

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУЧЕНИЯ СУСЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОВСА ГОЛОЗЕРНОГО ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛИСОЛОДОВЫХ ЭКСТРАКТОВ

М. Л. Микулинич, П. В. Болотова

Могилевский государственный университет продовольствия, Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ

Введение. Многоцелевым ингредиентом для белорусского рынка, обладающим богатым биохимическим составом, является полисолодовый экстракт. Существующие технологии получения полисолодовых экстрактов не затрагивают изучения технологических параметров на стадии затирания с учетом применения в его составе овса голозерного и зернового сырья белорусской селекции. Научная задача – оценить технологические свойства полисолодового сусла с использованием овса голозерного и установить оптимальные температурные режимы и продолжительность затирания при производстве экстракта для повышения потребительских свойств и технологичности процесса.

Материалы и методы. Полисолодовое сусло на основе ячменного, овсяного и тритикалевого солода и солодовое сусло, полученное из овсяного солода. В качестве исходного сырья использовали зерновые культуры белорусской селекции: ячмень сорта Фэст, овес голозерный сорта Гоша, тритикале сорта Эра. Подготовку и проведение испытаний осуществляли стандартными физико-химическими и химическими методами анализа. Оптимизацию параметров при получении полисолодового сусла осуществляли методами регрессионного анализа и весовых коэффициентов.

Результаты. Установлены зависимости физико-химических показателей овсяно-солодового и полисолодового сусла от температуры и продолжительности затирания, которые можно использовать для оперативного управления процессом затирания. С помощью обобщенного показателя в форме полинома третьей степени подобраны оптимальные технологические параметры на стадии затирания полисолодового сусла, которые позволили увеличить в сусле содержание сухих веществ на 11,2 %, мальтозы – на 19,1 %, белка – на 6,7 % и скорость фильтрации – на 13,0 %.

Выводы. Максимальное содержание сухих веществ – $13,9 \pm 0,2$ %, мальтозы – $10,6 \text{ г/100 см}^3$, белка – 1,12 %, в полисолодовом сусле достигнуто при выдержках на стадии затирания белковой паузы при температуре $(44 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 50 минут, при $(53 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 40 минут и на стадии осахаривания при $(63 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 60 минут.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: овсяно-солодовое сусло; полисолодовое сусло; технологические свойства; параметры затирания; оптимизация процесса.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Микулинич, М. Л. Оптимизация технологических параметров получения сусла с использованием овса голозерного при производстве полисолодовых экстрактов / М. Л. Микулинич, П. В. Болотова // Вестник МГУП. – 2020. – № 2(29). – С. 44–55.

OPTIMIZATION OF PROCESS PARAMETERS OF WORT PRODUCTION USING HULLLESS OATS IN POLYMALT EXTRACTS TECHNOLOGY

M. L. Mikulinich, P.V. Bolotova

Mogilev State University of Food Technologies, Republic of Belarus

ABSTRACT

Introduction. Polymalt extract having excellent biochemical composition is a multi-purpose ingredient for the Belarusian market. Current polymalt extract technologies are not concerned with the study of technological parameters at the mashing stage, taking into account the use of hulless oats and grain raw materials of Belarusian selection in its composition. The scientific task of the study is to evaluate the technological properties of polymalt wort using hulless oats and establish optimal temperature conditions and the duration of mashing in the production of extract to increase the consumer properties and technological efficiency of the process.

Materials and methods. Polymalt wort based on barley, oats and triticale malt and malt wort obtained from oat malt. Grain crops of Belarusian selection were used as raw materials: barley variety Fest, hulless oats va-

riety Gosha, triticale variety Era. Standard physicochemical and chemical methods of analysis were used to prepare and conduct the studies. Optimization of parameters in obtaining polymalt wort was carried out by the methods of regression analysis and weight coefficients.

Results. Dependencies of physicochemical indices of oat-malt and polymalt wort on temperature and on duration of mashing have been determined. They can be used for operating control of mashing process. Using a generalized index in the form of a third degree polynomial there were determined optimal technological parameters at the stage of polymalt wort mashing, which made it possible to increase dry substances content in the wort by 11,2 %, maltose by 19,1 %, protein by 6,7 % and filtration rate by 13,0 %.

Conclusions. The maximum content of dry substances as high as $13,9 \pm 0,2$ %, maltose as high as $10,6 \text{ g}/100 \text{ cm}^3$, protein as high as 1,12 % in polymalt wort was achieved when holding peptonizing rest at the mashing stage at a temperature of $(44 \pm 1)^\circ\text{C}$ for 50 minutes, at $(53 \pm 1)^\circ\text{C}$ for 40 minutes and at the saccharification stage at $(63 \pm 1)^\circ\text{C}$ for 60 minutes.

KEY WORDS: *oat-malt wort; polymalt wort; technological properties; mashing parameters; process optimization.*

FOR CITATION: Mikulinich, M. L., Bolotova P. V. Optimization of technological parameters of wort production using hullless oats in the production of polymalt extracts. Bulletin of Mogilev State University of Food Technologies. – 2020. – No. 2(29). – P. 44–55 (in Russian).

ВВЕДЕНИЕ

Комплексная и рациональная переработка растительного сырья с получением продуктов с заданными свойствами является актуальным направлением пищевой отрасли. Вместе с тем особое внимание учеными и специалистами уделяется созданию продуктов и пищевых ингредиентов здорового питания, которые обладают полезными свойствами, снижают риск развития различных заболеваний и восполняют в организме баланс питательных веществ [1–3]. К таким ингредиентам можно отнести полисолодовый экстракт, который обеспечивает поступление в организм функциональных макро- и микронутриентов и имеет весьма широкую область применения [4–6].

Технология производства полисолодовых экстрактов достаточно сложна в связи с тем, что предполагает протекание многих физико-химических, биохимических и других процессов, обуславливающих качественные показатели готового продукта.

Важным этапом при производстве полисолодового экстракта является процесс получения полисолодового суслу. Следует отметить, что на технологичность данного процесса существенно влияет температура и продолжительность затираания солодов. Правильно подобранные температурные режимы обеспечивают более полное извлечение составных веществ солода, тем самым уменьшается продолжительность осахаривания, продолжительность фильтрования, увеличивается выход и качественный состав суслу.

Технологическими аспектами получения полисолодового суслу занимались Домарецкий В. А., Емельянова Н. А., Новикова И. В., Востриков С. В., Коротких Е. А. и др. [7–12]. В основе режимов затираания солода классическая схема, принятая в солодовенной промышленности. Однако в зависимости от индивидуальных особенностей применяемого соложенного сырья и их комбинированного состава, режимы и способы затираания отличаются.

Исследованиями получения полисолодового экстракта с заданными потребительскими свойствами занимаются ученые учреждения высшего образования «Могилевский государственный университет продовольствия» [13]. В составе смеси экстрактов используется ячменный, тритикалевый солода и солод, полученный из овса голозерного, который ранее не применялся для производства полисолодовых экстрактов.

Зерно овса голозерного имеет богатый биохимический состав [14], тритикале содержит значительное количество витаминов и минеральных веществ [15], ячмень – большое количество витаминов группы В и антоцианогенов [16–17]. Использование в составе экстрактов трех солодов позволяет получить продукт с высокими качественными показателями [18]. В то же время необходимо учитывать и ферментативную активность солодов [19–21]: солод

из овса голозерного имеет высокую продолжительность осахаривания из-за недостатка ферментов α - и β -амилазы, но в его составе в отличие от других солодов присутствует предельная декстриназа; ячменный солод содержит значительное количество α - и β -амилаз и цитолитических групп ферментов; тритикалевый – амилолитических групп ферментов и протеазы, что в комплексе способствует более глубокому гидролизу белков, крахмала и др. веществ солода при затирании.

Анализ литературных источников показал, что для ячменного и тритикалевого солода оптимальные диапазоны температур для действия ферментов известны [22–26]; для овсяного солода, полученного из овса голозерного, данные не однозначны и зависят от его дальнейшего применения [27–28].

Приведенные данные свидетельствуют о том, что существующие технологии получения полисолодовых экстрактов, в том числе ранее проведенные исследования авторов [18, 29–30], не затрагивают изучения технологических параметров на стадии затирания с учетом применения в его составе овса голозерного и зернового сырья белорусской селекции.

Целью работы является развитие технологии полисолодовых экстрактов из солодов зернового сырья, позволяющей повысить эффективность использования отечественного зернового сырья и обеспечить население качественным продуктом с заданными потребительскими свойствами.

Научная задача – оценить технологические свойства полисолодового сусла с использованием овса голозерного и установить оптимальные температурные режимы и продолжительность затирания при производстве экстракта для повышения потребительских свойств и технологичности процесса.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследований – оптимизация процесса получения сусла с использованием овса голозерного.

Предмет исследований – взаимосвязь качественных показателей солодового и полисолодового сусел с технологическими параметрами на стадии затирания.

Объектом экспериментальных исследований служили образцы полисолодового сусла на основе ячменного, овсяного, тритикалевого солода и солодового сусла, полученное из овсяного солода. Сусло готовили из свежесушенного солода, полученных в лабораторных условиях. В качестве исходного сырья использовали зерновые культуры белорусской селекции: ячмень сорта Фэст, овес голозерный сорта Гоша, тритикале сорта Эра.

Измельчение солода осуществляли с помощью лабораторной мельницы ЛМ 202. Полученное дробленое соложеное сырье разделяли на фракции методом просеивания через тканые из стальной проволоки сита в течение 5 мин при встряхивании с частотой 300 колебаний в минуту. Для разделения помола солода использовали 3 сита с диаметром отверстий: 1-е – 2,2 мм; 2-е – 1,0 мм, 3-е – 0,56 мм. Остаток на сите с диаметром отверстий 2,2 мм относили к крупной крупке, остаток на сите с диаметром отверстий 1,0 мм – средней крупке, остаток на сите с диаметром отверстий 0,56 мм – мелкой крупке, остаток с сита с диаметром отверстий 0,56 мм – муке.

Приготовление солодового и полисолодового сусел осуществляли настольным способом при гидромодуле 1:5. При затирании зернопродуктов использовали следующий фракционный состав помола голозерного сырья: крупная крупка – 10 %, средняя крупка – 30 %, мелкая крупка – 30 %, мука – 30 % (при затирании овсяного солода) [29] и крупная крупка – 15 %, средняя крупка – 15 %, мелкая крупка – 40 %, мука – 30 % (при совместном затирании трех солодов) [30].

Подготовку и проведение испытаний осуществляли стандартными физико-химическими и химическими методами анализа, принятыми в теххимическом контроле солодовенной и пивоваренной отрасли [31–32].

Содержание сухих веществ определяли рефрактометрическим методом с помощью прибора ИРФ-454 Б2М, содержание мальтозы – с помощью метода Бертрана, белка – методом Къельдаля с помощью автоматической установки Kejeltec 2000, аминного азота – медным способом.

Скорость фильтрования лабораторного сусла определяли по объему сусла, прошедшего через фильтр за 60 мин, продолжительность осахаривания – по йодной пробе, общую (титруемую) кислотность лабораторного сусла – титриметрическим методом (титрованием 0,1 моль/дм³ раствором гидроксида натрия).

Эксперимент проводили в 2 этапа: на первом этапе изучали технологические параметры для овсяного сусла, на втором этапе – для полисолодового сусла. Значение температуры и продолжительности затиранья выбирали на основании изученных в ходе анализа технологических режимов для овсяного солода, полученного из овса голозерного, и анализа литературных источников [7–8, 22–26]. Постоянными технологическими режимами были для кислотной паузы (37 °С, 30 мин), стадии осахаривания при температуре 72 °С (не более 30 мин) и мешаут паузы (78 °С, 60 мин). Варьировали значения продолжительности и температуры затиранья для белковой паузы (40–45 °С, 50–55 °С в течение 60 мин) и на стадии осахаривания (62–65 °С в течение 60 мин).

Затиранье солода осуществляли следующим образом:

Шаг 1: кислотная пауза – 37 °С в течение 30 мин; белковая пауза – 40 °С и 45 °С в течение 60 мин. Определение оптимальной температуры и продолжительности затиранья.

Шаг 2: кислотная пауза – 37 °С в течение 30 мин; белковая пауза – 4X °С в течение XX мин, 50 °С и 55 °С в течение 60 мин. Определение оптимальной температуры и продолжительности затиранья.

Шаг 3: кислотная пауза – 37 °С в течение 30 мин; белковая пауза – 4X °С в течение XX мин, 5Y °С в течение YY мин; стадия осахаривания – 62 °С и 65 °С в течение 60 мин. Определение оптимальной температуры и продолжительности затиранья.

Шаг 4: кислотная пауза – 37 °С в течение 30 мин; белковая пауза – 4X °С в течение XX мин, 5Y °С в течение YY мин; стадия осахаривания – 6Z °С в течение ZZ мин, 72 °С не более 30 мин; мешаут пауза – 78 °С в течение 60 мин.

Отбор проб для определения физико-химических показателей овсяного и полисолодового сусел осуществляли каждые 20 мин для белковой паузы и на стадии осахаривания.

Для решения задачи оптимизации параметров при получении полисолодового сусла применяли методы регрессионного анализа и весовых коэффициентов [33]. Для определения обобщенного показателя приводили все показатели к единому масштабу и безразмерному виду. Преобразование показателей к единому масштабу осуществляли по формуле

$$\tilde{Y}_{\tau n} = \frac{|y_{\tau n} - y_n^*|}{y_n^*}, \quad (1)$$

где $\tilde{Y}_{\tau n}$ – преобразованное значение n-го показателя при τ -минутах;

$y_{\tau n}$ – значение n-го показателя при τ -минутах;

y_n^* – контрольное значение n-го показателя при τ -минутах

Единый критерий оптимальности рассчитывали по формуле

$$Y_{\tau} = \sum_{n=1}^4 a_n \tilde{Y}_{\tau n}, \quad (2)$$

где Y_{τ} – критерий оптимальности при τ -минутах;

a_n – коэффициент весомости, равный для каждого показателя 0,25.

Аналитические определения для каждой пробы выполнены в 3-кратной повторяемости. Обработку экспериментальных данных осуществляли методами математической статистики с использованием стандартных компьютерных программ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучено влияние температуры и продолжительности затирания овсяного солода, полученного из овса голозерного, на физико-химические показатели сусла для белковой паузы и на стадии осахаривания. Результаты представлены на рис. 1.

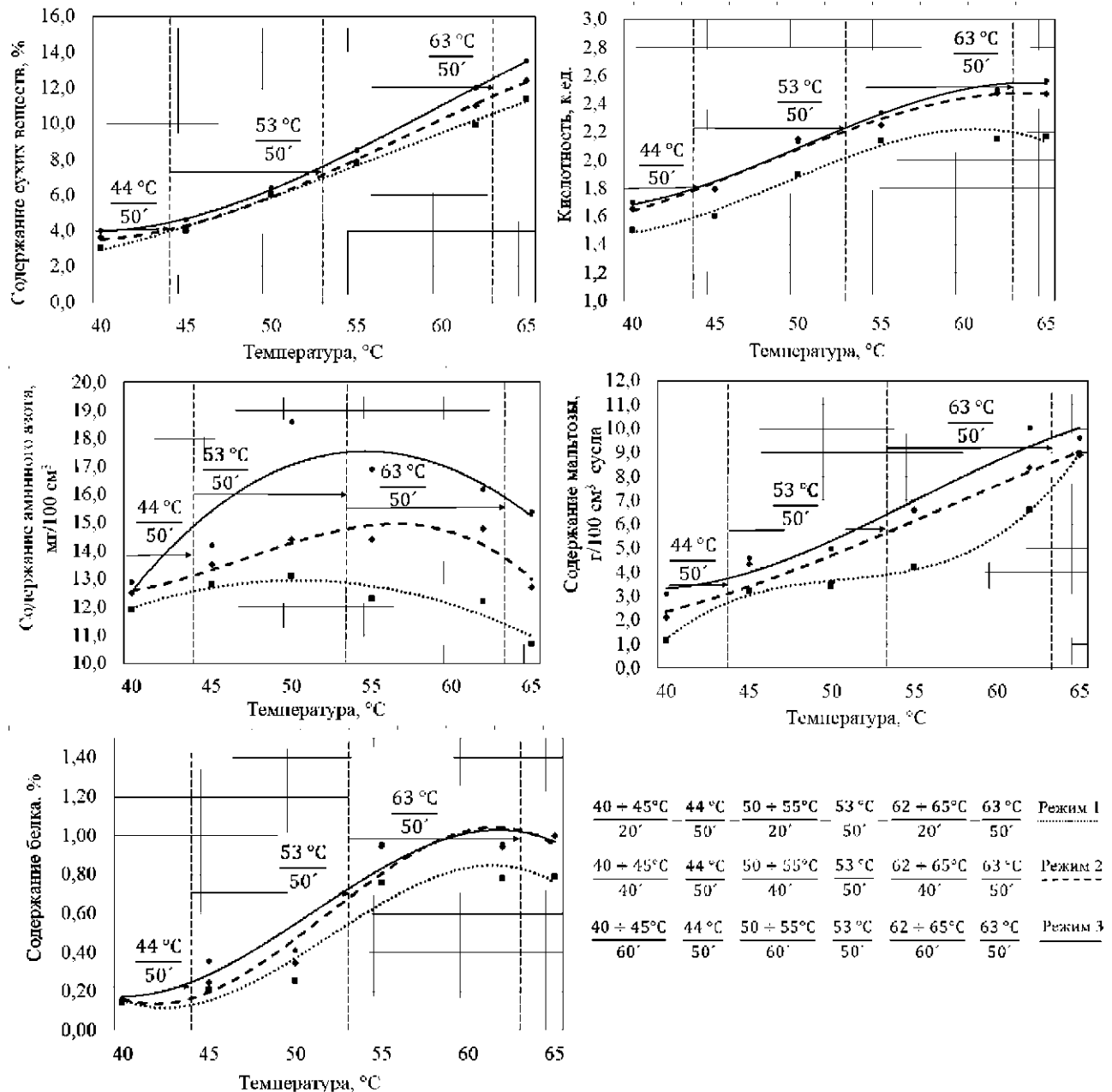


Рис.1. Влияние технологических режимов затирания на физико-химические показатели овсяного сусла

Fig. 1. Influence of technological modes of mashing on physico-chemical parameters of oat wort

Анализируя результаты, представленные на рис. 1, отмечено, что увеличение температуры и продолжительности затирания увеличивало кислотность, содержание сухих веществ, белка

в течение всего процесса и максимум значений наблюдался при температуре 65 °С и продолжительности затирания 60 мин и составило 2,6 к. ед., 13,5 %, 0,99 % соответственно.

Увеличение технологических параметров способствовало увеличению содержания аминного азота до достижения температуры 50 °С и максимум значений наблюдался при продолжительности затирания 60 мин и составил 18,6 мг/100 см³ овсяного суслу, однако после 50 °С содержание аминного азота уменьшалось, что возможно связано с действием протеолитических ферментов и значением рН. Максимум значения содержания мальтозы наблюдалось при температуре 62 °С и продолжительности затирания 60 мин и составило 10,1 г/100 см³ овсяного суслу. Полученные в исследовании результаты согласуются с данными авторов [8, 23].

Обработка экспериментальных данных позволила получить уравнения, устанавливающие зависимости кислотности, содержания сухих веществ, мальтозы, аминного азота, белка от температуры и продолжительности затирания, в виде:

$$y = k_0 \times x^3 + k_1 \times x^2 + k_2 \times x + b, \quad (3)$$

где $y \in \{y_1, y_2, y_3, y_4, y_5\}$; y_1 – содержание сухих веществ, %; y_2 – содержание аминного азота, мг/100 см³ суслу; y_3 – содержание мальтозы, г/100 см³ суслу; y_4 – содержание белка, %; y_5 – кислотность, к. ед.; k_0, k_1, k_2 – коэффициенты уравнения; x – продолжительность затирания, минут; b – свободный член.

Значения коэффициентов для уравнения (3) представлены в табл. 1 и находятся в пределах от 0,97 до 0,99, что свидетельствует о высокой степени согласия уравнения регрессии с фактическими величинами.

Табл. 1. Значения коэффициентов уравнения (3) при разных режимах затирания

Table 1. Coefficients of equation (3) at different modes of mashing

Показатель качества	Значения коэффициентов уравнений											
	Режим 1				Режим 2				Режим 3			
	k_0	k_1	k_2	b	k_0	k_1	k_2	b	k_0	k_1	k_2	b
y_1	-0,0602	0,6837	-0,5132	2,8667	-0,1093	1,3008	-2,6328	5,0333	-0,1176	1,4365	-3,0888	5,8333
y_2	0,0130	-0,379	1,8652	10,43	-0,0750	0,475	-0,0500	12,20	0,0491	-1,067	5,8981	7,63
y_3	0,1125	-1,0004	3,7271	-1,550	-0,0600	0,6600	-0,7071	2,520	-0,1121	1,225	-2,4500	4,727
y_4	-0,0258	0,2637	-0,6136	0,5313	-0,0284	0,2879	-0,6320	0,5355	-0,0202	0,1952	-0,3338	0,3350
y_5	-0,0138	0,1161	-0,0887	1,470	-0,0101	0,0839	0,0154	1,550	-0,0129	0,1207	-0,1157	1,695

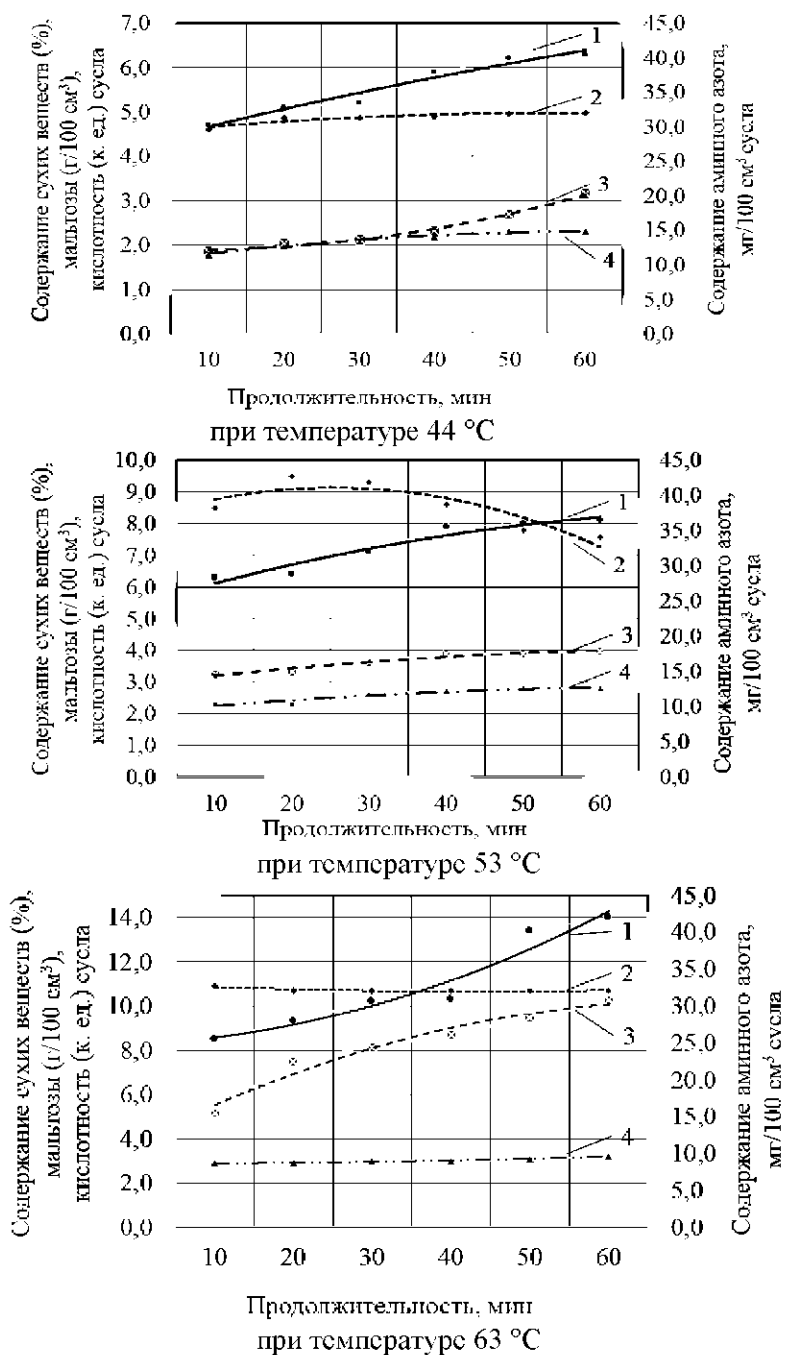
Полученные уравнения могут быть использованы для определения физико-химических показателей в процессе получения овсяно-солодового суслу расчетным путем.

Учитывая результаты первого опыта, можно рекомендовать следующие технологические режимы на стадии затирания овсяного солода, температурные режимы которого положены в основу при совместном затирании солодов: кислотная пауза – 37 °С в течение 30 мин; белковая пауза – 44 °С в течение 50 мин, 53 °С в течение 50 мин; стадия осахаривания – 63 °С в течение 50 мин, 72 °С не более 30 мин; мешаут пауза – 78 °С в течение 60 мин.

Результаты качественных показателей овсяно-солодового суслу в соответствии с выбранными технологическими режимами показали, что продолжительность осахаривания находится в допустимом диапазоне 25–28 мин, содержание сухих веществ составило 12,2 %, мальтозы – 9,2 г/100 см³ суслу, белка – 0,95 %, аминного азота – 15,2 мг/100 см³ суслу; кислотность – 2,5 к. ед. Отмечено, что солодовое суслу, полученное из овса голозерного, имеет низкую скорость фильтрации, что согласуется с данными [27] и связано с низкой температурой клейстеризации крахмала овса, а также содержанием в составе значительного количества β -глюкана. Поэтому овсяный солод рекомендуется затирать в составе солодов, а при получении овсяно-солодового суслу использовать ферментативные препараты.

На следующем этапе изучено влияние продолжительности совместного затирания солодов при получении полисолодового сусла для белковой паузы – 44 °С в течение 60 мин, 53 °С в течение 60 мин, и на стадии осахаривания – 63 °С в течение 60 мин, на физико-химические показатели сусла. Выдержка кислотной и мешаут пауз аналогичны как для овсяного солодового сусла – 37 °С в течение 30 мин, 78 °С в течение 60 мин.

Результаты по изучению влияния технологических режимов затирания солодов на физико-химические показатели ячменно-тритикалево-овсяного полисолодового сусла представлены на рис. 2.



1 – сухие вещества, 2 – аминный азот, 3 – мальтоза, 4 – кислотность

Рис. 2. Влияние температуры и продолжительности затирания на физико-химические показатели полисолодового сусла

Fig. 2. Influence of temperature and duration of mashing on physico-chemical indicators of polymalt wort

Анализируя результаты, представленные на рис. 2, отмечено следующее:

– при увеличении температуры с 44 до 63 °С и продолжительности затирания с 10 до 60 мин кислотность, содержание сухих веществ, мальтозы и аминного азота увеличивалось в 1,8; 2,9; 5,4; 1,1 раза соответственно; наибольшие изменения в содержании аминного азота происходили при температуре 53 °С и максимум значения наблюдалось при продолжительности затирания 20 минут и составило 44,7 мг/100 см³ суслу, при этом после 20 мин затирания содержание аминного азота уменьшилось и к концу процесса составило 32,0 мг/100 см³ суслу, что, возможно, связано с частичной инактивацией протеолитических ферментов;

– наибольшие изменения кислотности происходили при температуре 44 °С и к концу процесса значение увеличилось в 1,3 раза;

– наибольшие изменения в содержании мальтозы происходили при температуре 63 °С и к концу процесса составило 10,3 г/100 см³ суслу, что объясняется оптимальной температурой для действия амилолитических ферментов, в частности β-амилазы.

Обработка экспериментальных данных позволила получить уравнения, устанавливающие зависимости кислотности, содержания сухих веществ, мальтозы, аминного азота от температуры и продолжительности затирания, в виде

$$y = k_0 \times x^2 + k_1 \times x + b, \quad (4)$$

где $y \in \{y_1, y_2, y_3, y_4\}$ y_1 – содержание сухих веществ, %; y_2 – содержание аминного азота, мг/100 см³ суслу; y_3 – содержание мальтозы, г/100 см³ суслу; y_4 – кислотность, к. ед.; k_0, k_1 – коэффициенты уравнения; x – продолжительность затирания, мин; b – свободный член.

Значения коэффициентов для уравнения (4) представлены в табл. 2 и находятся в пределах от 0,92 до 0,99, что свидетельствует о высокой степени согласия уравнения регрессии с фактическими величинами.

Табл. 2. Значения коэффициентов уравнения (4) при разных температурных режимах затирания

Table 2. Coefficients of equation (4) at different temperature modes of mashing

Показатель качества	Значение коэффициентов уравнений								
	При температуре 44 °С			При температуре 53 °С			При температуре 63 °С		
	k_0	k_1	b	k_0	k_1	b	k_0	k_1	b
y_1	-0,0125	0,4304	4,25	-0,0429	0,7171	5,44	0,1393	0,1650	8,26
y_2	-0,1024	1,1088	28,9	-0,6988	3,546	36,6	0,0584	-0,5022	33,0
y_3	0,0446	-0,0665	1,92	-0,0198	0,3003	2,97	-0,1257	1,7890	3,85
y_4	-0,0179	0,225	1,60	-0,0143	0,2171	2,04	0,0089	-0,0025	2,89

Полученные уравнения могут быть использованы для определения содержания сухих веществ, мальтозы, аминного азота и кислотности расчетным путем и прогнозирования физико-химических показателей в процессе получения полисолодового суслу.

Применяя метод регрессионного анализа, получили обобщенный показатель в форме полинома третьей степени для различных технологических параметров затирания, позволяющий определить минимум функций (Y) (процесс затирания считается законченным при достижении обобщенным показателем минимального значения):

$$Y_1 = 0,0058 \times x^3 - 0,0536 \times x^2 + 0,0994 \times x + 0,1225 \quad (R^2=0,99), \quad (5)$$

$$Y_2 = -0,0035 \times x^3 + 0,043 \times x^2 - 0,172 \times x + 0,2744 \quad (R^2=0,99), \quad (6)$$

$$Y_3 = 0,0015 \times x^3 - 0,0181 \times x^2 + 0,0191 \times x + 0,1702 \quad (R^2=0,98), \quad (7)$$

где Y_1 – обобщенный показатель качества при температуре затирания 44 °С;
 Y_2 – обобщенный показатель качества при температуре затирания 53 °С;
 Y_3 – обобщенный показатель качества при температуре затирания 63 °С;
 x – продолжительность затирания солодов.

В результате обработки уравнений определен оптимальный технологический режим затирания для полисолодового сусла, представленного на рис. 3, отличающийся от существующего белковой паузой, стадией осахаривания и продолжительностью выдержки.



Рис. 3. Технологический режим затирания полисолодового сусла с использованием овса голозерного

Fig. 3. Technological modes of mashing of polymalt wort using hulless oats

Результаты качественных показателей ячменно-тритикалево-овсяного полисолодового сусла в соответствии с выбранными технологическими режимами по сравнению с контролем приведены в табл. 3. В качестве контроля использовали образец ячменно-тритикалево-овсяного полисолодового сусла, полученного автором [30] по технологическим режимам, предлагаемым Домарецким В. А. [7].

Табл. 3. Физико-химические показатели полисолодового сусла в соответствии с выбранными технологическими режимами

Table 3. Physico-chemical parameters of polymalt wort in accordance with the selected technological modes

Показатели качества	Ячменно-тритикалево-овсяное полисолодовое сусло	Контроль
Продолжительность осахаривания, мин	5±2	5–6
Скорость фильтрации, см ³ /ч	260±10	230
Массовая доля сухих веществ, %	13,9±0,2	12,5
Аминный азот, мг/100 см ³ сусла	37,1±1,3	38,0
Мальтоза, г/100 см ³ сусла	10,6±0,1	8,9
Белок, %	1,12±0,02	1,05

Анализ экспериментальных данных, представленных в табл. 3, показал, что подобранные в ходе исследований технологические режимы затирания позволяют увеличить по сравнению с контролем массовую долю сухих веществ на 11,2 %, скорость фильтрации – на 13,0 %, содержание мальтозы – на 19,1 % и белка – на 6,7 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследованы физико-химические показатели овсяно-солодового и ячменно-тритикалево-овсяного полисолодового сусел в зависимости от температуры и продолжительности затирания. Определены зависимости содержания сухих веществ, мальтозы, аминного азота, белка и кислотности от температуры и продолжительности затирания, которые описаны полиномиальными уравнениями второй и третьей степени. Подобраны оптимальные температуры и продолжительность затирания при получении овсяно-солодового и полисолодового сусел. Рекомендовано для производства полисолодового экстракта на основе ячменя, овса голозерного и тритикале осуществлять затирание при следующих режимах: кислотная пауза – $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 30 мин; белковая пауза – $(44 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 50 мин, $(53 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 40 мин; стадия осахаривания – $(63 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 60 мин, $(72 \pm 1)^\circ\text{C}$ не более 30 мин; мешаут пауза – $(78 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 60 мин. Качественные показатели полисолодового сусла при этом характеризуются высокими технологическими свойствами (продолжительность осахаривания – 5 мин, содержание сухих веществ – 13,9 %, мальтозы – $10,6 \text{ г/100 см}^3$ сусла, белка – 1,12 %, аминного азота – $37,1 \text{ мг/100 см}^3$ сусла).

Исследования, описанные в данной работе, были проведены в рамках студенческого гранта по заданию № 20180821 совместно с Министерством образования Республики Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Наука, питания и здоровье: сб. науч. трудов по материалам II Междунар. конгресса, Минск, 3–4 октября 2019 г. / Национальная академия наук Беларуси, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»; редкол.: З. В. Ловкис [и др.]. – Минск: УП «ИВЦ Минфина», 2019. – 604 с.
- 2 De, L. C. Healthy food for healthy life / L. C. De, Tulipa De // J. of Global Biosciences. – 2019. – Vol. 8(9). – P. 6453–6468.
- 3 Иванченко, О. Б. Продукты здорового питания – основа инноваций в питании населения / О. Б. Иванченко, Т. В. Проскурикова // Инновационные технологии в сервисе: сб. материалов IV Междунар. науч.-практ. конференции, Санкт-Петербург, 18–19 декабря, 2014 г./Санкт-Петербургский государственный торгово-экономический университет. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский гос. торгово-эконом. ун-т, 2014. – С. 341–343.
- 4 Мусина, О. Н. Новый продукт здорового питания – мягкий сыр с полисолодовым экстрактом / О. Н. Мусина // Современное состояние, перспективы развития молочного животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы междунар. науч.-практ. конф., Омск, 7–8 апреля 2016 г. / Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина. Институт международного образования. – Омск: Изд-во «ЛИТЕРА». – 2016. – С. 314–316.
- 5 Новикова, И. В. Перспективы применения солодовых и полисолодовых экстрактов для проектирования напитков / И. В. Новикова, Е. А. Коротких, Г. Ф. Агафонов // Наука, образование и производство: сб. материалов Междунар. науч.-техн. конференции (заочная), Воронеж, 3–4 декабря 2013 г.: Инновационные технологии в пищевой промышленности / Воронежский государственный университет инженерных технологий – Воронеж: ВГУИТ, 2013. – С. 374–377.
- 6 Микулинч, П. В. Расширение ассортимента напитков и продуктов переработки злаковых культур с использованием полисолодовых экстрактов / П. В. Микулинч, С. Л. Масанский, М. Л. Микулинч // Инновационные технологии в пищевой промышленности: материалы XVII Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 4–5 октября 2018 г. / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»; редкол.: З.В. Ловкиса [и др.]. – Минск, 2018. – С. 27–29.
- 7 Домарецкий, В. А. Технология экстрактов, концентратов и напитков из растительного сырья: учеб. пособие / В. А. Домарецкий. – М.: ФОРУМ, 2011. – 448 с.
- 8 Емельянова, Н. А. Затирание зернопродуктов в производстве полисолодовых экстрактов / Н. А. Емельянова, А. В. Данилевская, В. Н. Кошечая, Л. В. Диченко // Техника и технология. – № 3, 1989. – С. 56–57.
- 9 Антипова, Л. В. Обоснование характеристик порошкообразных солодовых и полисолодовых экстрактов как ингредиентов функциональных продуктов / Л. В. Антипова [и др.] // Стандартизация, управление качеством и обеспечение информационной безопасности в перерабатывающих отраслях АПК и машиностроении: материалы междунар. науч.-техн. конф. / Воронеж гос. ун-т инж. технол. – Воронеж: ВГУИТ, 2015. – С. 201–203.
- 10 Коротких, Е. А. Способ получения полисолодового экстракта / Е. А. Коротких, А. Е. Чусова, И. В. Новикова, Ю. Э. Астафьева // Пиво и напитки. – 2014. – № 1. – С. 8–10.
- 11 Востриков, С. В. Порошкообразный полисолодовый экстракт / С. В. Востриков, Е. А. Коротких, И. В. Новикова // Пиво и напитки. – 2011. – № 2. – С. 14–15.
- 12 Лохматова, А. А. Получение полисолодового экстракта на основе ячменных и пшеничного солодов /

- А. А. Лохматова, Е. П. Камская // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: материалы XIX Междунар. науч.-практ. конф., 22–23 марта 2018 г.: 3 ч. / Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2018 – Ч. 2 – С. 132–136.
- 13 Исследование и разработка научных основ технологии получения полисолодовых экстрактов с заданными вкусоароматическими свойствами: отчет о НИР (заключительный) / Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия»; рук. С. Л. Масанский. – Могилев, 2018. – 163 с. – № ГР 20162700.
- 14 Касьянова, Л. А. Переработка овса голозерного в муку и крупяные продукты / Л. А. Касьянова, Т. А. Дубина, С. Н. Бантова. – Могилев: МГУП, 2014. – 212 с.
- 15 Урубков, С. А. Анализ химического состава и пищевой ценности зернового сырья для производства продуктов детского питания / С. А. Урубков, С. С. Хованская, Н. В. Дремина, С. О. Смирнов // Пищевая промышленность. – 2018. – № 8. – С. 16–21.
- 16 Волкова, Е. С. Ячмень как перспективное сырье для создания новых технологий производства продуктов питания / Е. С. Волкова // Стратегия развития индустрии гостеприимства и туризма: труды VI Междунар. интернет-конф., Орел, 27 января–25 мая 2016 г. / Орловский госуд. ун. им. И. С. Тергенева. – Орел, 2016. – С. 193–199.
- 17 Özcan, M. M. Effect of malt process steps on bioactive properties and fatty acid composition of barley, green malt and malt grains / M. M. Özcan, F. Aljuhaimi, N. Uslu // J. of Food Science and Technology. 2018/ – Vol. 55. – P. 226–232.
- 18 Микулинич, М. Л. Оценка пищевой и биологической ценности полисолодовых экстрактов из солодов зернового сырья белорусской селекции / М. Л. Микулинич, Н. Ю. Азаренок, П. В. Болотова, Н. А. Гузикова // Наука, питание и здоровье: материалы II Междунар. конгресса, Минск, 3–4 октября 2019 г. / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»; редкол. З. В. Ловкис [и др.]. – Минск, 2019. – С. 540–547.
- 19 Burrows, V. Hulless oat development, applications, and opportunities, in Oats / V. Burrows, F. Webster, P. Wood eds. // Chemistry and Technology, 2nd ed., – 2011. – P. 31–50.
- 20 Schnitzenbaumer, B. Brewing with up to 40% unmalted oats (*Avena sativa*) and sorghum (*Sorghum bicolor*): a review / B. Schnitzenbaumer, Elke K. Arendt // J. Inst. Brew. – 2014. – P. 315–330.
- 21 Cornaggia, C. Prediction of potential malt extract and beer filterability using conventional and novel malt assays / C. Cornaggia, D. Evans, A. Draga, D. Mangan, B. McCleary // J. of the Institute of Brewing. – 2019. – Vol. 125, Is. 3. – P. 294–309.
- 22 Зипасв, Д. В. Разработка технологии пивного напитка с использованием солода из тритикале / Д. В. Зипасв, А. Г. Кашасв, К. А. Рыбакова // Вестник МАХ. – № 1, 2016. – С. 19–23.
- 23 Кунце, В. Технология солода и пива. – СПб.: Профессия, 2003. – 912 с.
- 24 Алябьев, Б. А. Зависимость экстрактивности и содержания редуцирующих веществ суслу от параметров затирания и состава засыпи / Б. А. Алябьев, М. Ф. Ростовская, Ю. В. Приходько // Пиво и напитки. – 2016. – № 1. – С. 40–43.
- 25 Панова, Т. М. Влияние pH на ферментативный гидролиз биополимеров ячменного солода / Т. М. Панова, П. В. Энкениколай, Ю. Л. Юрьев // Вестник технол. ун.-та. – № 15, 2016. – Т. 19. – С. 181–183.
- 26 Goode, D. Model studies to understand the effects of amylase additions and pH adjustment on the rheological behaviour of simulated brewery mashes / D. L. Goode, H. M. Ulmer, E. K. Model // J. of the Institute of Brewing. – 2005. – Vol. 111 (2). – P. 153–164.
- 27 Чекина, М. С. Разработка технологии затирания солода из овса / М. С. Чекина, Т. В. Меледина, М. Д. Хлыновский // Пиво и напитки. – 2015. – № 6. – С. 44–48.
- 28 Цед, Е. А. Влияние режимов разваривания на формирование спиртового суслу из нового зернового сырья белорусской селекции / Е. А. Цед [и др.] // Известия вузов. Пищевая технология. – 2007. – № 4. – С. 70–71.
- 29 Моргунова, Е. М. Комплексный показатель качества полисолодового экстракта в зависимости от фракционного состава зернового сырья / Е. М. Моргунова, М. Л. Микулинич // Вестник Могил. гос. ун-та прод. – 2015. – № 1 (18). – С. 15–22.
- 30 Микулинич, М. Л. Технологические особенности производства полисолодовых экстрактов / М. Л. Микулинич, П. В. Микулинич // Пища. Экология. Качество: труды XV Междунар. науч.-практ. конф., Новосибирск, 28–30 июня 2018 г. / Минобрнауки РФ, Сиб. науч.-исслед. технол. ин-т перераб. с.-х. продукции СФНЦА РАН: отв. за вып.: О.К. Мотовилов [и др.]. – Новосибирск, 2018. – С. 403–409.
- 31 Косминский, Г. И. Технология солода, пива и безалкогольных напитков. Лабораторный практикум по техническому контролю производство / Г. И. Косминский. – 2-е издание. – Минск: Дизайн ПРО, 2001. – С. 159–169.
- 32 Ермолаева, Г. А. Справочник работника лаборатории пивоваренного предприятия / Г. А. Ермолаева. – СПб.: Профессия, 2004. – С. 147–177, 307–308, 328–330.
- 33 Грачев, Ю. П. Математические методы планирования экспериментов / Ю. П. Грачев, Ю. М. Плаксин. – М.: ДелЛипринт, 2005. – 296 с.

Поступила в редакцию 30.06.2020 г.

ОБ АВТОРАХ:

Марина Леонидовна Микунинич, кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения и организации торговли, Могилевский государственный университет продовольствия, e-mail: mikulinichmarina@gmail.com.

Полина Витальевна Болотова, выпускница технологического факультета, Могилевский государственный университет продовольствия, e-mail: mikulinich2013@mail.ru.

ABOUT AUTHORS:

Marina L. Mikulinich, PhD (Engineering), Associate Professor of the Department of Commodity Science and Trade Organization, Mogilev State University of Food Technologies, e-mail: mikulinichmarina@gmail.com.

Polina V. Bolotova, graduating student of the Technological Faculty, Mogilev State University of Food Technologies, e-mail: mikulinich2013@mail.ru.