

УДК 663.443.1

Исследование влияния ферментных препаратов на физико-химические свойства ферментолизатов овса

Д-р техн. наук Т. В. МЕЛЕДИНА¹, В. А. ИВАНОВ¹,
А. А. СЕРГЕЕВА¹, С. И. СЫЧЕВ², В. В. АНДРЕЕВ²

¹Университет ИТМО

²ООО «Пивоваренная компания «Балтика»

E-mail: Meledina71@mail.ru

*Исследовано влияние ферментных препаратов на физико-химические показатели качества ферментолизата (овсяного сусла), произведенного из овса. Объектами исследования служили пленчатый овес (*Avena sativa* L.) урожая 2017 г., ячменный солод, ферментные препараты компании Dupont/Danisco. Установлено, что использование ферментных препаратов, содержащих цитолитические и амилолитические ферменты в различных комбинациях, позволяет получить сусло одинаковой экстрактивности $5,9 \pm 0,1\%$, однако соотношение между сбраживаемыми сахарами зависит от дозировки и производителя ферментов. Минимальное количество мальтозы и мальтотриозы содержалось в сусле при использовании ферментного препарата Диазим Х4 в количестве 1,4 г/кг овса. Минимальное значение показателя мутности овсяного сусла было получено при дозировке 0,9 г/кг овса комплекса цитолитических ферментов, входящих в Ламинекс Супер 3Г, однако эта величина была в 13 раз выше, чем в сусле, в котором в качестве источников ферментов использовали солод. Установлено, что в процессе хранения всех образцов автокловированного овсяного сусла при 10 °С в течение 14 дней не происходит изменений в их углеводном составе. Даны рекомендации для использования сусла в производстве сиропов для различных отраслей пищевой промышленности.*

Ключевые слова: овес, солод, цитолитические ферменты, ферментолизат, сбраживаемые углеводы, сухие вещества.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 31.12.2019, принята к печати 26.03.2020

DOI: 10.17586/1606-4313-2020-19-2-45-51

Язык статьи — русский

Для цитирования:

Меледина Т. В., Иванов В. А., Сергеева А. А., Сычев С. И., Андреев В. В. Исследование влияния ферментных препаратов на физико-химические свойства ферментолизатов овса // Вестник Международной академии холода. 2020. № 2. С. 45–51.

The effect of enzyme preparations on the physicochemical properties of oat fermentolysates

D. Sc. T. V. MELEDINA¹, V. A. IVANOV¹, A. A. SERGEEVA¹, S. I. SYCHEV², V. V. ANDREEV²

¹ITMO University

²Baltika Breweries

E-mail: Meledina71@mail.ru

*The influence of enzyme preparations on the physico-chemical quality indicators of enzymolysate (oat wort) obtained from oats was studied. The objects of study were chaffy oats (*Avena sativa* L.) harvested in 2017, barley malt, and Danisco's enzyme preparations. It was found that the use of enzyme preparations containing cytolytic and amylolytic enzymes in various combinations allows to obtain a wort of the same extractivity ($5.9 \pm 0.1\%$), but the ratio between the fermented sugars depends on the dosage and enzyme producer. The least amount of maltose and maltotriose was contained in the wort obtained with the Diazyme X4 enzyme preparation in the amount of 1.4 g/kg of oats. The minimum value of the turbidity index of oat wort was obtained at the dosage of 0.9 g/kg of oats in the complex of cytolytic enzymes contained in Laminex Super 3G, meanwhile, this value was 13 times higher than in the wort, in which malt was used as an enzyme source. It has been established that during storage of all autoclaved samples of oat wort at 10°C for 14 days, there are no changes in their carbohydrate composition. Recommendations are given for the oat wort use in the production of syrups for various branches of the food industry.*

Keywords: oats, malt, cytolytic enzymes, fermentolysate, fermentable carbohydrates, dry matter.

Article info:

Received 31/12/2019, accepted 26/03/2020

DOI: 10.17586/1606-4313-2020-19-2-45-51

Article in Russian

For citation:Meledina T. V., Ivanov V. A., Sergeeva A. A., Sychev S. I., Andreev V. V. The effect of enzyme preparations on the physicochemical properties of oat fermentolysates. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2020. No 2. p. 45-51.**Введение**

На сегодняшний день изготовление пива регламентируется таким документом, как ГОСТ Р 53358–2009 «Продукты пивоварения. Термины и определения», в котором допускается использование до 20% несоложенных материалов при производстве пива. Однако в конце 2018 г. был принят новый технический регламент ЕАЭС 047/2018 «О безопасности алкогольной продукции», с датой начала действия 09.01.2021. Данный документ позволяет технологам заменить 50% солода несоложенным зерном или продуктами его переработки (зернопродуктами). Замена части пивоваренного ячменного солода различными добавками позволит снизить стоимость сырья и создать уникальный вкус и аромат пива. Одним из таких несоложенных материалов может быть овес, так как среди потребителей возрос интерес к напиткам и продуктам питания из этого злака. Это связано с большим содержанием в овсе некрахмалистых углеводов (пищевых волокон) и, в частности, β -глюкана [1, 2], который способствует снижению уровня холестерина в крови [3], уменьшению риска ишемической болезни сердца [4, 5]. Также β -глюкан обладает пребиотическими свойствами [6]. Кроме того, некоторые сорта овса не содержат глютен [7] и могут быть использованы для получения продуктов питания, предназначенных для людей, страдающих целиакией [8]. Следует отметить, что исследования в области использования овса [9]–[12], а также овсяного солода, весьма ограничены [13]–[20]. Между тем, его применение в рецептуре пива раскрывает широкие горизонты для создания новых оригинальных сортов напитка. В настоящее время овес применяют, в основном, для производства специальных сортов пива, примером которых может быть овсяный стаут [21].

По всей видимости, ограниченный спрос на овес в пивоварении связан с проблемами, которые возникают при фильтрации сусла и пива [22]. Кроме того, пленчатый овес имеет высокое содержание цветковых пленок, β -глюканов, пентозанов, белков и жиров, следовательно,

низкое содержание экстракта по сравнению с ячменем [8]. В связи с этим, при замене ячменного солода несоложенным овсом, используются ферментные препараты, действие которых направлено на снижение вязкости затора и увеличение выхода экстракта [1, 2, 4, 6, 23]. Однако, при этом следует иметь в виду, что механизм действия ферментов бактериального и грибного происхождения отличается от действия ферментов растительного происхождения. Это прежде всего касается изменения соотношения между сбраживаемыми сахарами сусла, которое определяет ароматический профиль ферментированных напитков.

Цель работы заключалась в изучении влияния ферментных препаратов на углеводный состав ферментолизата овса (овсяное сусло).

Материалы и методы исследования

Работа проводилась в соответствии с планом поисковых научных исследований Университета ИТМО по теме «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья» № 617027.

Материалами исследования являлись: пленчатый овес *Avena sativa L.* урожая 2017 г., светлый ячменный солод, экстрактивность 81,2% в расчете на абсолютно сухое вещество; продукты ферментализации (сусло).

Для проведения ферментативного гидролиза несоложенного овса применяли ферментативные препараты (ФП) компании Danisco (Даниско, Дания). В табл. 1 приведены сведения о ферментных препаратах, применяемых в экспериментах.

Амилекс 5Т — ферментный препарат, продуцируемый *Bacillus licheniformis*, содержащий термостабильную бактериальную α -амилазу, ФП проявляет активность и стабильность при значении pH 5,0–7,0 (оптимум действия 5,9) (рис. 1) с максимальной активностью при 92 °С (рис. 2) [24].

Таблица 1

Характеристика ферментных препаратов

Table 1

Characterization of enzyme preparations

| Показатели | Ферментный препарат | | |
|----------------------------------|---|--|--|
| | Амилекс 5Т | Диазим Х4 | Ламинекс Супер 3Г |
| Активность основного фермента | Амилитическая активность, более 13775 AAU/г | Глюкоамилазная активность, более 350 GAU/г | Цитолитическая активность более 7680 CMC–DNS U/г |
| Комплекс ферментов в препарате | α -амилаза | α -1,4-глюкан-4-глюконогидролаза, амилоглюкозидаза (глюкоамилаза) | бета-глюканаза, ксиланаза |
| Рекомендуемые дозы ФП г/кг зерна | Минимум 0,20–0,24 | 0,5–1,0 | 0,05–0,25 |

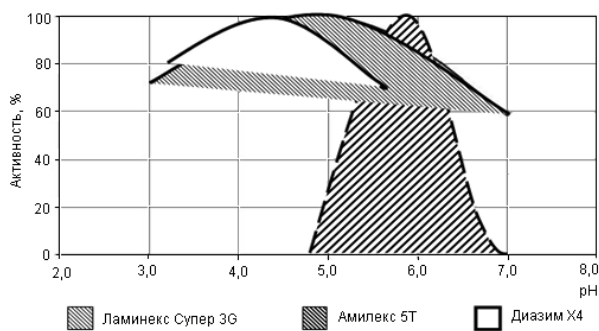


Рис. 1. Влияние pH на активность ферментных препаратов
Fig. 1. Effect of pH on the enzyme activity

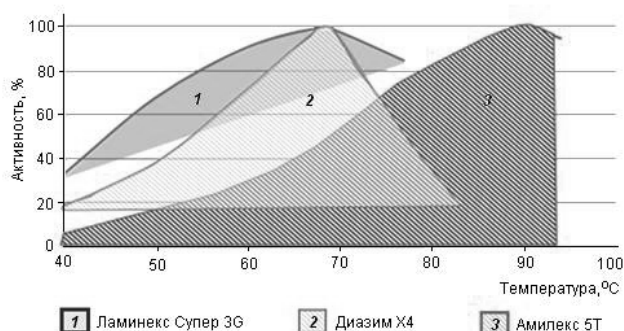


Рис. 2. Влияние температуры на активность ферментных препаратов
Fig. 2. The effect of temperature on the enzyme activity

Диазим Х4 — препарат, содержащий глюкоамилазу, продуцируемую *Aspergillus niger*. Этот фермент гидролизует амилозу и амилопектин с концов молекул с освобождением глюкозы. Действие препарата проходит в диапазоне pH (3,5–5,8) с максимальной активностью при 4,5 (рис. 1) и при 55–75 °C с максимальной активностью при 68 °C (рис. 2) [25].

Ламинекс Супер 3Г — комплекс цитолитических ферментов, продуцируемых *Penicillium funiculosum* и *Trichoderma reesei* ферментов. Он содержит бета-глюканазу, ксиланазу, целлюлазу. Данный препарат активен при pH от 3,4 до 6,3 с оптимальной активностью при pH 4,9 (рис. 1) и при температуре 30–77 °C с максимальной активностью при 68 °C (рис. 2) [26].

На рис. 1 видно, что для всех трех ферментных препаратов оптимальный диапазон действия ферментов находится при pH от 4,9 до 5,8. При значении pH 5,6, которое соответствует значению pH затора, их активность составляет более 70% от максимального значения.

На основании рис. 2, можно сделать заключение, что ФП Ламинекс Супер 3Г и Диазим Х4 эффективны при температуре 68–70 °C. При этой температуре термостабильная альфа-амилаза, содержащаяся ФП Амилекс 5Т, проявляет 50% активности от максимального значения.

Методы анализа зерна, солода, сусла

Дробление солода и овса производили лабораторной дисковой мельницей DLFU фирмы Bühler, автоматической двухвальцовкой дробилкой Sommer micro II S. Рассев помола — определение тонкости помола проводили с помощью лабораторной просеивающей машины DLKP фирмы Bühler в течение 3 мин. Состав помола пленчатого овса и солода проводили с помощью лабораторных сит. Время просеивания составило 5 мин.

Влажность пленчатого овса и солода определяли автоматическим анализатором влажности МС63и методом высушивания до постоянной массы, согласно ГОСТ 29294–2014 «Солод пивоваренный. Технические условия» [27] (табл. 2), Массовую долю сухих веществ и плотность суслу измеряли с помощью автоматического рефрактометра PTR 46X и автоматического лабораторного анализатора плотности DMA 4500 М. Динамическую вязкость суслу исследовали с помощью вибрационного вискозиметра SV-10, с частотой вибрации 30Гц.

На основании полученных значений влажности, определяли массовую долю сухих веществ и плотность суслу, с помощью автоматического рефрактометра PTR 46X и автоматического лабораторного анализатора плотности DMA 4500 М. Мутность полученного суслу определяли с помощью мутномера, при угле рассеяния света 90° [28]. Значение активной кислотности (pH) оценивали с помощью титратора Titrino Plus 848.

Измерение концентраций глюкозы, фруктозы, сахарозы, мальтозы, трисахаридов и декстринов в ферментолизатах выполнялось методом высокоэффективной газожидкостной хроматографии с использованием системы «LC –10DVp» фирмы Shimadzu с рефрактометрическим детектором, путем прямого ввода в хроматографическую колонку разбавленной и отфильтрованной пробы. Обработка результатов осуществлялась по программе «CLASS–Vp version 5.03».

Методика проведения экспериментов

Для исследования влияния ферментных препаратов на свойства ферментолизата (суслу из овса) использовали методику получения конгрессного суслу [28]. На рис. 3 показан режим затирания, который предусматривает длительную паузу (60 мин) при температуре 70 °C. Именно при такой температуре действуют цитолитический ФП Ламинекс Супер 3Г и Диазим Х4.

Затирание проводили в заторном аппарате 1-CUBE. В заторном стакане смешивали расчетное количество

Таблица 2

Состав помола овса и солода

Table 2

Composition of grinding oats and malt

| Фракция | Размер сита, мм | Помол, % | |
|---------------------------|-----------------|------------------------|------|
| | | Светлый ячменный солод | Овес |
| Оболочка (шелуха) | 1,250 | 17,2 | 32,8 |
| Крупная крупка | 1,000 | 9,5 | 11,7 |
| Мелкая крупка (фракция 1) | 0,500 | 25,0 | 27,6 |
| Мелкая крупка (фракция 2) | 0,250 | 12,2 | 10,7 |
| Мука | 0,125 | 20,0 | 5,1 |
| Пудра | Поддон | 16,1 | 12,1 |

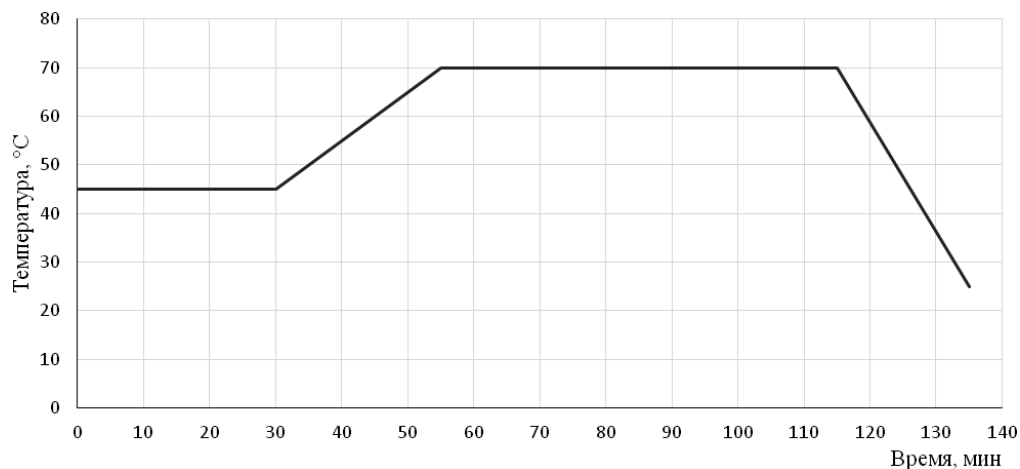


Рис. 3. Режим затираания по методике EBC

Fig. 3. Mashing mode by EBC method

ферментных препаратов и 50 г затираемых зернопродуктов с 200 см³ дистиллированной воды, подогретой до 46 °C. Процесс выдержки дробленых зернопродуктов с водой при 45 °C длился 30 мин. Навеска зернопродуктов представляла собой либо овес, либо она состояла из 20 г овса и 30 г ячменного солода. Затем температуру повышали до 70 °C со скоростью 1 °C/мин. По достижению данной температуры в заторный стакан добавляли еще 100 см³ дистиллированной воды (температура воды составляла 70 °C) и проводили затираание в течение 60 мин. Затем сусло охлаждали до 25 °C и доводили объем дистиллированной водой до 450 г. Дробину отделяли от экстракта с помощью центрифуги Rotanta 460 в течение 15 мин со скоростью 4600 об/мин.

Следует отметить, что соотношение овес/вода (гидромодуль) в начале процесса составляло 1 : 4. Процесс получения экстракта при 70 °C проходил при гидромодуле 1 : 6. Используемый для анализа затор имел гидромодуль 1 : 9 (50 г зернопродуктов: 450 г вода).

Обработка результатов исследования

Расчеты и графическое представление результатов были осуществлены в программе Microsoft Office 365 ProPlus. Эксперименты проведены в трех повторностях. Для каждой повторности были созданы идентичные ус-

ловия проведения эксперимента. Достоверность экспериментов составляла не менее 95%.

Результаты и их обсуждение

В табл. 3 приведены различные варианты получения ферментализатов с добавлением ферментных препаратов (варианты 1–4) и солода, который содержит ферменты растительного происхождения (вариант 5). В связи с тем, что ферментализаты получают из овса, который содержит много некрахмалистых углеводов и трудно осаживается дозировка ФП превышает, рекомендуемые компанией Danisco, значения для пивоварения (см. табл. 1).

Физико-химические показатели и углеводный состав сусла, произведенного по разным режимам внесения ферментных препаратов, приведены в табл. 4 и 5.

Установлено, что минимальная вязкость сусла имеет место при использовании смеси ферментных препаратов, в которой дозировка Ламинекс Супер 3Г была максимальной и составляла 0,9 г/кг зерна и Амилотекс 5Т 2 г/кг. Между тем, наименьшая мутность ферментализата наблюдалась при использовании ячменного солода (5 вариант). Из табл. 4 также следует, что экстрактивность овсяного сусла не зависит от количества вносимых ферментов в изучаемых границах варьирования их внесения и составляет 5,92±0,11%. Следует обратить внимание, что содержание сухих веществ в заторе при использовании только светлого ячменного солода составляет 8,6% [28]. Однако, наблюдаются существенные различия в углеводном составе сусла. В частности, закономерно максимальное содержание глюкозы в 3 варианте, где была максимальная глюкоамилазная активность фермента (0,49 ед/г зерна).

Для получения сиропа, предназначенного для использования в пивоварении, подходит 5-й вариант затираания, в котором источником амилолитических и цито-литических ферментов является ячменный солод. В этом случае соотношение между сбраживаемыми сахарами (моносахариды (глюкоза+фруктоза): мальтоза: мальтотриоза) составляло 1:6,7:1,8 и приближалось к значениям, обычно получаемым в солодовом сусле. Низкое значение глюкозы в сусле важно для снижения осмотического шока, который испытывают дрожжи при внесении их

Таблица 3

План экспериментов по изучению влияния ферментных препаратов и солода на состав ферментализатов

Table 3

Experiment plan to study the effect of enzyme preparations and malt on the composition of fermentolizates

| Показатели | Варианты опытов | | | | |
|-------------------------|-----------------|------|------|-----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Овес, г | 50 | 50 | 50 | 50 | 20 |
| Солод, г | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 |
| Ламинекс Супер 3Г, г/кг | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,9 | 0 |
| Амилекс 5Т, г/кг | 1,7 | 1,2 | 0,7 | 2 | 0 |
| Диазим Х4, г/кг | 0,6 | 0,8 | 1,4 | 1 | 0 |

Таблица 4

Физико-химические показатели сусла с использованием ферментных препаратов и ячменного солода

Table 4

Physico-chemical characteristics of the wort with enzyme preparations and barley malt

| Показатели | Варианты опытов | | | | |
|------------------------------------|-----------------|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Мутность сусла, ед. ЕВС | 123 | 175 | 187 | 100 | 7,8 |
| Сухие вещества сусла, % | 5,89 | 5,89 | 6,00 | 5,90 | 7,75 |
| Плотность сусла, г/см ³ | 1,021372 | 1,021388 | 1,021825 | 1,021440 | 1,028905 |
| Вязкость, мПа·с | 1,24 | 1,24 | 1,25 | 1,20 | 1,50 |

Таблица 5

Углеводный состав сусла, полученного при использовании ферментных препаратов и ячменного солода

Table 5

The carbohydrate composition of the wort obtained using enzyme preparations and barley malt

| Показатели | Варианты опытов | | | | |
|---|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Сбраживаемые углеводы, % в том числе | 36,8 | 36,3 | 38,3 | 41,8 | 46,4 |
| Глюкоза (DP1),% | 7,4 | 8,7 | 13,5 | 10,9 | 4,2 |
| Фруктоза (DP1),% | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,6 |
| Мальтоза (DP2),% | 21,9 | 20,7 | 19,4 | 24,0 | 33,3 |
| Мальтотриоза (DP3),% | 7,2 | 6,6 | 5,1 | 6,5 | 8,6 |
| Соотношение DP1: DP2: DP3 | 1,0:2,8: 0,9 | 1:2,3:0,7 | 1:1,4:0,4 | 1:2,1:0,6 | 1:6,7:1,8 |
| Декстрины (DP4+), % | 15,5 | 15,6 | 15,4 | 15,3 | 22,1 |

Таблица 6

Углеводный состав сусла после термостигирования в течение 14 дней при 10 °С

Table 6

The carbohydrate composition of the wort after thermostating for 14 days at 10 °С

| Показатели, % | Образец № 1 | Образец № 2 | Образец № 3 | Образец № 4 | Образец № 5 |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Глюкоза | 7,3 | 8,6 | 13,6 | 10,0 | 4,3 |
| Фруктоза | 0,7 | 0,7 | 1,0 | 0,6 | 0,7 |
| Мальтоза (DP2) | 22,3 | 21,1 | 20,3 | 22,4 | 34,4 |
| Мальтотриоза (DP3) | 7,2 | 6,7 | 5,4 | 6,0 | 8,9 |
| Декстрины (DP4+) | 15,8 | 15,9 | 15,5 | 14,1 | 23,0 |

в плотное сусло и, как следствие, уменьшение концентрации глицерина, который придает пиву нежелательный сладкий вкус [29].

В связи с тем, что произведенное сусло рекомендовано для получения сиропа, предназначенного для длительного хранения, необходимо было выяснить устойчивость используемых ФП при хранении их после термической обработки. Для этого сусло стерилизовали 20 мин при 110 °С и термостатировали при 10 °С в течение 14 дн. По истечению этого времени, исследован углеводный состав полученных ферментализатов, данные представлены в табл. 6.

Заключение

С помощью ферментных препаратов, продуцируемых разными микроорганизмами, можно регулировать углеводный состав овсяного сусла и его физико-химические свойства. Установлено, что изменение дозировки препарата Ламинекса Супер 3Г с 0,45 до 0,9 г/кг овса, Амилекса 5Т, препарата продуцируемого *Bacillus*

Licheniformis, с 0,7 до 1,7 г/кг и препарата Диазима Х4. продуцируемого *Asp. Niger*. с 0,6 до 1,4 г/кг не влияет на содержание сухих веществ в ферментализате (овсяном сусле), но влияет на соотношение между сбраживаемыми углеводами в сусле. Максимальное количество глюкозы (13,5%) в овсяном сусле обнаружено в варианте с добавлением ферментного препарата Диазим 4Х в дозировке 1,4 г/кг, имеющего высокую глюкоамилазную активность. Это сусло можно рекомендовать для получения сиропа, применяемого в хлебопечении и кондитерской промышленности.

Увеличение количества ферментного препарата, содержащего комплекс цитолитических ферментов с 0,45 до 0,90% снижает мутность сусла, а также увеличивает по сравнению с другими вариантами внесения ферментов (вариант1-3) количество сбраживаемых сахаров, содержание которых приближается к данным, полученным при использовании затора с 60% ячменного солода. Это сусло можно использовать для производства ферментированных напитков.

Сусло, произведенное путем затирания затора состоящего из 40% овса и 60% ячменного солода, рекомендуется применять в пивоварении, т. к. соотношение меж-

ду моно-, ди- и трисахаридами в этом варианте соответствует данным, получаемым при использовании ячменного солода.

Литература

1. Чекина М. С., Меледина Т. В., Хлыновский М. Д. Разработка технологии затирания солода из овса. // Пиво и напитки. 2015. № 6. С. 44–48.
2. Грибкова И. Н. Влияние бета-глюкана на качество пива // Сборник трудов «Актуальные вопросы индустрии напитков». М.: ВНИИПБиВП, 2018. С. 42.
3. Саломатов А. С. Получение бета-глюкана из ячменя методом кислотной экстракции // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 6 (128). С. 130–135.
4. Schnitzenbaumer B. Fundamental studies on the application of enzymes when brewing with unmalted oats and sorghum. PhD Thesis, University College Cork. 2013.
5. Sadiq Butt M., Tahir-Nadeem M., Khan M. K., Shabir R. and Butt M. S. Unique among the cereals. // Eur. J. Clin. Nutr. 2008. 47. P. 68–79.
6. Per Åman, Lena Rimsten, Roger Andersson. Molecular Weight Distribution of β -Glucan in Oat-Based. // Foods Cereal Chem. 2004. 81 (3). P. 356–360
7. Чекина М. С. Меледина Т. В., Баталова Г. А. Перспективы использования овса в производстве продуктов специального назначения. // Известия Санкт-Петербургского государственного Аграрного университета. 2016. № 43. С. 20–25.
8. Klose C., Mauch A., Wunderlich S., Thiele F., Zarnkow M. Brewing with 100% Oat Malt // J. Inst. Brew. 2011. No 117 (3). p. 411–421.
9. Moritz F. E. B. The use of oats in brewing III. // J. Inst. Brew. 1943. No. 49. P. 83–87.
10. Киселев И. В., Лодыгин А. Д., Перевышина Т. А. Применение овса как несоложенного материала при разработке новых сортов пива // Пиво и напитки. 2011. № 2. С. 16–17.
11. Hanke S., Zarnkow M., Kreisz S., and Back W. The use of oats in brewing. // Monatsschr Brauwiss. 2005. No 58. P. 11–17.
12. Перевышина Т. А., Емельянова С. А. Перспективы применения овса в процессе производства суслу для новых сортов пива // Вестник АПК Ставрополя. 2014. № 3. С. 31–34.
13. Hübner F., Schehl B. D., Thiele F., and Arendt E. K. Investigation of the malting behavior of oats for brewing purposes. // J. Am. Soc. Brew. Chem. 2009. No 67. P. 235–241.
14. Klose C., Mauch A., Wunderlich S., Thiele F., Zarnkow M., Jacob F., Arendt E. K. Brewing with 100% oat malt. // J. Inst. Brew. 2011. No 117. P. 411–421.
15. Hübner F., and Arendt E. K. Studies on the influence of germination conditions on protein breakdown in buckwheat and oats // J. Inst. Brew. 2010. No 116. P. 3
16. Klose C., Schehl B. D. and Arendt E. K. Fundamental study on protein changes taking place during malting of oats // J. Cereal Sci. 2009. No 49. P. 83–91.
17. Klose C., Thiele F. and Arendt E. K. Changes in the protein profile of oats and barley during brewing and fermentation. // J. Am. Soc. Brew. Chem. 2010. No 68. P. 119–124.
18. Klose C. Brewing with 100% oat malt // Journal of the Institute of Brewing. 2011. Vol. 117. P. 411–421.
19. Muñoz-Insa A., Gastl M., Zarnkow M., Becker T. Optimization of the malting process of oat (*Avena sativa* L.) as a raw material

References

1. Chekina M. S. Development of technology for mashing malt from oats. *Beer and drinks*. 2015. No. 6. P. 44–48. (in Russian)
2. Gribkova I. N. Influence of beta-glucan on beer quality. *Proceedings «Actual problems of the beverage industry»*. Moscow: VNIIPBiVP, 2018. P. 42. (in Russian)
3. Salomatov A. S. Obtaining beta-glucans from the barley method of acid extraction. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2015. No. 6 (128). p. 130–135. (in Russian)
4. Schnitzenbaumer B. Fundamental studies on the application of enzymes when brewing with unmalted oats and sorghum. PhD Thesis, University College Cork. 2013.
5. Sadiq Butt, M., Tahir-Nadeem, M., Khan, M. K., Shabir, R., and Butt, M. S. Unique among the cereals. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2008. 47. P. 68–79.
6. Per Åman, Lena Rimsten, Roger Andersson. Molecular Weight Distribution of β -Glucan in Oat-Based. *Foods Cereal Chem.* 2004. 81 (3). P. 356–360.
7. Chekina M. S., Meltdina T. V. Prospects for the use of oats in the production of special products. *Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University*. 2016. No. 43. P. 20–25. (in Russian)
8. Klose C., Mauch A., Wunderlich S., Thiele F., Zarnkow M.. Brewing with 100% Oat Malt. *J. Inst. Brew.* 2011. No 117 (3). p. 411–421.
9. Moritz F. E. B. The use of oats in brewing III. *J. Inst. Brew.* 1943. No. 49. P. 83–87.
10. Kiselev I. V., Lodygin A. D., Perevyshina T. A. The use of oats as an unmalted material in the development of new types of beer. *Beer and drinks*. 2011. No. 2. p. 16–17. (in Russian)
11. Hanke S., Zarnkow M., Kreisz S., and Back W. The use of oats in brewing. *Monatsschr Brauwiss.* 2005. No 58. P. 11–17.
12. Perevyshina T. A., Emelyanova S. A. Prospects for the use of oats in the process of wort production for new beers. *Bulletin of the Stavropol Agro-Industrial Complex*. 2014. No 3. p. 31–34. (in Russian)
13. Hübner F., Schehl B. D., Thiele F., and Arendt E. K. Investigation of the malting behavior of oats for brewing purposes. *J. Am. Soc. Brew. Chem.* 2009. No 67. P. 235–241.
14. Klose C., Mauch A., Wunderlich S., Thiele F., Zarnkow M., Jacob F., Arendt E. K. Brewing with 100% oat malt. *J. Inst. Brew.* 2011. No 117. P. 411–421.
15. Hübner F., and Arendt E. K. Studies on the influence of germination conditions on protein breakdown in buckwheat and oats. *J. Inst. Brew.* 2010. No 116. P. 3.
16. Klose C., Schehl B. D. and Arendt E. K. Fundamental study on protein changes taking place during malting of oats. *J. Cereal Sci.* 2009. No 49. P. 83–91.
17. Klose C., Thiele F. and Arendt E. K. Changes in the protein profile of oats and barley during brewing and fermentation. *J. Am. Soc. Brew. Chem.* 2010. No 68. P. 119–124.
18. Klose C. Brewing with 100% oat malt. *Journal of the Institute of Brewing*. 2011. Vol. 117. P. 411–421.
19. Muñoz-Insa A., Gastl M., Zarnkow M., Becker T. Optimization of the malting process of oat (*Avena sativa* L.) as a raw material

- for fermented beverages // *Span. J. Agric. Res.* 2011. No 9. P. 510–523.
20. Кожухова А. В. Использование овса в пивоварении. // Пиво и напитки. 2007. No 2. С. 16.
21. Taylor D. G., Humphrey P. M., Boxall J. and Smith P. J. Brewing of English style ales with malted cereals, other than barley. // *Scand. Brew. Rev.* 2008. No 65. P. 18–23.
22. Иванова Е. А. Хроматографический метод изучения содержания бета-глюканов в зерне новых голозерных сортов ячменя (в связи с вопросами здорового питания) // Пищевая и перерабатывающая промышленность. 2003. No 3. С. 902.
23. Schnitzenbaumer B., Arendt E. K., and Titze J. Statistical comparison of a new rheological method for defining changes in mash consistency during mashing with the established Rapid Visco Analyser. // *J. Cereal Sci.* 2013. No 57. P. 39–46.
24. AMYLEX 4T. 2010. [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: http://mags.datagraf.dk/epub/files/brewing_e-guide/amylex_4t.pdf, (дата обращения: 13.10.2019).
25. DIAZYME X4. 2010. [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: http://mags.datagraf.dk/epub/files/brewing_e-guide/diazyme_x4.pdf, (дата обращения: 13.10.2019).
26. LAMINEX Super 3G. 2011. [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: http://mags.datagraf.dk/epub/files/brewing_e-guide/laminex_super_3g.pdf, (дата обращения: 13.10.2019).
27. ГОСТ 29294–2014. Солод пивоваренный. Технические условия. Профессионально-справочная система «Техэксперт». Утв. 01.01.2016. М.: Стандартинформ, 2016.
28. Ермолаева Г. А. Справочник работника лаборатории пивоваренного предприятия. СПб.: Профессия, 2004. С. 188–191
29. Меледина Т. В., Дедегкаев А. Т., Афонин Д. В. Качество пива: стабильность вкуса и аромата, коллоидная стойкость. Дегаустация. СПб.: Профессия, 2011. С. 18–20.
- for fermented beverages. *Span. J. Agric. Res.* 2011. No 9. P. 510–523.
20. Kozhukhova A. V. Use of oats in brewing. *Beer and drinks.* 2007. No 2. P. 16. (in Russian)
21. Taylor D. G., Humphrey P. M., Boxall J. and Smith P. J. Brewing of English style ales with malted cereals, other than barley. *Scand. Brew. Rev.* 2008. No 65. P. 18–23.
22. Ivanova E. A. Chromatographic method for studying the content of beta-glucans in grains of new bare-grain varieties of barley. *Food and processing industry.* 2003. No 3. p. 902. (in Russian)
23. Schnitzenbaumer B., Arendt E. K., and Titze J. Statistical comparison of a new rheological method for defining changes in mash consistency during mashing with the established Rapid Visco Analyser. *J. Cereal Sci.* 2013. No 57. P. 39–46.
24. AMYLEX 4T. 2010. [Electronic resource]: Access Mode: URL: http://mags.datagraf.dk/epub/files/brewing_e-guide/amylex_4t.pdf, (accessed: 13.10.2019).
25. DIAZYME X4. 2010. [Electronic resource]: access Mode: URL: http://mags.datagraf.dk/epub/files/brewing_e-guide/diazyme_x4.pdf, (accessed: 13.10.2019).
26. LAMINEX Super 3G. 2011. [Electronic resource]: access Mode: URL: http://mags.datagraf.dk/epub/files/brewing_e-guide/laminex_super_3g.pdf, (accessed: 13.10.2019).
27. State standard 29294–2014 Brewing malt. Technical conditions. Tekhexpert professional reference system. Approved. 01/01/2016. Moscow, Standartinform, 2016. (in Russian)
28. Ermolaeva G. A. Handbook of a laboratory worker in a brewing enterprise. St. Petersburg: Profession. 2004. P. 188–191. (in Russian)
29. Meledina T. V., Dedegkaev A. T., Afonin D. V. Beer quality: stability of taste and aroma, colloidal resistance. Tasting. SPb. Profession. 2011. P. 18–20. (in Russian)

Сведения об авторах

Меледина Татьяна Викторовна

Д.т. н., профессор факультета пищевых биотехнологий и инженерии Университета ИТМО, 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, SPIN-код: 5771–8409, Author ID: 381606, tatiana.meledina@yandex.ru

Иванов Владимир Александрович

Аспирант, инженер факультета пищевых биотехнологий и инженерии Университета ИТМО, 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Сергеева Анастасия Александровна

Магистрант факультета пищевых биотехнологий и инженерии Университета ИТМО, 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Сычев Сергей Игоревич

Менеджер проекта, ООО «Пивоваренная компания «Балтика», 194292, Санкт-Петербург, 6-й Верхний пер., 3.

Андреев Василий Валерьевич

Инженер-микробиолог, ООО «Пивоваренная компания «Балтика», 194292, Санкт-Петербург, 6-й Верхний пер., 3, andreev@baltika.com

Information about authors

Meledina Tatyana V.

D. Sc., Professor of the Faculty of Food Biotechnology and Engineering of ITMO University, 191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9, SPIN-код: 5771–8409, Author ID: 381606, tatiana.meledina@yandex.ru

Ivanov Vladimir A.

Graduate student, Engineer of the Faculty of Food Biotechnology and Engineering of ITMO University, 191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

Sergeeva Anastasiya A.

Ungraduated of the Faculty of Food Biotechnology and Engineering of ITMO University, 191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

Sychev Sergey I.

Project Manager, Baltika Breweries, Russia, 194292, Saint Petersburg, 6th Upper lane, 3.

Andreev Vasilii V.

Microbiologist Engineer, Baltika Breweries, Russia, 194292, Saint Petersburg, 6th Upper lane, 3, andreev@baltika.com