2020 Т. 50 № 2 / Техника и технология пищевых производств / Food Processing: Techniques and Technology
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)
https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-319-328
УДК 664.43
Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Влияние условий замачивания ячменя на содержание белковых веществ в солоде

М. Ф. Ростовская[1,*], М. Д. Боярова[1], А. Г. Клыков[2]

[1] *ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», 690950, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8*

[2] *ФГБНУ Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки», 692539, Россия, п. Тимирязевский, ул. Воложенина,30*

**e-mail: rost-mf@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 31.01.2020
Дата принятия в печать: 29.05.2020

© М. Ф. Ростовская, М. Д. Боярова, А. Г. Клыков, 2020

Аннотация.
Введение. Ячмень, предназначенный для солодоращения, должен иметь низкое содержание белка, но из-за экологических факторов уровень белка в зерне часто оказывается больше, чем прописано в стандарте отрасли. Цель работы – изучение влияния условий солодоращения на уровень белковых веществ в солоде и оценка возможности снижения азотистых веществ при изменении режима замачивания.
Объекты и методы исследования. Использовался яровой ячмень (*Hordeum vulgare* L.) сортов «Приморский 89» и «Приморский 98» дальневосточной селекции урожая 2013, 2015, 2016 годов. В зависимости от года урожая разница в содержании белка одного сорта составляла от 1,75 до 2,5 %. Замачивание проводили воздушно-водяным методом. Общее время солодоращения для всех образцов было одинаково, режимы отличались временем замачивания.
Результаты и их обсуждение. Сорта ячменя по-разному реагировали на увеличение времени замачивания. Для сорта «Приморский 89» увеличение времени замачивания не оказало существенного влияния на характеристики солода. Уменьшение уровня белка в солоде, по сравнению с зерном, при каждом режиме было примерно одинаково и составило 0,3 %. Число Кольбаха находилось в интервале 30,3–35,1 %. Достичь нужной степени белкового растворения не удалось, при этом разница этого показателя при различных режимах составила менее 1 %. Для сорта «Приморский 98» режим с длительным замачиванием оказался благоприятным. Увеличение времени замачивания позволило снизить содержание азотистых веществ в готовом солоде на 1 % по сравнению с зерном. При этом потеря азотистых веществ в ходе солодоращения возрастала с увеличением первоначального содержания белка в зерне. Режим с длительным замачиванием также привел к увеличению числа Кольбаха на 3 %. Значение этого показателя составило 34,7–39,5 % для режима с длительным замачиванием и 31,1–36,8 % для режима с коротким замачиванием.
Выводы. На динамику азотистых веществ во время солодоращения, кроме способа солодоращения, влияют сортовые особенности ячменя. Для некоторых сортов увеличение времени замачивания позволяет снизить содержание азотистых веществ в солоде и повысить число Кольбаха

Ключевые слова. Зерно, *Hordeum vulgare* L., проращивание, солодоращение, пивоварение, белок, аминокислоты, протеолиз, индекс Кольбаха, выщелачивание

Для цитирования: Ростовская, М. Ф. Влияние условий замачивания ячменя на содержание белковых веществ в солоде / М. Ф. Ростовская, М. Д. Боярова, А. Г. Клыков // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 319–328. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-319-328.

Original article
Available online at http://fptt.ru/eng

Effect of Various Barley Steeping Conditions on the Content of Albuminous Substances in the Malt

M.F. Rostovskaya[1,*], M.D. Boyarova[1], A.G. Klykov[2]

[1] *Far Eastern Federal University, 8, Sukhanova Str., Vladivostok, 690090, Russia*

[2] *A.K. Chaika Federal Scientific Center of agrobiotechnology in the Far East,*

Received: January 31, 2020
Accepted: May 29, 2020

30, Volozhenina Str., Timiryazevsky, 692539, Russia

*e-mail: rost-mf@mail.ru

© M.F. Rostovskaya, M.D. Boyarova, A.G. Klykov, 2020

Abstract.
Introduction. Malt production requires low-protein barley. Unfortunately, bad environmental conditions often lead to higher protein content than specified in the related standards. The research objective was to study the effect of barley steeping conditions on the level of albuminous substances in malt and to assess the possibility of reducing nitrogenous substances by changing the steeping regime.
Study objects and methods. The research featured two varieties of barely, namely "Primorsky 89" and "Primorsky 98". Both varieties were harvested in 2013, 2015, and 2016 in the Primorye Region of Russia. The protein content in the grain of each variety differed significantly, depending on the year of harvest, and ranged from 1.75% to 2.5%. Two micromalting modes differed only in the steeping time and were performed at 17°C. The malt samples were analyzed for total protein content, total soluble nitrogen, Kolbach Index, and free amino nitrogen.
Results and discussion. The "Primorsky 89" variety proved insensitive to a longer steeping time, thus maintaining the same characteristics of the malt. The decrease in the protein level in the malt compared to the raw material was approximately the same for each mode and amounted to 0.3%. The Kolbach Index ranged between 30.31% and 35.1%. The experiment failed to produce the desired degree of dissolution, while the difference in this indicator under various modes was less than 1%. The long steeping mode proved optimal for the "Primorsky 98" variety. An increase in the steeping time made it possible to reduce the content of nitrogenous substances in the malt by 1%, compared to the raw material. Higher initial protein content in the grain resulted in lower content of nitrogenous substances during malting. The long steeping mode also resulted lowered the Kolbach Index by 3%: it was 34.7% – 39.5% for the long steeping mode and 31.1–36.8% for the short steeping mode.
Conclusion. The barley variety and the malting method affected the dynamics of nitrogenous substances. For some varieties, a longer steeping period proved to reduce the content of nitrogenous substances in the malt and increase the Kolbach Index.

Keywords. Grain, *Hordeum vulgare* L., germination, malting, brewing, protein, amino acids, proteolysis, Kolbach index, leaching

For citation: Rostovskaya MF, Boyarova MD, Klykov AG. Effect of Various Barley Steeping Conditions on the Content of Albuminous Substances in the Malt. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(2):319–328. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-319-328.

Введение

Значительная доля зерна ячменя, производимого во всем мире, используется для получения солода, который служит традиционным сырьем для производства пива. Солод получают контролируемым проращиванием зерна в определенных условиях. Во время солодоращения в зерне производятся специфические ферменты, которые необходимы в процессе варки пива. Целью солодоращения является частичный гидролиз высокомолекулярных соединений, таких как белки и гемицеллюлозы, в клеточных стенках эндосперма зерна. Это позволяет достигнуть достаточной технологичности солода во время процесса пивоварения, обеспечить высокий выход экстракта, успешное брожение и достаточно легкий процесс фильтрации сусла [1].

Ячмень, предназначенный для солодоращения, должен отвечать ряду требований. Одно из них – низкая концентрация белковых веществ в зерне. Высокое содержание белка снижает экстрактивность солода из-за того, что высокий уровень белка обычно сопровождается снижением содержания крахмала [1]. Также высокий уровень белка в эндосперме приводит к уплотнению комплекса крахмал-белок. Белковые молекулы формируют матрицу, окружающую крахмальные гранулы, что ограничивает гидратацию эндосперма и создает барьер между крахмалом и амилолитическими ферментами во время солодоращения [2]. Из-за того, что белок более прочно связан с клеточными стенками, распад межклеточного белкового пространства, окружающего крахмальные зерна, у высокобелковых ячменей при его проращивании менее значителен, чем у низкобелковых. Поэтому зерно, содержащее более 12 % белка, характеризуется как «трудновзрыхляемое» [1]. ГОСТ 5060-1986 ограничивает содержание белка для пивоваренных ячменей до 12 %.

Ряд российских исследователей допускает, что содержание белка в пивоваренном ячмене может превышать 12 %. В. В. Глуховцев и Н. В. Дровальева утверждают, что ограничение содержания белка до 12 % при оценке пивоваренных качеств ячменя совершенно необоснованно [3]. При ограничении содержания белка до 12 % из зон заготовки пивоваренного сырья исключаются обширные регионы нашей страны (Поволжье, Алтай, Сибирь и другие), выращивающие эту культуру на больших площадях. В работе Н. С. Беркутова отмечается высокая рентабельность использования в производстве пива зерна ячменя с содержанием белка до 12,5 % [4]. В Канаде в пивоваренном ячмене допускается содержание белка 12,5 % [5]. Т. В. Горпинченко и З. Ф. Аникаева в своей работе говорят о том, что результаты многолетнего сортоиспытания и практики пивоваренных заводов

допускают содержание белка в ячмене до 13 % для его использования в пивоварении [6].

Уровень белка в ячмене 11,5–12 % достаточно трудно поддерживать постоянно, т. к. это свойство зависит не только от генотипа, но и от окружающей среды и других факторов производства ячменя. Содержание белка в ячмене, производимого для солодоращения, из-за экологических факторов часто оказывается больше, чем прописано стандартах отрасли и может составлять 13–13,5 % [7]. В последние годы многие страны-поставщики пивоваренного зерна столкнулись с проблемой высокобелкового зерна из-за засухи в странах-экспортерах [8]. Поэтому в разных странах проводятся исследования по получению солода удовлетворительного качества из зерна ячменя с повышенным содержанием белка. В работе канадских авторов показано, что канадские сорта ячменя с содержанием белка более 15 % способны давать солод и пиво хорошего качества [9].

Содержание белка в готовом солоде нормируется ГОСТ 29294-2014 и не должно превышать 11,5 %. Проблема солода с высоким содержанием белка заключается в низкой экстрактивности сусла, а также резкой горечи в готовом пиве [1]. Считается, что содержание белка в ячменном солоде обычно на 0,1–0,5 % ниже, чем в исходном ячмене [1]. Однако в ряде работ показано, что, в зависимости от условий солодоращения и хранения зерна, содержание белка может меняться в более широких пределах [10–12].

Во время прорастания ячменя под действием протеолитических ферментов, уровень которых повышается при увеличении влажности зерна, происходит гидролиз белков эндосперма до пептидов, аминокислот и свободного аминного азота. Аминокислоты используются для биосинтеза новых азотистых веществ в алейроновом слое и в растущем зародыше. Таким образом, во время прорастания происходит миграция азотистых веществ, при этом часть азотистых веществ попадает в растущие корешки, которые удаляются из готового солода, тем самым обеспечивая потерю белков [10, 11]. Также азотистые вещества теряются выщелачиванием во время стадии замачивания, но после окончания замачивания и наступления фазы прорастания изменение азотистых веществ этим способом прекращается [11, 13].

Современные пивоваренные сорта ячменя отличаются постоянством техно-химических свойств, но и они подвержены погодным аномалиям, которые встречаются все чаще [14]. Поэтому исследования, посвященные снижению уровня белка в солоде, полученном из высокобелковых ячменей, являются актуальными. Режимы солодоращения могут отличаются длительностью, температурой и конечной степенью замачивания зерна. Влияние этих факторов хорошо исследовано [1]. Но данные о влиянии времени замачивания на изменение уровня азотистых веществ в солоде весьма ограничены.

Замачивание зерна является первой стадией солодоращения. Зерно начинает прорастать при содержании в нем влаги больше 30 %. Режим замачивания в большинстве случаев состоит из двух, а иногда и трех фаз погружения и воздушных пауз. Стадия замачивания занимает 1–2 дня. Целью замачивания является быстрое и однородное поглощение воды зерном и инициирование прорастания зерна. Недостаточная эффективность замачивания не может быть компенсирована на более поздних стадиях проращивания. Скорость водопоглощения до степени замачивания 38–41 % зависит от температуры воды, режима погружения и скорости поглощения воды. Последнее зависит от сорта, года урожая, размера зерна, содержания белковых веществ и физиологических показателей зерна, таких как состояние покоя и водочувствительность [15]. Ячмень с высоким содержанием белка характеризуется неравномерным поглощением воды во время водяного замачивания и неравномерным прорастанием в ходе проращивания, но о влиянии замачивания на уровень азотистых веществ в солоде не упоминается [14].

Цель работы – исследовать влияние продолжительности стадии замачивания зерна ячменя на содержание белковых веществ в солоде.

Объекты и методы исследования

Для исследования использовали яровой ячмень (*Hordeum vulgare* L.) сортов «Приморский 89» и «Приморский 98» дальневосточной селекции урожая 2013, 2015, 2016 годов. Образцы зерна были получены в ПримНИИСХ (п. Тимирязевский).

Анализ зерна проводили по стандартным методикам. Определяли массу 1000 зерен (ГОСТ 10842-89), энергию и способность прорастания (ГОСТ 10968-88), содержание влаги (ГОСТ 13586.5-93) и водочувствительность (EBC, Analytic, method 3.6.2). Массовую долю белка в зерне и солоде измеряли по методу Кьельдаля (ГОСТ 10846-76), массовую долю растворимого азота определяли в лабораторном сусле, полученном из образцов солода. Число Кольбаха вычисляли по формуле:

$$К = Б \cdot 100/Х \quad (1)$$

где Б – массовая доля растворимого азота, %:

Х – массовая доля азотистых веществ в сухом веществе солода (ГОСТ 29294-2014).

Содержание свободного аминного азота в солоде определяли фотометрически нингидрановым методом (EBC, Analytic, method 8.10). Потери на дыхание и ростки проводили по методике, указанной в работе R. C. Agu [10]. После солодоращения определяли массу 100 зерен в готовом сухом солоде, а затем

в солоде с удаленными корешками и в удаленных корешках, используя аналитические весы. Потери на дыхание и ростки определяли по формуле:

$$M_к\% = M_3 \cdot 100/M_1 \quad (2)$$

где M_1 – масса 100 зерен солода с корешками (СВ – на сухое вещество);

M_2 – масса 100 зерен без корешков (СВ);

M_3 – масса корешков (СВ): $M_3 = M_1 - M_2$.

Зерно ячменя замачивали и проращивали в хладотермостате ХТ-3/70-2 при температуре 17 °С. Использовали метод воздушно-водяного замачивания, при котором зерно попеременно находится то под водой, то без воды. После окончания замачивания на стадии проращивания зерно орошали. Общее время солодоращения для всех образцов составило 103 ч, но длительность замачивания была разная. В первом режиме время замачивания 25 ч, а именно 4 ч – водяная фаза, 17 ч – воздушная фаза, 4 ч – водяная фаза. Во втором время замачивания составило 48 ч: 4 ч – водяная фаза, 16 ч – воздушная фаза, 8 ч – водяная фаза, 8 ч – воздушная фаза, 12 ч – водяная фаза.

В процессе солодоращения ежедневно контролировали содержание влаги в зерне. Полученный солод высушивали по методике, включающей увядание свежепроросшего солода в течение 16 ч при температуре 50 °С, затем постепенный набор температуры до 80 °С [16].

Результаты и их обсуждение

Зерно ячменя было проанализировано на ряд показателей, определяющих его пригодность к солодоращению. Данные представлены в таблице 1.

Все образцы зерна показали высокую энергию и способность прорастания (> 95 %), что делает их пригодными для солодоращения. Низкая водочувствительность зерна (< 25 %) позволяет использовать длительное замачивание зерна.

Из таблицы 1 видно, что показатели зерна одного сорта, но разных лет урожая, отличались по массе 1000 зерен (абсолютная масса) и содержанию белка. На эти показатели, помимо сортовых особенностей, значительное влияние оказывают факторы окружающей среды во время выращивания ячменя [17]. В содержании белка для исследуемых сортов прослеживалась общая тенденция. Зерно с наибольшим содержанием белка было получено в 2013 г., а с самым низким – в 2016 г. Наибольшее экологическое влияние на содержание белка в зерне ячменя во время вегетации оказывают температура и количество осадков. Высокая температура и малое количество осадков во время вегетационного периода увеличивают содержание белка. Эта тенденция наблюдается для зерна, выращенного в разных странах и в разных климатических зонах [3, 18, 19]. Исследуемые нами сорта показывали такую же корреляцию на протяжении более 10 лет [20]. 2013 год в Приморском крае был засушливым и зерно урожая этого года содержало аномально высокое количество белка за все время наблюдения. Таким образом, в исследовании использовали зерно сортов «Приморский 89» с разницей в содержании белка 1,75 % и «Приморский 98» с разницей в содержании белка 2,5 %, которое зависило от года урожая.

Солодоращение проводили при 17 °С. При замачивании и проращивании обычно используются относительно низкие температуры (12–17 °С), что позволяет получать качественный солод и поддерживать низкий процент потерь при солодоращении благодаря замедлению роста и дыханию зерна. Высокие температуры замачивания способствуют быстрому поглощению воды и началу прорастания. Высокие температуры прорастания ускоряют процессы прорастания и роста. Все указанные факторы приводят к снижению экстрактивности солода. Повышение температуры на 1 °С приводит к увеличению потерь при солодоращении приблизительно на 0,3 % и снижению выхода экстракта на 0,4 % [15].

Содержание влаги в зерне на стадии проращивания регулируется путем распыления воды. Для достижения желаемой степени растворения эндосперма и накопления ферментов требуется влажность 43–48 %, а иногда и выше [1].

В ходе солодоращения ежедневно контролировали влажность зерна. Зерно сорта «Приморский 89»

Таблица 1. Показатели зерна ячменя

Table 1. Barley profile

Показатель/Сорт	«Приморский 89»			«Приморский 98»		
Год урожая	2013	2015	2016	2013	2015	2016
Влажность, %	8,80 ± 0,21	7,32 ± 0,12	7,87 ± 0,09	8,63 ± 0,02	7,58 ± 0,11	8,54 ± 0,07
Масса 1000 зерен, г СВ*	37,92 ± 0,12	38,49 ± 0,24	38,09 ± 0,31	37,79 ± 0,41	38,57 ± 0,32	36,91 ± 0,26
Способность прорастания, %	97,30 ± 0,50	96,40 ± 0,20	96,90 ± 0,20	97,90 ± 0,10	96,20 ± 0,20	96,80 ± 0,40
Водочувствительность, %	9,50 ± 0,50	19,50 ± 2,10	10,00 ± 1,40	12,00 ± 0,00	16,50 ± 0,50	14,00 ± 2,10
Содержание белка, % СВ*	13,72 ± 0,29	13,23 ± 0,18	11,97 ± 0,25	13,81 ± 0,16	12,57 ± 0,21	11,23 ± 0,14

* СВ – сухое вещество.

* СВ – solids.

Таблица 2. Влажность свежепроросшего солода

Table 2. Humidity of the freshly sprouted malt

Год урожая	2013		2015		2016	
Режим солодоращения	1*	2**	1*	2**	1*	2**
Влажность, % «Приморский 89»	42	44	43	45	42	45
Влажность, % «Приморский 98»	44	47	44	48	46	48

* режим со стадией замачивания 25 ч;
** режим со стадией замачивания 48 ч.

* steeping mode = 25 h;
** steeping mode = 48 h.

быстрее набирало влагу во время замачивания, но к концу проращивания содержание влаги в этом сорте оказалось ниже, чем у «Приморского 98». При использовании различных режимов замачивания влажность свежепроросшего солода отличалась. Образцы, полученные при способе солодоращения с длительной стадией замачивания, показали высокую степень замачивания. Содержание влаги в зерне составляло 44–48 %. В образцах с коротким временем замачиванием этот показатель достигал 42–46 %. Данные о влажности свежепроросшего солода показаны в таблице 2.

После высушивания солод проанализировали на общее содержание белка, содержание растворимого белка, число Кольбаха и уровень аминного азота. Показатели солода, полученного при разных режимах солодоращения, представлены в таблице 3.

Как видно из таблицы 3, исследуемые сорта ячменя по-разному реагировали на увеличение времени замачивания. Все образцы сорта «Приморский 98» показали значительную потерю азотистых веществ в солоде, чем у зерна, с увеличением времени замачивания. Для сорта «Приморский 89» увеличение длительности замачивания не оказало существенного влияния на изменение уровня азотистых веществ. При этом потери азотистых веществ у сорта «Приморский 98» были тем выше, чем более высокое начальное содержание белковых веществ наблюдалось в зерне. При начальном содержании белка 13,8 % потери белковых веществ при длительном замачивании составили более 1 %. Для зерна с начальным содержанием белка 11,2 % уменьшение азотистых веществ составило лишь 0,3 %. Это совпадает с данными работы, в которой говорится о том, что ячмень с высоким содержанием белка может терять больше азотистых веществ [10]. Для сорта «Приморский 89» потеря азотистых веществ при проращивании оставалась на уровне 0,2–0,3 %, независимо от времени замачивания и начального уровня белка в зерне, хотя разница в содержании белковых веществ в зерне этого сорта разных лет урожая составляла 1,75 %.

После высушивания свежепроросшего солода ростки остаются под оболочкой, а корешки удаляются. Известно, что корешки и ростки проращиваемого зерна богаты гидролизуемыми белками, поэтому через корешки и ростки могут происходить высокие потери белков [10]. Была измерена масса корешков, образующихся в готовом солоде. Для всех образцов зерна режим со стадией

Таблица 3. Показатели солода

Table 3. Malt profile

Год урожая	2013		2015		2016	
Режим солодоращения	1*	2**	1*	2**	1*	2**
Сорт ячменя	«Приморский 89»					
Влажность, %	6,62 ± 0,08	6,54 ± 0,13	6,32 ± 0,06	6,1 ± 0,09	6,63 ± 0,12	7,17 ± 0,18
Содержание белка, % СВ	13,42 ± 0,29	13,54 ± 0,17	13,06 ± 0,18	12,91 ± 0,27	11,66 ± 0,15	11,71 ± 0,31
Содержание растворимого азота, мг/100 г	651 ± 9	672 ± 12	654 ± 8	669 ± 9	649 ± 9	658 ± 5
Содержание свободного аминного азота, мг/100 г	114 ± 3	129 ± 6	109 ± 5	135 ± 6	115 ± 3	12 ± 4
Число Кольбаха, %	30,3	31,0	31,3	32,3	34,7	35,1
Потери на дыхание и ростки, % СВ	10,9 ± 0,11	11,1 ± 0,09	11,2 ± 0,12	11,1 ± 0,11	11,1 ± 0,13	11,3 ± 0,10
Сорт ячменя	«Приморский 98»					
Влажность, %	6,02 ± 0,14	6,60 ± 0,09	4,76 ± 0,19	4,94 ± 0,12	5,20 ± 0,05	5,67 ± 0,11
Содержание белка, % СВ	13,62 ± 0,19	12,78 ± 0,21	12,11 ± 0,23	11,62 ± 0,11	11,19 ± 0,17	10,91 ± 0,20
Содержание растворимого азота, мг/100 г	678 ± 8	709 ± 10	661 ± 11	703 ± 9	658 ± 8	689 ± 6
Содержание свободного аминного азота, мг/100 г	123 ± 7	148 ± 4	118 ± 6	137 ± 8	108 ± 5	121 ± 5
Число Кольбаха, %	31,1	34,7	34,1	37,8	36,8	39,5
Потери на дыхание и ростки, % СВ	11,4 ± 0,10	11,5 ± 0,12	11,3 ± 0,09	11,3 ± 0,11	11,1 ± 0,09	11,2 ± 0,13

* режим со стадией замачивания 25 ч;
** режим со стадией замачивания 48 ч.

* steeping mode = 25 h;
** steeping mode = 48 h.

замачивания 48 ч не вызывал интенсивного роста корешков и ростков. Интенсивность роста зависела от последующего режима орошения. Масса корешков для обоих сортов зерна при одинаковом режиме замачивания была примерно одинакова. Можно предположить, что сорт «Приморский 98» с более высоким содержанием белка теряет больше азотистых веществ из-за того, что больше азотистых веществ переносится в корешки, а в сорте «Приморский 89» количество азотистых веществ, переносимых в корешках, остается примерно на одном и том же уровне.

В ходе солодоращения в зерне протекают два процесса, связанных с метаболизмом азотистых веществ – гидролиз и синтез белков. В процессе проращивания зерна часть белков подвергается воздействию протеолитических ферментов и гидролизуется до пептидов и аминокислот. Из них зародыш строит новые белки, входящие в состав новых тканей [10, 11]. Протеолиз белков можно оценить по величине растворимого азота, числу Кольбаха и уровню свободного аминного азота. Растворимый азот – это азот, входящий в состав низкомолекулярных соединений, к которым относятся пептиды и аминокислоты. Число Кольбаха оценивает степень растворимости белка. Свободный аминный азот представляет собой сумму аминокислот, ди- и трипептидов, а также ионов аммония. При этом основную долю свободного аминного азота составляют аминокислоты. С увеличением распада белков величина растворимого азота, число Кольбаха и уровень свободного аминного азота увеличиваются [13]. Низкомолекулярные соединения азота оказывают влияние на цвет и аромат солода и пива. Уровень растворимого азота должен быть высоким, чтобы вкус пива не был «пустым». В то же время из солода с большим количеством растворимого азота получается пиво с меньшей пеностойкостью. Показатель свободного аминного азота используется для характеристики солода из-за того, что свободный аминный азот показывает количество азотистых соединений, доступных для питания дрожжей во время процесса пивоварения.

Для обоих сортов использование режима с более длительным замачиванием повышает уровень растворимого азота, что совпадает с литературными данными [21]. Также увеличивается число Кольбаха, что свидетельствует о более интенсивном распаде белков. При этом сорт «Приморский 89» показал низкие уровни растворимого азота и низкую степень растворения белка в сравнении с сортом «Приморский 98». Содержание растворимого азота в образцах солода находилось в интервале 649–709 мг/100 г. Этот показатель не нормируется ГОСТ 29294-2014, но по данным зарубежных авторов для солода, используемого в Германии, типичные значения составляют около 700 мг/100 г, а для солода в Великобритании – 500–600 мг/100 г [1, 11]. Рекомендуемые значения числа Кольбаха составляют 39–41 % (ГОСТ 29294-2014). Длительное замачивание не привело к значительному увеличению числа Кольбаха для сорта «Приморский 89». Разница при различных режимах составила менее 1 %. Для сорта «Приморский 98» длительное замачивание увеличило число Кольбаха на 3 %. Сорт «Приморский 89» не достиг приемлемых значений этого показателя ни при каких условиях. Режим с длительным замачиванием для сорта «Приморский 98» оказался благоприятным.

Содержание свободного аминного азота ячменного солода должно составлять от 120 до 160 мг/100 г солода [15]. Этот показатель для обоих сортов показал такую же зависимость, как и величина растворимого азота. Уровень свободного аминного азота в сорте «Приморский 89» оказался ниже, чем у сорта «Приморский 98». Сорт «Приморский 89» достиг необходимых значений только при длительном режиме замачивания. Образцы ячменя сорта «Приморский 98» с высоким содержанием белковых веществ производили большее количество свободного аминного азота. Для сорта «Приморский 89» такой зависимости не наблюдалось. Этот показатель также выше у образцов солода, полученных при длительном режиме замачивания. Зерно имело высокое содержание влаги. Зерно с высокой степенью влажности производит больше свободного аминного азота, что совпадает с литературными данными [22]. Повышение уровня свободного аминного азота также свидетельствует о более интенсивном распаде белков. Разница в величине свободного аминного азота при различных режимах солодоращения может быть связана с длительностью нахождения зерна под водой. Согласно литературным данным во время замачивания ячменя концентрация свободного аминного азота увеличивается примерно в пять раз по сравнению с зерном. За все время солодоращения этот показатель увеличивается в девять раз [23].

Из литературных данных также известно, что при солодоращении образцов ячменя одного сорта, но содержащих разные уровни белковых веществ, в одинаковых условиях, продуцировались гидролитические ферменты на разных уровнях [11]. С другой стороны, уровень влаги в свежепроросшем солоде при использовании режима с длительным замачиванием оказался на 2–4 % выше. В работе японских авторов показано, что при изменении степени замачивания зерна с 43 % до 50 % активность протеиназ, участвующих в расщеплении белков, увеличивалась [24].

Таким образом, 2 сорта ячменя по-разному вели себя при различных режимах солодоращения. Для сорта «Приморский 98» при более длительном замачивании наблюдались высокие потери азотистых

веществ. При этом чем выше было содержание белковых веществ в исходном зерне, тем больше азотистых веществ терялось при длительном замачивании. Для сорта «Приморский 89» потери азотистых веществ оставались примерно на одном и том же уровне независимо от содержания белковых веществ в зерне и времени замачивания. При этом для исследуемых сортов наблюдалось различие в распаде белков. Сорт «Приморский 98» имел более высокие уровни растворимого азота, числа Кольбаха и свободного аминного азота, что указывает на более интенсивный гидролиз белковых веществ. Увеличение времени замачивания способствовало более интенсивному гидролизу белков.

Выводы

На динамику азотистых веществ во время солодоращения в большей степени влияют сортовые особенности ячменя, чем уровень белка в зерне. Для сорта «Приморский 98» использование длительного периода замачивания во время солодоращения позволило снизить содержание азотистых веществ в солоде на 1 % при среднем уменьшении этого показателя на 0,1–0,5 %. Для сорта «Приморский 89» увеличение времени замачивания не оказало существенного влияния на уровень азотистых веществ в готовом солоде. Потеря азотистых веществ сорта «Приморский 98» в ходе солодоращения возрастала с увеличением первоначального содержания белка в зерне, а для сорта «Приморский 89» потери азотистых веществ при проращивании оставались постоянными, независимо от уровня белка в зерне.

В ходе солодоращения у сорта «Приморский 98» происходил интенсивный гидролиз белков, на что указывает число Кольбаха. Длительное замачивание сорта «Приморский 98» позволило существенно увеличить число Кольбаха. Для сорта «Приморский 89» увеличение времени замачивания сказалось на числе Кольбаха незначительно. Известно, что основные потери белков при солодоращении происходят при удалении корешков, но т. к. масса корешков оказалась примерно одинаковой для обоих сортов при использовании различных режимов замачивания, можно предположить, что сорт «Приморский 98» с высоким содержанием белка терял больше азотистых веществ из-за того, что больше азотистых веществ переносилось в корешки. В сорте «Приморский 89» количество азотистых веществ, переносимых в корешках, оставалось примерно на одном и том же уровне независимо от первоначального уровня белковых веществ в зерне. Также из-за более интенсивного гидролиза белков у сорта «Приморский 98» наблюдался высокий уровень свободного аминного азота, поэтому высокие потери азотистых веществ могли происходить на стадии замачивания из-за выщелачивания низкомолекулярных азотистых веществ. С увеличением времени нахождения под водой удалялось больше растворимых азотистых веществ.

Критерии авторства

М. Ф. Ростовская руководила проектом и готовила статью к печати. М. Ф. Ростовская, М. Д. Боярова и А. Г. Клыков выполняли экспериментальную часть, осуществляли обработку результатов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

M.F. Rostovskaya supervised the project and wrote the manuscript. M.F. Rostovskaya, M.D. Boyarova, and A.G. Klykov performed the experiments and processed the results.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Список литературы

1. Нарцисс, Л. Технология солодоращения / Л. Нарцисс. – СПб. : Профессия, 2007. – 583 с.

2. Genetic and environmental impact on protein profiles in barley and malt / H. Luo, S. Harasymow, B. Paynter [et al.] // Journal of the Institute of Brewing. – 2019. – Vol. 125, № 1. – P. 28–38. DOI: https://doi.org/10.1002/jib.532.

3. Глуховцев, В. В. Качественный состав белка зерна ярового ячменя в условиях Среднего Поволжья / В. В. Глуховцев, Н. В. Дровальева // Зерновое хозяйство России. – 2012. – № 5. – С. 35–45.

4. Беркутова, Н. С. Методы оценки и формирование качества зерна / Н. С. Беркутова. – М. : Росагропромиздат, 1991. – 206 с.

5. Influence of production systems on return and risk from malting barley production in western Canada / E. G. Smith, T. K. Turkington, J. T. O'Donovan [et al.] // Canadian Journal of Plant Science. – 2016. – Vol. 96, № 3. – P. 339–346. DOI: https://doi.org/10.1139/cjps-2015-0129.

6. Горпинченко, Т. В. Качество ячменя для пивоварения / Т. В. Горпинченко, З. Ф. Аникаева // Пиво и напитки. – 2002. – № 1. – С. 18–22.

7. Nitrogen and planting date effects on low-protein spring barley / D. T. Weston, R. D. Horsley, P. B. Schwarz [et al.] // Agronomy Journal. – 1993. – Vol. 85, № 6. – P. 1170–1174. DOI: https://doi.org/10.2134/agronj1993.00021962008500060015x.

8. Edney, M. J. Amino acid levels in wort and their significance in developing malting barley varieties / M. J. Edney, W. G. Legge, B. G. Rossnagel // 18th North American barley researchers workshop and 4th Canadian barley Symposium. – Alberta, 2005. – P. 99–103.

9. Effects of barley endosperm texture, processing condition requirements and malt and beer quality / R. Leach, Y. Li, M. Edney [et al.] // MBAA TQ. – 2002. – Vol. 39, № 4. – P. 191–202.

10. Agu, R. C. Some relationships between malted barleys of different nitrogen levels and the wort properties / R. C. Agu // Journal of the Institute of Brewing. – 2003. – Vol. 109, № 2. – P. 106–109. DOI: https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2003.tb00137.x.

11. Briggs, D. E. Malt and malting / D. E. Briggs. – Springer, 1998. – 796 p.

12. Влияние сроков хранения ячменя на солодовенные качества зерна / М. Ф. Ростовская, Ю. Ю. Гладких, Ю.В. Приходько [и др.] // Пиво и напитки. – 2011. – № 3. – С. 50–52.

13. Hübner, F. Comparison of protein degradation as a consequence of germination time and temperature in rye and barley malts / F. Hübner, E. K. Arendt // Journal of the American Society of Brewing Chemists. – 2010. – Vol. 68, № 4. – P. 195–203. DOI: https://doi.org/10.1094/asbcj-2010-0923-01.

14. Emebiri, L. C. Breeding malting barley for consistently low grain protein to sustain production against predicted changes from global warming / L. C. Emebiri // Molecular Breeding. – 2015. – Vol. 35, № 18. DOI: https://doi.org/10.1007/s11032-015-0213-9.

15. Müller, C. An accelerated malting procedure–influences on malt quality and cost savings by reduced energy consumption and malting losses / C. Müller, F.-J. Methner // Journal of the Institute of Brewing. – 2015. – Vol. 121, № 2. – P. 181–192. DOI: https://doi.org/10.1002/jib.225.

16. Brudzynski, A. The oxalic acid content in selected barley varieties grown in Poland, as well as their malts and worts / A. Brudzynski, A. Salamon // Journal of the Institute of Brewing. – 2011. – Vol. 117, № 1. – P. 67–73. DOI: https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2011.tb00445.x.

17. Magliano, P. N. Protein content of grains of different size fractions in malting barley / P. N. Magliano, P. Prystupa, F. H. Gutiérrez-Boem // Journal of the Institute of Brewing. – 2014. – Vol. 120, № 4. – P. 347–352. DOI: https://doi.org/10.1002/jib.161.

18. Genotypic and environmental variation in barley beta-amylase activity and its relation to protein content / J. Wang, G. Zhang, J. Chen [et al.] // Food Chemistry. – 2003. – Vol. 83, № 2. – P. 163–165. DOI: https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00058-X.

19. Grain protein concentration and harvestable protein under future climate conditions. A study of 108 spring barley accessions / C. H. Ingvordsen, R. Gislum, J. R. Jørgensen [et al.] // Journal of Experimental Botany. – 2016. – Vol. 67, № 8. – P. 2151–2158. DOI: https://doi.org/10.1093/jxb/erw033.

20. Влияние абиотических факторов на урожайность и качество зерна ярового ячменя в степной зоне Приморского края / А. Г. Клыков, Л. М. Моисеенко, Г. А. Муругова [и др.] // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2014. – № 3. – С. 43–45.

21. Effect of different steeping conditions on endosperm modification and quality of distilling malt / J. H. Bryce, V. Goodfellow, R. C. Agu [et al.] // Journal of the Institute of Brewing. – 2010. – Vol. 116, № 2. – P. 125–133. DOI: https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2010.tb00408.x.

22. Influence of the malting parameters on the haze formation of beer after filtration / E. Steiner, E. K. Arendt, M. Gastl [et al.] // European Food Research and Technology. – 2011. – Vol. 233, № 4. – P. 587–597. DOI: https://doi.org/10.1007/s00217-011-1547-0.

23. Lekkas, C. Extraction of FAN from malting barley during malting and mashing / C. Lekkas, A. E. Hill, G. G. Stewart // Journal of the American Society of Brewing Chemists. – 2014. – Vol. 72, № 1. – P. 6–11. DOI: https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2014-0113-01.

24. The effect of barley adjuncts on free amino nitrogen contents in wort / M. Yano, H. Tsuda, T. Imai [et al.] // Journal of the Institute of Brewing. – 2008. – Vol. 114, № 3. – P. 230–238. DOI: https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2008.tb00333.x.

References

1. Nartsiss L. Tekhnologiya solodorashcheniya [Malting technology]. St. Petersburg: Professiya; 2007. 583 p. (In Russ.).

2. Luo H, Harasymow S, Paynter B, MacLeod A, Izydorczyk MS, O'Donovan JT, et al. Genetic and environmental impact on protein profiles in barley and malt. Journal of the Institute of Brewing. 2019;125(1):28–38. DOI: https://doi.org/10.1002/jib.532.

3. Glukhovtsev VV, Drovalieva NV. Qualitative composition of spring barley protein in the conditions of Middle Povolzhie. Grain Economy of Russia. 2012;(5):35–45. (In Russ.).

4. Berkutova NS. Metody otsenki i formirovanie kachestva zerna [Assessment methods and formation of grain quality]. Moscow: Rosagropromizdat; 1991. 206 p. (In Russ.).

5. Smith EG, Turkington TK, O'Donovan JT, Edney MJ, Juskiw PE, McKenzie RH, et al. Influence of production systems on return and risk from malting barley production in western Canada. Canadian Journal of Plant Science. 2016;96(3):339–346. DOI: https://doi.org/10.1139/cjps-2015-0129.

6. Gorpinchenko TV, Anikaeva ZF. Kachestvo yachmenya dlya pivovareniya [Malting barley quality]. Beer and beverages. 2002;(1):18–22. (In Russ.).

7. Weston DT, Horsley RD, Schwarz PB, Goos RJ. Nitrogen and planting date effects on low-protein spring barley. Agronomy Journal. 1993;85(6):1170–1174. DOI: https://doi.org/10.2134/agronj1993.00021962008500060015x.

8. Edney MJ, Legge WG, Rossnagel BG. Amino acid levels in word and their significance in developing malting barley varieties. 18th North American barley researchers workshop and 4th Canadian barley Symposium; 2005; Alberta. Alberta, 2005. p. 99–103.

9. Leach R, Li Y, Edney M, Izydorczyk M, Egi A, Sawatzky K. Effects of barley endosperm texture, processing condition requirements and malt and beer quality. MBAA TQ. 2002;39(4):191–202.

10. Agu RC. Some relationships between malted barleys of different nitrogen levels and the wort properties. Journal of the Institute of Brewing. 2003;109(2):106–109. DOI: https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2003.tb00137.x.

11. Briggs DE. Malt and malting. Springer; 1998. 796 p.

12. Rostovskaya MF, Gladkikh YY, Prihodko VV, Klykov AG. Influence of periods of storage of barley on солодовенные qualities of grain. Beer and beverages. 2011;(3):50–52. (In Russ.).

13. Hübner F, Arendt EK. Comparison of protein degradation as a consequence of germination time and temperature in rye and barley malts. Journal of the American Society of Brewing Chemists. 2010;68(4):195–203. DOI: https://doi.org/10.1094/asbcj-2010-0923-01.

14. Emebiri LC. Breeding malting barley for consistently low grain protein to sustain production against predicted changes from global warming. Molecular Breeding. 2015;35(18). DOI: https://doi.org/10.1007/s11032-015-0213-9.

15. Müller C, Methner F-J. An accelerated malting procedure–influences on malt quality and cost savings by reduced energy consumption and malting losses. Journal of the Institute of Brewing. 2015;121(2):181–192. DOI: https://doi.org/10.1002/jib.225.

16. Brudzynski A, Salamon A. The oxalic acid content in selected barley varieties grown in Poland, as well as their malts and worts. Journal of the Institute of Brewing. 2011;117(1):67–73. DOI: https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2011.tb00445.x.

17. Magliano PN, Prystupa P, Gutiérrez-Boem FH. Protein content of grains of different size fractions in malting barley. Journal of the Institute of Brewing. 2014;120(4):347–352. DOI: https://doi.org/10.1002/jib.161.

18. Wang J, Zhang G, Chen J, Shen Q, Wu F. Genotypic and environmental variation in barley beta-amylase activity and its relation to protein content. Food Chemistry. 2003;83(2):163–165. DOI: https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00058-X.

19. Ingvordsen CH, Gislum R, Jørgensen JR, Mikkelsen TN, Stockmarr A, Jørgensen RB. Grain protein concentration and harvestable protein under future climate conditions. A study of 108 spring barley accessions. Journal of Experimental Botany. 2016;67(8):2151–2158. DOI: https://doi.org/10.1093/jxb/erw033.

20. Klykov AG, Moiseenko LM, Murugova GA, Rostovskaya MF, Boyarova MD. Influence of abiotic factors on cropping power and quality of spring barley grain in steppe zone of Primorskij krai. Vestnik of the Russian agricultural sciences. 2014;(3):43–45. (In Russ.).

21. Bryce JH, Goodfellow V, Agu RC, Brosnan JM, Bringhurst TA, Jack FR. Effect of different steeping conditions on endosperm modification and quality of distilling malt. Journal of the Institute of Brewing. 2010;116(2):125–133. DOI: https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2010.tb00408.x.

22. Steiner E, Arendt EK, Gastl M, Becker T. Influence of the malting parameters on the haze formation of beer after filtration. European Food Research and Technology. 2011;233(4):587–597. DOI: https://doi.org/10.1007/s00217-011-1547-0.

23. Lekkas C, Hill AE, Stewart GG. Extraction of FAN from malting barley during malting and mashing. Journal of the American Society of Brewing Chemists. 2014;72(1):6–11. DOI: https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2014-0113-01.

24. Yano M, Tsuda H, Imai T, Ogawa Y, Ohkochi M. The effect of barley adjuncts on free amino nitrogen contents in wort. Journal of the Institute of Brewing. 2008;114(3):230–238. DOI: https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2008.tb00333.x.

Сведения об авторах

Ростовская Марина Феликсовна
канд. хим. наук, доцент, доцент департамента пищевых наук и технологий Школы биомедицины, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», 690950, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, тел.: +7 (924) 241-93-60, e-mail: rost-mf@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-7581-9956

Боярова Маргарита Дмитриевна
канд. био. наук, доцент, доцент департамента пищевых наук и технологий Школы биомедицины, ФГАОУ ВО «Даль-невосточный федеральный университет», 690950, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, тел.: +7 (902) 056-97-05, e-mail: boyarova.m@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-0496-7000

Information about the authors

Marina F. Rostovskaya
Cand.Sci.(Chem.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Sciences and Technologies of the School of Biomedicine, Far Eastern Federal University, 8, Sukhanova Str., Vladivostok, 690090, Russia, phone: +7 (924) 241-93-60, e-mail: rost-mf@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-7581-9956

Margarita D. Boyarova
Cand.Sci.(Bio.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Sciences and Technologies of the School of Biomedicine, Far Eastern Federal University, 8, Sukhanova Str., Vladivostok, 690090, Russia, phone: +7 (902) 056-97-05, e-mail: boyarova.m@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-0496-7000

Клыков Алексей Григорьевич
д-р био. наук, заведующий отделом селекции и биотехнологии сельскохозяйственных культур, ФГБНУ Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки», 692539, Россия, п. Тимирязевский, ул. Воложенина,30, тел.: +7 (4234) 39-24-00, e-mail: alex.klykov@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-2390-3486

Alexey G. Klykov
Dr.Sci.(Bio.), Head of the Department of Selection and Biotechnology of Agricultural Crops, A.K. Chaika Federal Scientific Center of agrobiotechnology in the Far East, 30, Volozhenina Str., Timiryazevsky, 692539, Russia, phone: +7 (4234) 39-24-00, e-mail: alex.klykov@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-2390-3486