek enzymów wspomagających, a zwłaszcza pululanazy do zacierów pszenżytnich poprawił stopień odfermentowania. Uzyskano [29] całkowite odfermentowanie zacieru, lepsze wykorzystanie cukrów przez drożdże oraz bardziej efektywną biosyntezę etanolu. Fermentacja zacierów pszenżytnich z dodatkiem enzymów wspomagających pozwoliła uzyskać 38,9 l etanolu 100% ze 100 kg surowca, jest to 85 % wydajności teoretycznej. Natomiast wydajność fermentacji bez dodatku enzymów wynosiła tylko 73,2% wydajności teoretycznej. Również czas fermentacji zacierów pszenżytnich z dodatkiem enzymów pomocniczych był krótszy niż zacierów zawierających tylko enzymy amylolytyczne [29].

BIOPALIWO Z PSZENŻYTA

Przemysłowe wykorzystanie ziarna pszenżyta może być lepsze po przeznaczeniu go do produkcji energii odnawialnej w postaci biopaliwa, co powinno przynieść znaczne korzyści dla rolnictwa i ekologii [26]. Wprowadzenie odpowiednich przepisów podatkowych regulujących gospodarkę biopaliwami będzie stymulować wzrost produkcji spirytusu zbożowego. Gatunkami szczególnie odpowiednimi do wykorzystania w produkcji energii odnawialnej są żyto, pszenżyto i kukurydza [16]. Aktualnie w Polsce żyto ma większe znaczenie użytkowe, tradycyjnie wykorzystywane jest w gorzelnictwie, 70% surowki gorzelnicznej wytwarzane jest z żyta. W celu optymalizacji procesów przerobu pszenżyta opracowany został model matematyczny kształtu bryły ziarna przeznaczonego do wykorzystania w procesie produkcji biopaliw [28]. Według danych niemieckich przerób 1 tony ziarna pszenżyta pozwala uzyskać wydajność 0,314 tony bioetanolu [5]. Konkurencyjnymi surowcami są kukurydza, buraki cukrowe i ziemniaki, które w porównaniu do pszenżyta dają wyższe wydajności energetyczne z hektara [16]. Ziarno pszenżyta ma jednak przewagę technologiczną, ponieważ można przerabiać

go przez cały rok, a rośliny okopowe wykorzystywane są tylko w okresie kampanii jesienno-wiosennej.

Rosnące zainteresowanie uprawą oraz potencjał energetyczny zawarty w pszenżycie mogą być podstawą do zainteresowania się tym nowym kierunkiem jego wykorzystania. Stwierdzono wysoką zmienność genetyczną cech ziarna, warunkujących uzysk etanolu w obrębie istniejących elitarnych materiałów hodowlanych pszenżyta. Istnieją duże możliwości hodowli i selekcji odmian w celu zwiększenia wydajności bioetanolu. Interesującą analizę cech pszenżyta ozimego pod kątem produkcji bioetanolu przestawiła firma DANKO [24].

Pszenżyto jest uznane za jeden z lepszych surowców do produkcji bioetanolu co wynika z jego wysokiej aktywności amylolytycznej i związanej z tym niską liczbą opadania [24]. Powoduje to przyspieszenie etapu hydrolizy skrobi, stąd proces fermentacji przebiega w relatywnie krótkim czasie, pomimo że pszenżyto zawiera niższą od żyta zawartość niskocząsteczkowych związków azotowych. Dużą rolę odgrywa tu również czynnik ekonomiczny, gdyż zmniejsza się zapotrzebowanie na enzymy hydrolizujące skrobię do glukozy [12, 21]. Zacier pszenżytni w odróżnieniu od żytniego wykazuje znacznie niższą lepkość, co rozwiązuje część problemów technologicznych polegających na utrudnionym mieszaniu zacieru i niepełnej hydrolizie skrobi, a także zwiększaniu się masy fermentacyjnej w fermentorze. Wydajność produkcji bioetanolu jest porównywalna z otrzymaną w przypadku ziarna pszenicy, co kwalifikuje pszenżyto jako surowiec bardziej atrakcyjny, także ze względu na jego niższą cenę rynkową oraz względnie wysokie plonowanie na glebach gorszej jakości w porównaniu do pszenicy [30]. Przyczynia się do tego w znacznym stopniu dobrze opracowana technologia produkcji pszenżyta, nie tylko jako gatunku, ale także jego poszczególnych odmian.

PODSUMOWANIE

Ziarno pszenżyta charakteryzuje się dobrą zawartością skrobi i wysoką aktywnością amylolytyczną, co umożliwia wykorzystanie go w przemyśle fermentacyjnym. Początkowe prace dotyczące produkcji słodu browarniczego i gorzelniczego, mimo interesujących rezultatów, nie znalazły zastosowania w przemyśle. Aktualnie pszenżyto jest brane pod uwagę jako wartościowy, krajowy, surowiec do produkcji energii odnawialnej w postaci biopaliwa. W naszym kraju uzyskuje się rocznie 4,4 tys. ton ziarna pszenżyta. Częściowe zagospodarowanie go na cele energetyczne może ożywić zapomniane gorzelnictwo rolnicze i przynieść znaczące korzyści dla rolnictwa i ekologii. Hodowcy pszenżyta (DANKO) pracują nad pozyskaniem nowych odmian o korzystniejszych parametrach technologicznych dla przemysłu fermentacyjnego.

LITERATURA

- [1] **ACHREMOWICZ B., CEGLIŃSKA A., GAMBUŚ H., HABER T., OBIEDZIŃSKI M. 2014.** *Technologiczne wykorzystanie ziarna pszenżyta*. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego 1 (24), 113-120.
- [2] **ACHREMOWICZ B., GAMBUŚ H., HABER T. 2013.** *Wykorzystanie skrobi z pszenżyta*. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego 1 (23), 112-117.

- [3] **ACHREMOWICZ B., WACHOWICZ K. 1989.** *Stosowanie siodu z pszenżyta w warunkach gorzelni rolniczej.* Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny 6, 6-7.
- [4] **ACHREMOWICZ B., WIERBOL A. 1985.** *Ocena aktywności enzymów zawartych w ziarnach triticale.* Folia Soc. Sc. Lublin. Biol. 1 (27), 69-73.
- [5] **AGENCJA RYNKU ROLNEGO. 2014.** *Rynek zbóż w Polsce.* ARR, Warszawa, 30.
- [6] **ANDE A., PIPER H.J., SENN T. 1998.** *Production of glucose syrup by direct saccharification from triticale with high autoamylolytic activity.* Starch. 50, 518-523.
- [7] **ANNEMULLER G., MIETLA B., CREYDT G., TUSZYNSKI T. 1999.** *Triticale und Triticale-Malze. Erste Brauversuche mit Triticale-Malzen.* Monatschrift für Brauwissenschaft. 7/8 (52), 131-135.
- [8] **ANTKIEWICZ P. 1983.** *Przydatność ziarna pszenżyta (Triticale) do otrzymywania siodów.* Praca doktorska AR Kraków, 99.
- [9] **ANTKIEWICZ P. 1988.** *Triticale in malting.* Acta Aliment. Pol., 2, 91-97.
- [10] **ANTKIEWICZ P., KUJAWSKI M. 1989.** *Pszenżyto w siodownictwie - ocena jakościowa brzeczek.* Zesz. Nauk. AR Krak.-Technol. Żyw. 231, 3-26.
- [11] **BLAŻEWICZ J. 1993.** *Estimation of the usability of Triticale malts in brewing industry.* Pol. J. Food Nutr. Sci., 2 (43), 39-45.
- [12] **BLAŻEWICZ J. 2004.** *Właściwości brzeczek i koncentratów siodowych otrzymanych z użyciem skrobi ziemniaczanej, ziarna pszenżyta i jęczmienia jako zamienników siodu.* Zesz. Nauk. AR Wrocław, 491, Rozprawy, 491, str. 94.
- [13] **BLAŻEWICZ J., BOREK M. 1999.** *Próby otrzymywania pszenżytnich ekstraktów siodowych.* Zesz. Nauk. AR Wrocław, Technologia Żywności, VIII, 53-60.
- [14] **BLAŻEWICZ J., FOSZCZYŃSKA B., KIER-SNOWSKI J. 1995.** *Możliwości zastępowania jęczmiennych siodów gorzelniczych siodami pszenżytnymi.* Zesz. Nauk. AR Wroc. Techn. Żyw. 273, 39-46.
- [15] **BLAŻEWICZ J., RYTEL E. 2003.** *Wpływ produktów hydrolizy enzymatycznej polisacharydów nieskrobiowych na cechy piwa pszenżytniego.* Acta Sci. Pol., Techn. Alim., 2 (1), 75-82.
- [16] **BURCZYK H. 2011.** *Przydatność zbóż na potrzeby produkcji energii odnawialnej w świetle wyników doświadczeń.* Problemy Inżynierii Rolniczej, 3, 43-51.
- [17] **CREYDT G., MIETLA B., RATH F., ANNEMULLER G., TUSZYNSKI T. 1999.** *Triticale und Triticale-Malze. Orientierende Vormalzung von Triticale.* Monatschrift für Brauwissenschaft. 7/8 (52), 126-130.
- [18] **CYFERT R. 2008.** *Wyniki porejestrowych doświadczeń odmianowych. Zboża ozime. Pszenżyto ozime.* COBORU. Słupia Wielka 55, 33-44.
- [19] **DARVEY N., NAEEM H., GUSTAFSON J.P. 2000.** *Triticale: Production and utilization.* In: Handbook of Cereal Science and Technology., 257-274.
- [20] **FORNAL J., SADOWSKA J., KACZYŃSKA B. 1992.** *Pilot production and estimation of Triticale flakes.* Pol. J. Food Nutr. Sci., 1 (42), 15-22.
- [21] **FOSZCZYŃSKA B. 1997.** *Właściwości brzeczek otrzymanych ze siodów pszenżytnich przy zastosowaniu różnych parametrów zacierania.* Zeszyty Naukowe AR Wrocław, Technologia Żywności, 319, 77-97.
- [22] **FOSZCZYŃSKA B. 2001.** *Aktywność amylolityczna i glukanolityczna ziarna pszenżyta podczas siodowania.* Zeszyty Naukowe AR Wrocław, Technologia Żywności, 407, 119-125.
- [23] **GLATTHAR J., HEINISH J., SENN T. 2002.** *A study on the suitability of unmalted Triticale as a brewing adjunct.* J. Am. Soc. Brew. Chem., 60 (4), 181-187.
- [24] **GRABSKA E. 2010.** *Bioetanol z pszenżyta.* Wiadomości Rolnicze. Polska. 3(66) 34.
- [25] **GUS. 2014.** *Rocznik statystyczny. r.74.* Wyd. GUS Warszawa.
- [26] **JANOWICZ L. 2007.** *Bioetanol w Polsce. Zboża wysokiej jakości. Poradnik dla producentów.* Warszawa, Wyd. Agro Serwis, 57-59.
- [27] **MAJCHRZYCKI D. 2007.** *Nowe oblicze pszenżyta – na paszę i bioetanol.* Danko. Hodowla Roślin. 7, 20-22.
- [28] **MIESZKALSKI L. 2013.** *Metoda matematycznego modelowania płatami Bézierra kształtu ziarna pszenżyta.* Inżynieria Rolna 2 (143), 225-232.
- [29] **SAPIŃSKA E. 2014.** *Enzymy wspomagające proces zacierania surowców skrobiowych.* Praca doktorska, Polit. Łódzka, 164.
- [30] **WANG S., THOMAS K., SOSULSKI K. 1999.** *Grain pearling and very high gravity fermentation technologies for fuel alcohol production from rye and triticale.* Process Biochem., 34, 421-428.