

WPLYW PREPARATÓW ENZYMATYCZNYCH STOSOWANYCH PRZY ZACIERANIU SŁODOWANEGO ZIARNA OWSA NA JAKOŚĆ BRZECZKI

Agnieszka Salamon, Dorota Michałowska

Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Waława Dąbrowskiego
ul. Rakowiecka 36, 02-532 Warszawa
agnieszka.salamon@ibprs.pl

Streszczenie

Na świecie produkuje się piwa przy użyciu słodów uzyskiwanych z każdego niemal zboża. Z uwagi na niską aktywność amylolityczną słodu owsianego jako surowca browarniczego, bardzo ważne jest uzyskanie brzeczki o składzie odpowiednim do produkcji piwa i/lub innych napojów fermentowanych. Zacieranie takiego słodu wymaga optymalizacji procesu i często wiąże się z koniecznością stosowania enzymów spożywczych.

Celem pracy była ocena parametrów technologicznych brzeczki laboratoryjnej ze słodu owsianego zacieranego z dodatkiem komercyjnych preparatów enzymatycznych.

Materiał badawczy stanowił wyprodukowany w skali mikrotechnicznej słód owsiany z ziarna oplewionej odmiany Bingo. Słód zacierano metodą infuzyjną bez dodatku i z dodatkiem komercyjnych enzymów spożywczych, stosowanych pojedynczo lub w połączeniu. Brzeczki laboratoryjne otrzymane według sześciu wariantów zacierania oceniono zgodnie z metodami obowiązującymi w branży browarniczej.

Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano zasadność stosowania preparatów enzymatycznych pochodzenia mikrobiologicznego do zacierania słodu owsianego w celu poprawy parametrów technologicznych brzeczki. Dodanie do zacieru proteazy, oddzielnie i łącznie z enzymami amylolitycznymi i cytolitycznymi, skutkowało zwiększeniem ilości azotu rozpuszczalnego i aminowego w brzeczce. Wymiernym efektem zacierania słodu z udziałem enzymów o aktywności alfa-amylazy i glukoamylazy, w porównaniu z próbką kontrolną, był wzrost zawartości ekstraktu brzeczki i cukrów fermentujących, głównie glukozy.

Słowa kluczowe: słód owsiany, zacieranie, enzymy, brzeczka laboratoryjna

THE INFLUENCE OF ENZYME PREPARATIONS USED IN THE MASHING OF OAT MALTED GRAINS ON THE WORT QUALITY

Summary

The world produces beers using malts derived from almost every grain. Given the low amylolytic activity of the oat malt as a raw material of brewing, it is important to obtain

a wort about the composition suitable for the production of beer and/or other fermented beverages. Mashing of oat malt requires optimization of the process and often involves the application of enzymes.

The aim of the study was to evaluate the technological parameters of laboratory wort from oat malt mashed with the addition of commercial enzyme preparations.

The oat malt produced in the micromalting scale from hulled grains variety Bingo was the research material. Malt was mashing of infusion method without and with the addition of commercial enzymes using alone or in combination. The laboratory worts obtained by mashing six variants were evaluated according to the methods applicable in brewing.

The obtained results indicate the necessity of using enzyme preparations of microbial origin for mashing malted oat to improve the technological parameters of the wort. The increase of soluble nitrogen and amine resulted from the protease added to the mash, separately, and together with amylolytic and cytolitic enzymes. A measurable effect mashing malt with the addition of the alpha-amylase and glucoamylase enzyme activities as compared to control samples was increase the extract content in wort and fermentable carbohydrates, mainly glucose.

Key words: oat malt, mashing, enzymes, laboratory wort

WPROWADZENIE

Rosnące zainteresowanie konsumentów produktami przemysłu piwowarskiego i jednocześnie zmieniające się preferencje, głównie smakowe, wymuszają na browarach wprowadzanie na rynek zupełnie nowych gatunków piwa [ZPPP 2016]. Na świecie są produkowane piwa przy użyciu sładów uzyskiwanych niemal z każdego zboża czy pseudozboża. Wiele prac poświęcono na przykład problemowi otrzymywania słodowanego ziarna owsa [Pawłowska i in. 2013; Muñoz-Insa i in. 2011; Hosseini i in. 2010; Hübner i in. 2009]. Przebado szczególnie wpływ temperatury i czasu moczenia, kiełkowania i suszenia ziarna, obłuszczenia i stopnia namoczenia ziarna oraz pH wody zamoczkowej na jakość produkowanego sładu. W obszarze zainteresowań wielu badaczy znalazły się też zagadnienia związane z wykorzystaniem sładu owsianego do produkcji piwa i/lub innych napojów fermentowanych czy słodowych [Mikyška i in. 2015; Kordialik-Bogacka i in. 2014; Hosseini i in. 2012; Klose i in. 2011].

Owies i produkty jego przetworzenia są bezpieczne dla osób chorych na celiakię i/lub nietolerujące glutenu. Są też bogate w składniki cenne żywieniowo [Dz. Urz. UE L 181 z 29.06.2013; Donkor i in. 2012]. Piwa owsiane i napoje fermentowane wytwarzane przy

użyciu różnych gatunków drożdży i/lub szczepów bakterii fermentacji mlekowej, ze względu na oryginalne walory sensoryczne oraz właściwości prozdrowotne, mogą znaleźć amatorów nie tylko wśród osób cierpiących na ww. schorzenia. Z uwagi na specyficzne cechy słodu owsianego technologie produkcji piwa i innych napojów fermentowanych z tego surowca wymagają dodatkowych zabiegów [Hosseini i in. 2012; Zannini i in. 2012; Klose i in. 2011; Kreisz i in. 2005]. Zacieranie słodowanego ziarna owsa wymaga optymalizacji procesu, co często wiąże się z koniecznością dodatku słodu browarnego jęczmiennego lub enzymów spożywczych [Mikyška i in. 2015; Kordialik-Bogacka i in. 2014; Pawłowska i in. 2010]. Preparaty enzymatyczne w technologii piwowarskiej są stosowane prawie na każdym etapie produkcyjnym, począwszy od zacierania tradycyjnego słodu bez dodatku i z dodatkiem surowców niesłodowanych aż po produkt finalny [Brewing Handbook 2013; Marczak i in. 2009].

Celem pracy była ocena parametrów technologicznych brzezki laboratoryjnej ze słodu owsianego zacieranego z udziałem handlowych preparatów enzymatycznych pochodzenia mikrobiologicznego.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał badawczy stanowił sład owsiany wyprodukowany w skali mikrotechnicznej z ziarna oplewionej odmiany Bingo (Hodowla Roślin Strzelce Sp. z o.o. Grupa IHAR) według schematu zalecanego dla ziarna jęczmienia browarnego [MEBAK 2011a].

Sład owsiany przemielony na mąkę (0,2 mm) przy użyciu młynka tarczowego typ DLFU (Bühler Miag, Szwajcaria) odważono w ilości 50,0 g na wadze technicznej PB 3002-S/FACT (Mettler Toledo, Szwajcaria) i po zmieszaniu z wodą destylowaną zacierano metodą infuzyjną (45°C – 30 min, 1°C/min, 70°C – 20 min, 1°C/min, 78°C – 40 min), a następnie chłodzono do temperatury ok. 20°C w ciągu 15 min i filtrowano przez sączek bibułowy przez 180 min. Stosunek wagowy wody destylowanej do słodu w uzyskanym zacierze wyniósł 8:1.

Zacieranie słodu owsianego wykonano bez dodatku i z dodatkiem komercyjnych enzymów spożywczych pochodzenia mikrobiologicznego (Novozymes, Dania) przy użyciu aparatu zacierowego LB Electronic (Lochner Labor + Technik, Niemcy). W pracy wykorzystano następujące preparaty enzymatyczne: Neutrased 0.8L (EC 3.4.24.28 proteaza), Ultraflo Max (EC 3.2.1.6 beta-glukanaza, EC 3.2.1.8 ksylanaza), Termamyl SC (EC 3.2.1.1 termostabilna alfa-amylaza) i Attenuzyme (EC 3.2.1.3 glukoamylaza). Preparaty dodawano na początku procesu w dawkach zalecanych przez producenta [Brewing Handbook 2013], pojedynczo lub w połączeniu. Proces zacierania wykonano w pięciu wariantach z udziałem

preparatów: I – Neutrased 0.8L, II – Ultraflo Max, III – Termamyl SC, IV – Attenuzyme i Termamyl SC oraz V – Attenuzyme, Termamyl SC, Neutrased 0.8L i Ultraflo Max. Wariant 0 (kontrolny) stanowiła brzezka wyprodukowana bez dodatku enzymów.

W słodzie owsianym odmiany Bingo oznaczono wilgotność metodą wagową po suszeniu [PN-A-79083-5], zawartość białka ogółem ($N \times 6,25$) metodą miareczkową (Kjeldahla) przy użyciu zestawu do mineralizacji 2006 Digestor i destylacji 2200 Kjeltex Auto (Foss Tecator, Szwecja) [PN-A-79083-9], siłę diastatyczną metodą miareczkową (jodową) [PN-A-79083-10] i czas scukrzania zaciera metodą jodową [PN-A-79083-6].

W próbkach brzezki laboratoryjnej ze słodu owsianego oznaczono zawartość ekstraktu metodą oscylometryczną przy użyciu gęstościomierza oscylacyjnego DMA 5000 (Anton Paar, Austria) [PN-A-79083-6], zawartość azotu rozpuszczalnego metodą miareczkową (Kjeldahla) przy użyciu zestawu do mineralizacji 2006 Digestor i destylacji 2200 Kjeltex Auto (Foss Tecator, Szwecja) [PN-A-79083-9], pH metodą potencjometryczną [PN-A-79083-12], lepkość w przeliczeniu na brzezke umowną 8,6% wag. przy użyciu wrzeciona CPE-40 na wiskozymetrze DV-II+ (Brookfield, USA) [PN-A-79083-7], zawartość wolnego azotu aminowego (FAN) metodą spektrofotometryczną przy wykorzystaniu spektrofotometru DU 530 (Beckman, USA) [PN-A-79093-11] i zawartość cukrów fermentujących (fruktozy, glukozy, maltotriozy i dwucukrów jako sumę maltozy i sacharozy) metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC) przy użyciu chromatografu cieczowego wyposażonego w detektor refraktometryczny i kolumnę Sugar Pak z przedkolumną (Waters, USA) [MEBAK 2011b]. Określono też objętość przefiltrowanej brzezki po 180 minutach.

Warianty zacierania i wszystkie oznaczenia wykonano w minimum dwóch równoległych powtórzeniach. Wyniki przedstawiono jako wartości średnie z odchyleniem standardowym. Dokonano analizy statystycznej przy użyciu programu Statgraphics Plus 4.1 z zastosowaniem jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA). Obliczenia przeprowadzono przy poziomie istotności $p \leq 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Słód owsiany odmiany Bingo charakteryzował się wilgotnością (4,9%) i zawartością białka (9,1% s.m.) porównywalną do słodu browarnego pilzneńskiego klasy I [PN-A-79082]. Charakteryzował się niską siłą diastatyczną (50 jedn. W-K), której wartość z punktu widzenia przydatności do celów piwowarskich wskazuje na niedostateczną aktywność amylaz w słodowanym ziarnie. Wyniki te były zbieżne z rezultatami innych badań [Mikyška i in. 2015; Muñoz-Insa i in. 2011; Klose i in. 2011; Hübner i in. 2009].

W tabeli 1 przedstawiono wybrane parametry jakości próbek brzeczek laboratoryjnych otrzymanych ze słodu owsianego w zależności od wariantu zacierania.

Tabela 1. Wybrane parametry jakości brzeczek laboratoryjnych uzyskanych ze słodu owsianego zacieranego bez dodatku i z dodatkiem preparatów enzymatycznych
The selected quality parameters of laboratory wort obtained from oat malt mashing without and with the addition of enzyme preparations

Wariant zacierania	Bez enzymów	Neutrase 0.8 L	Ultraflo Max	Termamyl SC	Attenuzyme +Termamyl SC	Kombinacja czterech preparatów
Symbol wariantu (próbki)	0	I	II	III	IV	V
Azot rozpuszczalny [mg·100 g s.m. słodu ⁻¹]	522 b ± 10	672 d ± 15	503 a ± 11	506 a ± 12	548 c ± 9	712 e ± 16
Azot aminowy (FAN) [mg·100 g s.m. słodu ⁻¹]	62,5 a ± 1,2	94,7 c ± 0,5	64,2 a ± 0,5	68,6 b ± 0,5	68,9 b ± 1,2	104,7 d ± 0,7
Czas scukrzania [min]	15–20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Objętość brzeczki po 180 min filtracji [cm ³]	164 bc ± 6	128 a ± 11	176 cd ± 4	140 a ± 9	146 ab ± 10	188 d ± 5
pH	5,90	5,89	5,90	5,89	5,89	5,88
Lepkość brzeczki umownej 8,6% wag. [mPa·s]	1,68 a ± 0,05	1,70 a ± 0,04	1,65 a ± 0,05	1,61 a ± 0,04	1,65 a ± 0,06	1,61 a ± 0,03
Ekstrakt brzeczki [g·100 cm ⁻³]	7,02 b ± 0,03	6,99 b ± 0,02	6,81 a ± 0,05	6,89 a ± 0,05	7,22 c ± 0,05	7,28 c ± 0,04
Cukry fermentujące [g·100 cm ⁻³]	3,81 b ± 0,04	3,82 b ± 0,03	3,66 a ± 0,07	4,35 c ± 0,05	5,11 d ± 0,08	5,19 d ± 0,05

Wielkości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie statystycznie przy $p \leq 0,05$

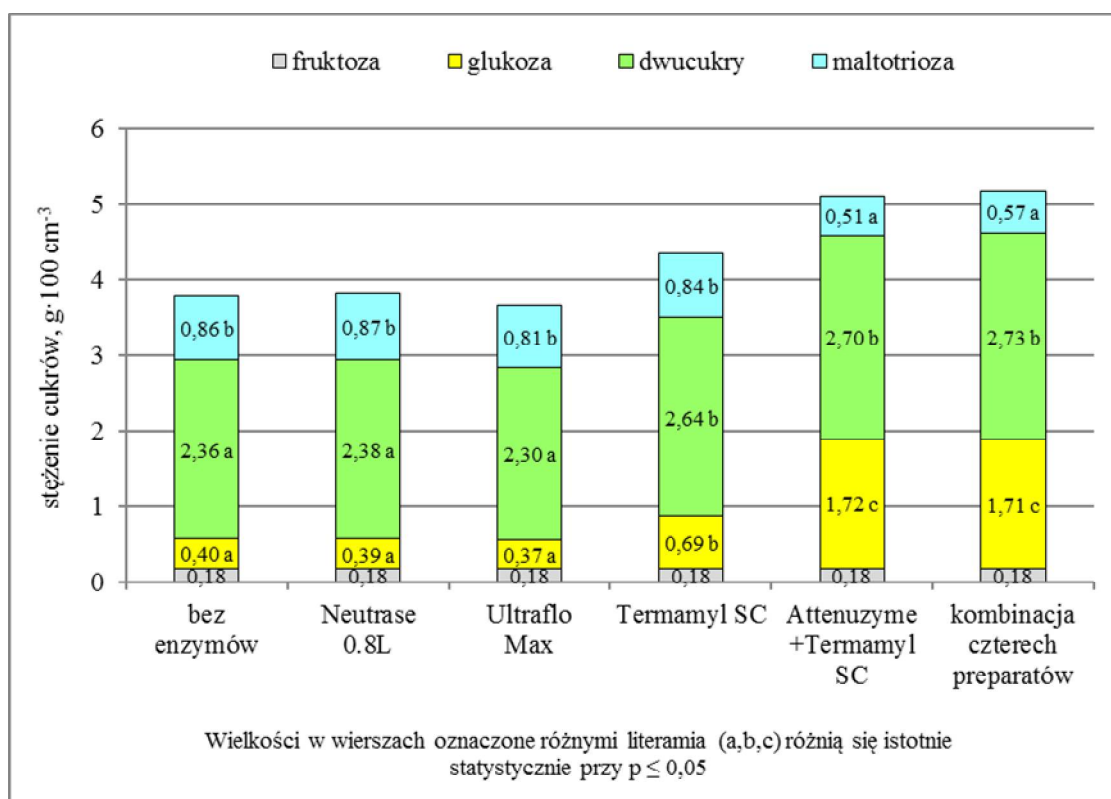
Na podstawie analizy danych (tabela 1) stwierdzono istotnie wyższe ($p > 0,05$) niż w próbce kontrolnej zawartości ekstraktu brzeczki w próbkach zacieranych z dodatkiem enzymów o aktywności amylolitycznej i czterech preparatów enzymatycznych. W obu wariantach, w których wykorzystano proteazę wspomagającą rozkład białka, uzyskano zwiększenie stężenia azotu rozpuszczalnego w brzeczce o ok. 29% (wariant I) i ok. 36% (wariant V). Wolny azot aminowy (FAN) zawarty w brzeczce kontrolnej stanowił ok. 12% azotu rozpuszczalnego, natomiast zacieranie słodu owsianego z udziałem proteazy przyczyniło się też do wzrostu jego stężenia w brzeczce. W próbce brzeczki uzyskanej z zastosowaniem enzymów proteolitycznych (wariant I) stwierdzono ponad 50-proc. wzrost

stężenia dostępnych aminokwasów (FAN) w porównaniu z próbką kontrolną, zaś dodanie do zacieru wszystkich badanych enzymów (wariant V) spowodowało zwiększenie zawartości wolnego azotu aminowego o ok. 67,5%.

Lepkość badanych brzeczek wahała się w granicach 1,61–1,70 mPa·s i była zbliżona do wartości normatywnej dla słodu jęczmiennego klasy I (poniżej 1,67 mPa·s). Nie wykazano istotnych różnic ($p \leq 0,05$) pomiędzy lepkością próbki przygotowanej bez enzymów i zacieranej z enzymami. Z badań Kordialik-Bogackiej i in. [2014] wynika, że brzeczka otrzymana ze 100% słodu owsianego w porównaniu z brzeczka jęczmienną (1,73 mPa·s), cechowała się wysoką lepkością (1,90 mPa·s), a zastosowane dodatkowo do zacierania enzymy o aktywności beta-glukanazy, alfa-amylazy, proteazy i hemicelulazy spowodowały minimalne obniżenie lepkości. Po 3-godzinnej filtracji zacieru najmniejsze objętości bruczki uzyskano dla wariantu z dodatkiem proteazy (ok. 128 cm³), a największe – przy zacieraniu z enzymami cytolitycznymi (ok. 176 cm³) lub kiedy użyto wszystkie badane enzymy (ok. 188 cm³). Warto zauważyć, że w wariantach (doświadczalnych) z dodatkiem enzymów o aktywności beta-glukanazy i ksylanazy (wariant II i V) nie zaobserwowano oczekiwanego obniżenia lepkości ani poprawy filtrowalności bruczki [Brewing Handbook 2013]. Sytuacja ta może być związana z obecnością w warstwie aleuronowej ziarna owsa niewielkich ilości beta-glukanu, który w przeciwieństwie do beta-glukanu zgromadzonego w ścianach komórkowych bielma posiada większe zdolności do wiązania wody, o czym informowały Schnitzenbaumer i Arendt [2013]. Autorki stwierdziły, że nie zawsze wysoki poziom beta-glukanu koreluje z większą lepkością bruczki i jej gorszą szybkością filtracji.

Niezależnie od wariantu zacierania słodu owsianego, scukrzanie zacieru następowało przed upływem 20 min, co było zgodne z wymaganiami stawianymi dla słodu browarnego [PN-A-79082]. Normatywne było pH bruczki, którego wartość nie przekroczyła 5,90.

Na rysunku 1 przedstawiono stężenie cukrów ulegających fermentacji w brzeczce ze słodu owsianego zacieranego bez udziału i z udziałem enzymów egzogennych.



Rysunek 1. Stężenie cukrów fermentujących w brzeczce laboratoryjnej w zależności od wariantu zacierania słołu owsianego

The concentration of fermentable carbohydrates in the laboratory wort depending on the variant mashing of malted oat

Analizując wyniki badań (tabela 1, rysunek 1), zauważono, że zawartość cukrów ulegających fermentacji w brzeczce owsianej i ich skład były uzależnione głównie od stosowanych do zacierania enzymów, które wykazywały aktywność amylolityczną.

Stężenie cukrów fermentujących w próbce brzeczki kontrolnej (wariant 0) i w próbkach zacieranych według wariantów I i II kształtowało się na poziomie ok. $3,8 \text{ g} \cdot 100 \text{ cm}^{-3}$, a w ekstrakcie brzeczki ich udział wyniósł ok. 54%. Zastosowanie stabilnej termicznie alfa-amylazy (wariant III) do zacierania słołu owsianego, w porównaniu z wariantem kontrolnym, zwiększyło stężenie cukrów podlegających fermentacji o prawie 15%, przy czym obserwowano wzrost zawartości glukozy (ok. 70%) i dwucukrów (ok. 12%). Połączenie alfa-amylazy z glukoamylazą (wariant IV i V), jako enzymów wspomagających zacieranie słołu owsianego, przyczyniło się do jeszcze większego wzrostu zawartości cukrów fermentujących w brzeczce, który względem próbki bez enzymów i z alfa-amylazą wyniósł odpowiednio ok. 35% i 17%. Ponadto współdziałanie podczas zacierania słołu owsianego obydwu enzymów amylolitycznych, w porównaniu z wariantem zacierania wyłącznie z alfa-amylazą, doprowadziło do ok. 2,5-krotnego wzrostu stężenia glukozy w brzeczce, bez istotnego wpływu na poziom dwucukrów (sumy maltozy i sacharozy). Prawdopodobnie wprowadzenie

do zacieru pomocniczo enzymu o aktywności glukoamylazy spowodowało hydrolizę m.in. maltotriozy (obniżenie stężenia o ok. 1/3) i innych oligosacharydów. Podobne rezultaty uzyskali Del Pozo-Insfran i in. [2004], w badaniach których zastosowanie egzogennej amyloglukozydazy do zacierania słodowanego ziarna sorgo z dodatkiem surowca niesłodowanego (kukurydzy lub sorgo), uzupełnione aktywnością wewnętrzną alfa-amylazy, skutkowało rozkładem dekstryn do cukrów prostych, szczególnie glukozy.

WNIOSKI

1. Stosowanie komercyjnych preparatów enzymatycznych do zacierania słodu owsianego wydaje się konieczne w celu poprawy parametrów technologicznych brzezki.
2. Wzrost ilości azotu rozpuszczalnego i puli dostępnego azotu aminowego był wynikiem działania proteazy dodanej do zacieru oddzielnie i łącznie z enzymami wykazującymi aktywność amylolytyczną i cytolityczną.
3. Wymiernym efektem stosowania enzymów o aktywności alfa-amylazy i glukoamylazy było zwiększenie zawartości ekstraktu brzezki i cukrów ulegających fermentacji. W porównaniu z próbką kontrolną w brzezkach otrzymanych z udziałem termostabilnej alfa-amylazy uzyskano wyższe odpowiednio ponad 3- i 1,5-krotnie stężenie glukozy.
4. Kontynuowanie badań nad optymalizacją produkcji brzezki owsianej wydaje się celowe, a w dalszej perspektywie także badań nad wykorzystaniem jej do produkcji piwa owsianego i innych napojów o cechach sensorycznych akceptowanych przez potencjalnych konsumentów.

Badania były współfinansowane przez MNiSW w ramach dotacji na działalność statutową IBPRS realizowaną w latach 2013–2015.

Autorki składają serdeczne podziękowania dla Hodowli Roślin Strzelce Sp. z o.o. Grupa IHAR za zapewnienie materiału badawczego do realizacji niniejszej pracy.

PIŚMIENNICTWO

1. Brewing Handbook (2013). A Handbook of Novozymes' Solutions. Food & Beverages. Version 1, Novozymes, Denmark, ss. 124
2. Donkor O. N., Stojanovska L., Ginn P., Ashton J., Vasiljevic T. (2012). Germinated grains – Sources of bioactive compounds. Food Chem., 135, 950-959
3. Del Pozo-Insfran D., Urias-Lugo D., Hernandez-Brenes C., Serna Saldívar S. O. (2004). Effects of Amyloglucosidase on Wort Composition and Fermentable Carbohydrate Depletion in Sorghum Lager Beers. J. Inst. Brew., 110 (2), 124-132

4. Hosseini E., Kadivar M., Shahedi M. (2010). Optimization of Enzymatic Activities in Malting of Oat. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 67, 766-771
5. Hosseini E., Kadivar M., Shahedi M. (2012). Physicochemical Properties and Storability of Non-alcoholic Malt Drinks Prepared from Oat and Barley Malts. *J. Agr. Sci. Tech.*, 14, 173-182
6. Hübner F., Schehl B. D., Thiele F., Arendt E. K. (2009). Investigation of the Malting Behavior of Oats for Brewing Purposes. *J. Amer. Soc. Brew.*, 67 (4), 235-241
7. Klose C., Mauch A., Wunderlich S., Thiele F., Zarnkow M., Jacob F., Arendt E. K. (2011). Brewing with 100% Oat Malt. *J. Inst. Brew.*, 117 (3), 411-421
8. Kordialik-Bogacka E., Bogdan P., Diowksz A. (2014). Malted and unmalted oats in brewing. *J. Inst. Brew.*, 120, 390-398
9. Kreis S., Zarnkow M., Keßler M., Burberg F., Krahl M., Back W., Kurz T. (2005). Beer and innovative (functional) drinks based on malted cereals and pseudo-cereals. W: *Proceeding of 30th EBC Congress, Praha*, ref. 103, 925-932
10. Marczak J., Marczewski B., Lesiecki M. (2009). Po co piwu enzymy? *Przem. Ferm. Owoc.-Warz.*, 53 (2), 10-12
11. MEBAK (2011a). Method 1.5.3 Micromalting. W: *MEBAK – Raw Materials, Barley, Adjuncts, Malt, Hops and Hop Products*. Chairman Dr. Fritz Jacob, Freising-Weihenstephan, Germany, 76-78
12. MEBAK (2011b). Method 3.1.4.10.3 Fermentable Carbohydrates by HPLC (EBC). W: *MEBAK – Raw Materials, Barley, Adjuncts, Malt, Hops and Hop Products*. Chairman Dr. Fritz Jacob, Freising-Weihenstephan, Germany, 211-214
13. Mikyška A., Matoulková D., Slabý M., Kubizniaková P., Hartman I. (2015). Characterization of the Strains Isolated from Kefir Grains and their Use for the Production of Beer-based Fermented Beverages from Nontraditional Cereals. *Kvasny Prum.*, 61 (10-11), 311-319
14. Muñoz-Insa A., Gastl M., Zarnkow M., Becker T. (2011). Optimization of the process of oat (*Avena sativa* L.) as a raw material for fermented beverages. *Span. J. Agric. Res.*, 9 (2), 510-523
15. Pawłowska P., Diowksz A., Kordialik-Bogacka E. (2010). Zboża jako surowiec do produkcji funkcjonalnych napojów fermentowanych. *Przem. Ferm. Owoc.-Warz.*, 54 (10), 16-18
16. Pawłowska P., Diowksz A., Kordialik-Bogacka E. (2013). Bezglutenowy słód owsiany jako surowiec browarniczy. *Żywn. Nauk. Technol. Jakość*, 86 (1), 181-190

17. PN-A-79082 (1997). Słód browarny
18. PN-A-79083-5 (1998). Słód browarny. Metody badań. Oznaczanie wilgotności
19. PN-A-79083-6 (1998). Słód browarny. Metody badań. Oznaczanie zawartości ekstraktu, różnicy zawartości ekstraktów, czasu scukrzania, czasu spływu brzezki laboratoryjnej i klarowności
20. PN-A-79083-7 (1998). Słód browarny. Metody badań. Oznaczanie lepkości brzezki laboratoryjnej
21. PN-A-79083-9 (1998). Słód browarny. Metody badań. Oznaczanie zawartości białka ogólnego i azotu rozpuszczalnego i obliczanie liczby Kolbacha
22. PN-A-79083-10 (1998). Słód browarny. Metody badań. Oznaczanie siły diastatycznej
23. PN-A-79083-12 (1998). Słód browarny. Metody badań. Oznaczanie pH brzezki laboratoryjnej
24. PN-A-79093-11 (2000). Piwo. Metody badań. Oznaczanie zawartości azotu ogólnego i azotu wolnego aminowego
25. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 609/2013 z dnia 12 czerwca 2013 r. w sprawie żywności przeznaczonej dla niemowląt i małych dzieci oraz żywności specjalnego przeznaczenia medycznego i środków spożywczych zastępujących całodzienną dietę, do kontroli masy ciała oraz uchylające dyrektywę Rady 92/52/EWG, dyrektywy Komisji 96/8/WE, 1999/21/WE, 2006/125/WE i 2006/141/WE, dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/39/WE oraz rozporządzenie Komisji (WE) nr 41/2009 i (WE) nr 953/2009 (Dz. Urz. UE L 181 z 29.06.2013)
26. Schnitzenbaumer B., Arendt E. K. (2013). A comparative study of oat (*Avena sativa*) cultivars as brewing adjuncts. *Eur. Food Res. Technol.*, 236 (6), 1015-1025
27. Zannini E., Pontonio E., Waters D. M., Arendt E. K. (2012). Applications of microbial fermentation for production of gluten-free products and perspectives. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 93, 473-485
28. ZPPP – Związek Pracodawców Przemysłu Piwowarskiego (2016). Rynek piwa w Polsce w 2015 roku i jego znaczenie dla gospodarki europejskiej. *Przem. Ferm. Owoc.-Warz.*, 60 (3), 16-17