





Подбор оптимальных условий получения солода из гречихи





Алла Е. Чусова	¹	hycovai@mail.ru	 0000-0003-1237-4870
Татьяна И. Романюк	¹	tafursova@yandex.ru	 0000-0001-8813-9901
Геннадий В. Агафонов	¹	gvagafonov@mail.ru	 0000-0002-2133-5606
Михаил П. Тарарыков	¹	cmitttt@mail.ru	
Наталья В. Зуева	¹	nataspirit30@yandex.ru	 0000-0003-2840-398X

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Для расширения ассортимента отечественного рынка специализированных продуктов (в том числе лечебного и профилактического характера) для категории потребителей, страдающих непереносимостью глютена может использоваться гречиха. В промышленных масштабах гречишный солод в России не производят, его закупают в европейских странах. Для производства гречишного солода необходимо знать параметры переработки отечественных сортов гречихи. С помощью математических методов планирования проводили прогнозирование влияния основных факторов проращивания гречихи на активность ее гидролитических ферментов для получения солода с высокой ферментативной способностью. Исследовали гречиху сорта Диколь. Замачивание гречихи проводили воздушно-водяным способом при температуре 15–16 °C в водопроводной воде до относительной влажности 46–50 %, причём воздушные и водяные паузы чередовали каждые 4 часа. Проращивание проводили в течение 6–7 суток при температуре 15–16 °C до достижения максимальной активности гидролитических ферментов амилолитического и протеолитического действия. Пророщенное зерно подвергали ферментации, для чего оставляли в покое на 12–24 часа до тех пор, пока температура в среднем слое не повысится до 50–55 °C, ворошили и продували кондиционированным воздухом с такой интенсивностью, чтобы влажность солода была 50–52 %, а температура во всех слоях 67–68 °C в течение 5 суток. Сушку проводили с постепенным увеличением температуры от 67–68 °C до 74–75 °C в течение 16 ч до достижения величины влажности 5–6 %. Прогнозировали, как влияют основные факторы проращивания гречихи на активность ее гидролитических ферментов. Основные факторы, влияющие на активность ферментов при проращивании: температура солодоращения, °C; влажность солодоращения, %; продолжительность солодоращения, сут. Критерием оценки влияния выбранных параметров служили способность, ед/г сухих веществ: амилолитическая, осаживающая, и протеолитическая. Для статистической обработки данных исследования применяли центральное ротационное униформпланирование, которое позволяло в ходе 20 экспериментов в 3-х кратной повторности получить уравнение регрессии адекватно описывающее процесс проращивания гречихи. Для оценки адекватности математической модели был проведен дисперсионный анализ (ANOVA) эксперимента в программе Design Expert (Stat-Ease Inc.). Получены следующие значения выходных параметров, ед/г сухих веществ – амилолитическая способность 326,7, осаживающая способность 40,9 и протеолитическая способность 381,9 ед/г. при соответствующих входных: температура 15 °C; влажность 48%; продолжительность солодоращения 6 сут.

Ключевые слова: гречиха, гречишный солод, безглютеновое питание, амилолитическая способность, осаживающая способность.

Selection of optimal conditions for obtaining malt from buckwheat

Alla E. Chusova	¹	hycovai@mail.ru	 0000-0003-1237-4870
Tatiana I. Romanyuk	¹	tafursova@yandex.ru	 0000-0001-8813-9901
Gennady V. Agafonov	¹	gvagafonov@mail.ru	 0000-0002-2133-5606
Mikhail P. Tararykov	¹	cmitttt@mail.ru	
Natalia V. Zueva	¹	nataspirit30@yandex.ru	 0000-0003-2840-398X

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. Buckwheat can be used to expand the range of specialized products on the domestic market (including therapeutic and prophylactic ones) for the category of consumers suffering from gluten intolerance. Buckwheat malt is not produced on an industrial scale in Russia. It is bought in European countries. The processing parameters of domestic buckwheat varieties need to be known for the production of buckwheat malt. Prediction of the influence of the buckwheat germination main factors on the activity of its hydrolytic enzymes to obtain malt with a high enzymatic capacity was carried out with mathematical planning methods. Buckwheat variety Dikul was examined. Buckwheat was soaked in an air-water way at a temperature of 15–16 °C in tap water to a relative humidity of 46–50 %, with air and water pauses alternating every 4 hours. Germination was carried out for 6–7 days at a temperature of 15–16 °C until the maximum activity of hydrolytic enzymes of amylolytic and proteolytic action was reached. The sprouted grain was fermented. To do this, it was left still for 12–24 hours until the temperature in the middle layer rose to 50–55 °C. Then the malt was agitated and blown with conditioned air with such intensity so that its moisture content was 50–52 %, and the temperature in all its layers was 67–68 °C for 5 days. Drying was carried out with a gradual increase in temperature from 67–68 °C to 74–75 °C for 16 h until the moisture content of 5–6 % was reached. The influence of the main factors of buckwheat germination on the activity of its hydrolytic enzymes was predicted. The main factors influencing the activity of enzymes during germination are: malting temperature, °C; malting humidity, %; malting duration, days. The criterion for assessing the selected parameters influence was the ability, unit / g of dry matter: amylolytic, saccharifying, and proteolytic. Central rotatable uniform planning was applied to statistically process the survey data. It became possible to obtain a regression equation that adequately describes the process of buckwheat germination, in the course of 20 experiments in triple repetitions. Analysis of variance (ANOVA) of the experiment in the Design Expert program (Stat-Ease Inc.) was carried out to assess the mathematical model adequacy. The following values of the output parameters, U / g of dry matter were obtained: amylolytic capacity 326.7, saccharifying capacity 40.9 and proteolytic capacity 381.9 U / g. with appropriate input parameters: temperature 15 °C; humidity 48%; duration of malting 6 days

Keywords: buckwheat, buckwheat malt, gluten-free nutrition, amylolytic ability, saccharifying ability

Введение

В настоящее время на российском рынке солода отмечается значительное превышение объемов импорта над объемами экспорта. В основном рынок сформирован поставками зарубежного солода, который представлен большим разнообразием злаков [1–3].

Традиционные виды солода – это ячменный, ржаной и пшеничный. К нетрадиционным видам солода относят солод из зерна гречихи. Гречишный солод в России в промышленных масштабах не производят, его закупают в европейских странах [4, 5].

Для цитирования

Чусова А.Е., Романюк Т.И., Агафонов Г.В., Тарарыков М.П., Зуева Н.В. Подбор оптимальных условий получения солода из гречихи // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 93–101. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-93-101

For citation

Chusova A.E., Romanyuk T.I., Agafonov G.V., Tararykov M.P., Zueva N.V. Selection of optimal conditions for obtaining malt from buckwheat. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 93–101. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-93-101

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Все чаще среди населения встречаются люди, которые страдают непереносимостью глютена. Этим больным запрещается употреблять продукты, произведенные из традиционного зернового сырья, так как доля глютеиновых белков в них составляет почти 80%. Таким образом, ассортимент пищевых продуктов у данной категории населения сильно ограничен, что не может не сказываться на качестве их жизни [6, 7].

Физико-химические показатели зерен гречихи уступают показателям зерен ржи (таблица 1). Абсолютная масса гречихи ниже абсолютной массы ржи на 27,8%, а способность прорастания практически имеет один уровень с зерном ржи. Содержание крахмала у гречихи ниже на 10,2% содержания крахмала у ржи. Рожь превышает гречиху по экстрактивности на 12,9%, по содержанию белка на 20%, и на 10% по содержанию крахмала [2, 7, 8]

Таблица 1.
Качественные показатели зерна

Table 1.

Grain quality indicators

Показатель Indicator	Гречиха Buckwheat	Рожь Rye
Абсолютная масса 1000 зерен, г Absolute weight of 1000 grains, g	23,3	32,3
Содержание белка, % СВ Protein content, % dry substances	12,0	15,0
Содержание крахмала, % СВ Starch content, % dry substances	52,5	58,5
Экстрактивность, в% на ВСВ Extractivity, in% on dry substances	67,5	77,5
Способность прорастания, % The ability of germination, %	92,8	94,3

Фракционный же состав белка зерна гречихи представлен в основном глобулинами и альбуминами (таблица 2), при почти полном отсутствии проламинов и глютелинов. В то время как в составе белка ржи, традиционного сырья для производства кваса и хлеба, наоборот преобладают проламины и глютелины.

Таблица 2.
Фракционный состав белка зерна гречихи и ржи [9–11]

Table 2.

Fractional composition of buckwheat and rye grain protein

Фракция, % от общего содержания белка Fraction, % of total protein content	Зерно Grain	
	Гречиха Buckwheat	Рожь Rye
Альбумины Albumins	21–24	0,4–0,5
Глобулины Globulins	42–45	1,7–2,2
Проламины Prolamins	1,1–1,2	37,2–41,6
Глютелины Glutelin	10–12	26,6–41,9

Поэтому гречиха может быть использована для расширения ассортимента отечественного рынка специализированных продуктов (в том числе лечебного и профилактического характера) для категории потребителей, страдающих непереносимостью глютена [7].

Для создания продуктов из зерен гречихи необходимо знать параметры ее переработки. В связи с этим целью наших исследований является применение математических методов планирования для переработки гречихи на солод с высокой ферментативной способностью.

Материалы и методы

Материалами исследования являлись рожь сорта Восток 2 (контроль) и гречиха сорта Дикуюль (опыт). Амилолитическую способность (АС) солода определяли колориметрическим йодометрическим методом, осахаривающую способность (ОС_п) – поляриметрическим методом, протеолитическую (ПС) – рефрактометрическим методом (по Петрову), влажность исследуемых образцов определяли на влагомере термографическом инфракрасном FD-610. Экстрактивность, кислотность и цветность ферментированного солода определяли согласно (ГОСТ Р 52061–2003).

Замачивание гречихи и ржи проводили воздушно-водяным способом при температуре 15–16 °С в водопроводной воде до относительной влажности 46–50%, причём воздушные и водяные паузы чередовали каждые 4 часа. Проращивание проводили в течение 6–7 суток при температуре 15–16 °С до достижения максимальной активности гидролитических ферментов амилолитического и протеолитического действия. Пророщенное зерно подвергали ферментации, для чего оставляли в покое на 12–24 часа до тех пор, пока температура в среднем слое не повысится до 50–55 °С, ворошили и продували кондиционированным воздухом с такой интенсивностью, чтобы влажность солода была 50–52%, а температура во всех слоях 67–68 °С в течение 5 суток. Сушку проводили с постепенным увеличением температуры от 67–68 °С до 74–75 °С в течение 16 ч до достижения величины влажности 5–6% [5].

Результаты и обсуждение

Прогнозировали, как влияют основные факторы проращивания гречихи на активность ее гидролитических ферментов.

Основные факторы, влияющие на активность ферментов при проращивании: x_1 – температура солодоращения, °С; x_2 – влажность солодоращения, %; x_3 – продолжительность солодоращения, сут. Критерием оценки влияния выбранных параметров служили способности: амилолитическая (y_1 , ед./г. СВ), осахаривающая (y_2 , ед./г. СВ) и протеолитическая (y_3 , ед./г. СВ) [12].

Для статистической обработки данных исследования применяли центральное ротатбельное униформпланирование, которое позволяло в ходе 20 экспериментов в 3-х кратной повторности получить уравнение регрессии адекватно описывающее процесс проращивания гречихи [13, 14–20].

Математическая модель изучаемого процесса представляется в виде полинома второй степени:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2 + \sum_{i \leq j} b_{ij} x_i x_j \quad (1)$$

где b_0 – свободный член уравнения, равный средней величине отклика при условии, что рассматриваемые факторы находятся на средних, «нулевых» уровнях; x – масштабированные значения факторов, которые определяют функцию отклика и поддаются варьированию; b_{ij} – коэффициенты двухфакторных взаимодействий, показывающие, насколько изменяется степень влияния одного фактора при изменении величины другого; b_{ii} – коэффициенты квадратичных эффектов, определяющие нелинейность выходного параметра от рассматриваемых факторов; i, j – индексы факторов; n – число факторов в матрице планирования.

Матрица планирования представлена в таблице 3. Пределы изменения исследуемых факторов приведены в таблице 4.

Таблица 3.

Матрица планирования эксперимента

Table 3.

Experiment planning matrix

x_1 , °C	x_2 , %	x_3 , сут (day)	y_1 , ед./г.	y_2 , ед./г (units/g)	y_3 , ед./г (units/g)
-1	-1	-1	137,2	16,6	163,9
-1	1	-1	137,6	19,3	190,6
1	-1	-1	136,9	20,6	181
1	1	-1	153,5	20,6	202,9
-1	-1	1	246,08	33,1	325,2
-1	1	1	312,6	39,1	356,7
1	-1	1	298,9	37,5	330,2
1	1	1	264,3	35,46	349,3
-1,682	0	0	196,8	25,4	260,1
1,682	0	0	259,8	33,2	341,6
0	-1,682	0	223,2	30	320,4
0	1,682	0	257,8	32,7	338,9
0	0	-1,682	34,8	8,9	96,1
0	0	1,682	318,7	41,3	360,7
0	0	0	289,3	34,9	345,6
0	0	0	286,3	34,5	341,8
0	0	0	292,8	35,2	348,6
0	0	0	288,4	34,9	344,3
0	0	0	287,1	34,7	342,3
0	0	0	289,4	38,4	345,8

Таблица 4.

Основные характеристики плана эксперимента

Table 4.

Main characteristics of the experiment plan

Условия планирования Planning conditions	Пределы изменения факторов Limits of changes in factors		
	x_1 , °C	x_2 , %	x_3 , сут. (day)
Нулевой уровень (0) Zero level	15	48	4
Верхний уровень (+1) The upper level	16	51	6
Нижний уровень (-1) The lower level	13	45	2
Верхняя «звездная» точка (+1,682) + "star" point	17	53	7
Нижняя «звездная» точка (-1,682) – "star" point	12	43	1

Для оценки адекватности математической модели был проведен дисперсионный анализ (ANOVA) эксперимента в программе Design Expert (Stat-EaseInc.) и получены следующие уравнения регрессии:

$$y_1 = 288,88 + 11,34x_1 + 5,73x_2 + 75,72x_3 - 10,61x_1x_2 + 1,87x_1x_3 - 1,39x_2x_3 - 21,38x_1^2 - 17,07x_2^2 - 39,61x_3^2 \quad (2)$$

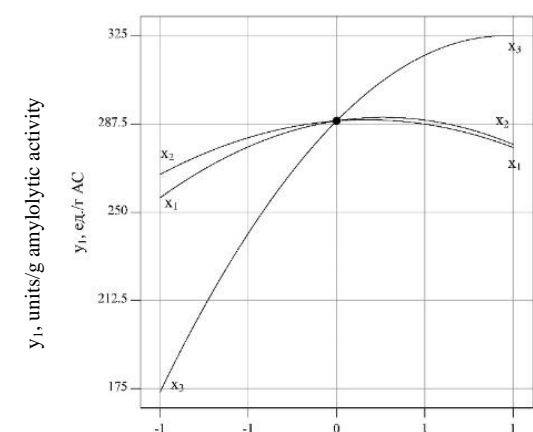
$$y_2 = 35,45 + 1,45x_1 + 0,77x_2 + 8,97x_3 - 1,34x_1x_2 + 0,15x_1x_3 - 0,56x_2x_3 - 2,25x_1^2 - 1,52x_2^2 - 3,73x_3^2 \quad (3)$$

$$y_3 = 345,39 + 17,30x_1 + 4,26x_2 + 78,20x_3 - 2,15x_1x_2 + 0,25x_1x_3 - 3,98x_2x_3 - 19,79x_1^2 - 9,61x_2^2 - 45,41x_3^2 \quad (4)$$

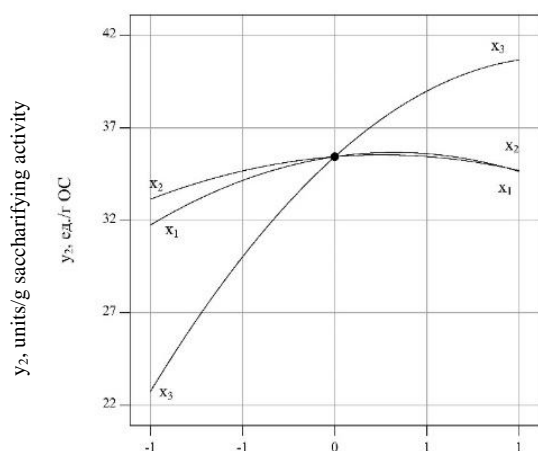
Анализ уравнений (2)–(4) позволяет выделить факторы, наиболее влияющие на рассматриваемый процесс. На биосинтез ферментов наибольшее влияние оказывают как температура, так и продолжительность проращивания. При этом знак «плюс» перед коэффициентом при линейных членах указывает на то, что при увеличении значения параметра значение выходного параметра возрастает, знак «минус» – убывает. Обращает на себя большое внимание значения коэффициентов квадратичных эффектов, что указывает на существенную нелинейность выходных параметров от рассматриваемых факторов.

Оценка степени влияния входных параметров X_i на выходные y_i приведена на рисунке 1. Анализ данных уравнений позволяет выделить факторы, наиболее влияющие на рассматриваемый процесс (рисунки 1–3).

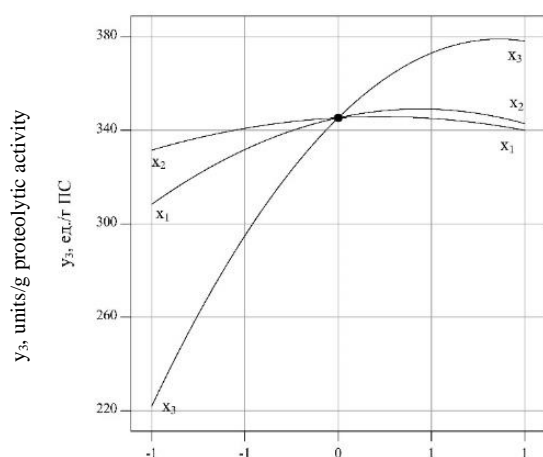
Графическая интерпретация уравнений (2)–(4) представлена кривыми равных значений для входных параметров в интервале $[-1,682... +1,682]$ (рисунки 4–6). Данные графики несут смысл номограмм и имеют практическую значимость. Зная величину параметров, можно прогнозировать процесс солодоращения гречихи.



(a)



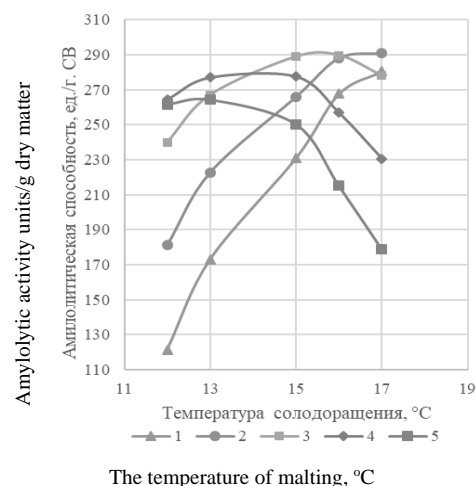
(b)



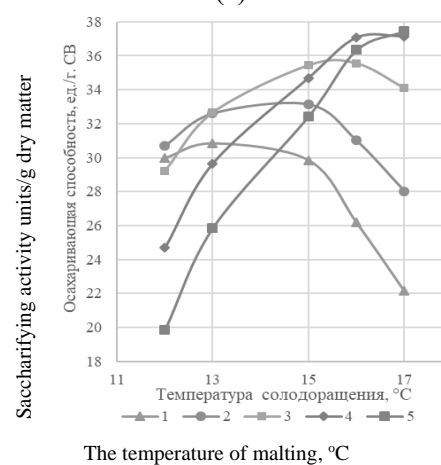
(c)

Рисунок 1. Влияние входных параметров X_i на выходные y_j : (a) – для амилалитической способности, ед./г; (b) – для осахаривающей способности, ед./г; (c) – для протеолитической способности, ед./г

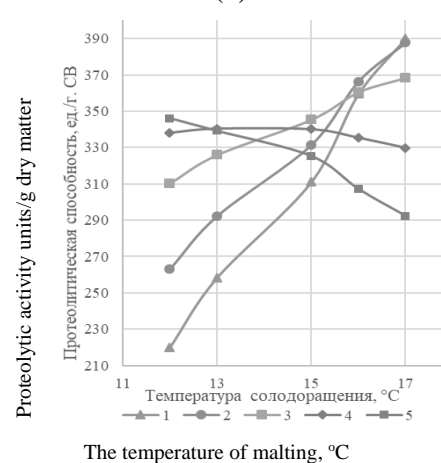
Figure 1. Influence of input parameters X_i on output parameters y_j : (a) – for amylolytic capacity, units/g; (b) – for saccharifying capacity, units/g; (c) – for proteolytic capacity, units/g



(a)



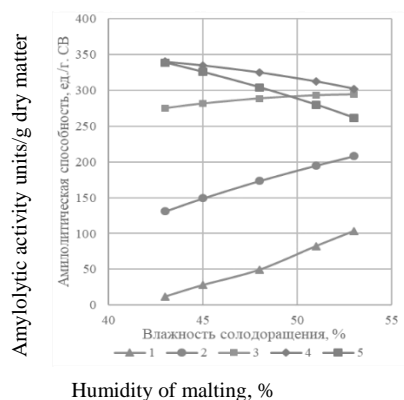
(b)



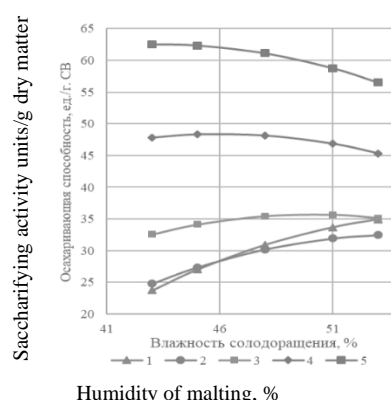
(c)

Рисунок 2. Зависимость способности: (a) амилалитической, ед./г; (b) осахаривающей, ед./г; (c) протеолитической, ед./г от температуры солодоращения, °C при влажности солодоращения, %: 1–43; 2 – 45; 3–48; 4–51; 5–53

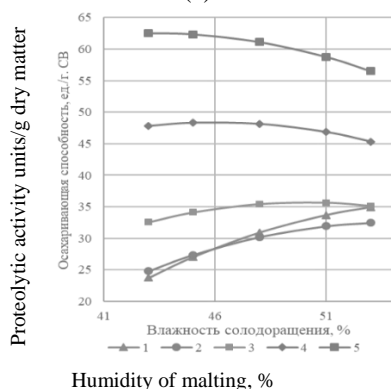
Figure 2. Dependence of the ability: (a) amylolytic, units/g; (b) saccharifying, units/g; (c) proteolytic, units / g on the malting temperature, °C at the malting humidity, %: 1–43; 2 – 45; 3–48; 4–51; 5–53



(a)



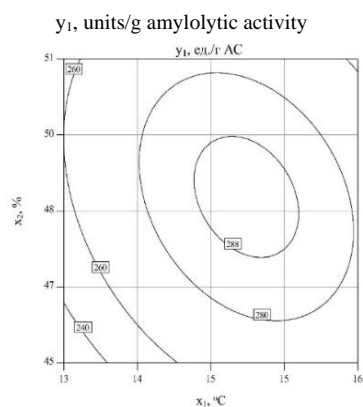
(b)



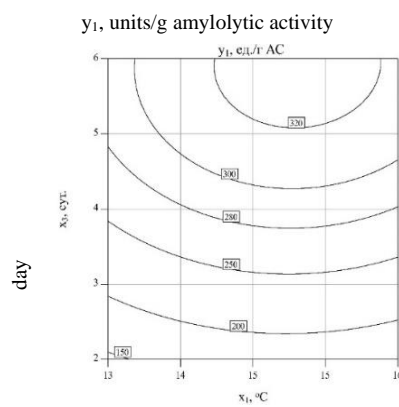
(c)

Рисунок 3. Зависимость способности: (а) амилалитической, ед./г; (б) осаживающей, ед./г; (с) протеолитической, ед./г от влажности солодоращения, % при продолжительности солодоращения, сут.: 1–1; 2–2; 3–4; 4–6; 5–7

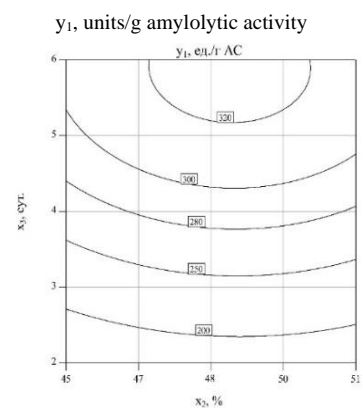
Figure 3. Dependence of the ability: (a) amylolytic, units/g; (b) saccharifying, units / g; (c) proteolytic, units/g on the humidity of malting, % for the duration of malting, day.: 1–1; 2–2; 3–4; 4–6; 5–7



(a)



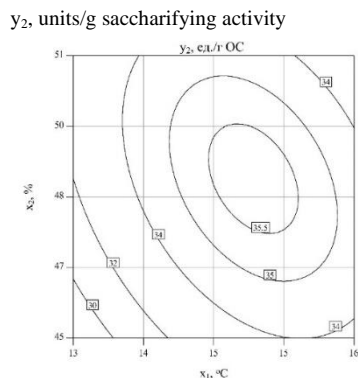
(b)



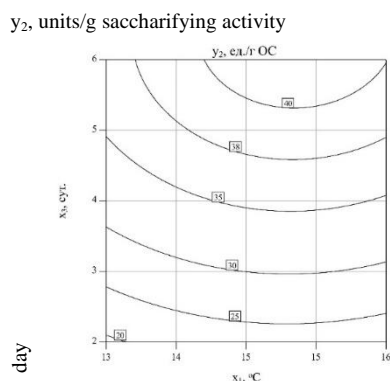
(c)

Рисунок 4. Кривые равных значений зависимости амилалитической способности, ед./г от: (а) температуры солодоращения, °C и продолжительности солодоращения, сут.; (б) температуры солодоращения, °C и влажности солодоращения, %; (с) влажности солодоращения, % и продолжительности солодоращения, сут.

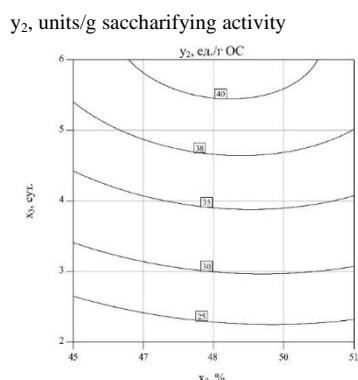
Figure 4. Curves of equal values of the dependence of amylolytic capacity, units/g on: (a) malting temperature, °C and malting duration, day; (b) malting temperature, °C and malting humidity, %; (c) malting humidity, % and malting duration, day



(a)



(b)

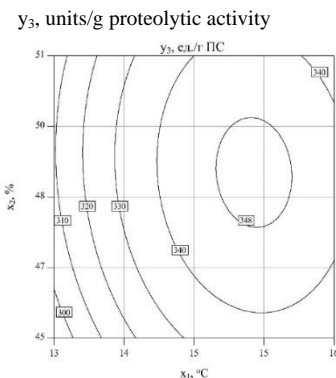


(c)

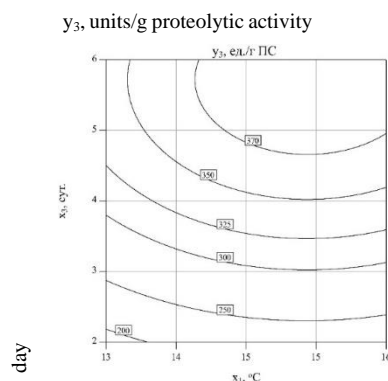
Рисунок 5. Кривые равных значений зависимости осаживающей способности, ед./г от: (а) температуры солодоращения, °С и продолжительности солодоращения, сут.; (б) температуры солодоращения, °С и влажности солодоращения, %; (с) влажности солодоращения, % и продолжительности солодоращения, сут

Figure 5. Curves of equal values of the dependence of the saccharifying capacity, units/g on: (a) malting temperature, °C and duration of malting, day.; (b) malting temperature, °C and humidity of malting, %; (c) humidity of malting, % and duration of malting, day.

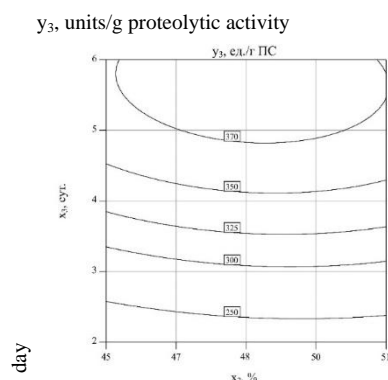
Предложена численная и графическая процедуры оптимизации для прогнозирования оптимального уровня входных факторов и получения соответствующих максимальных значений ферментных активностей, ед./г.



(a)



(b)



(c)

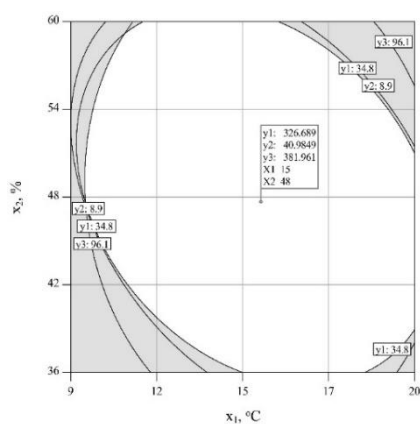
Рисунок 6. Кривые равных значений зависимости протеолитической способности, ед./г от: (а) температуры солодоращения, °С и продолжительности солодоращения, сут.; (б) температуры солодоращения, °С и влажности солодоращения, %; (с) влажности солодоращения, % и продолжительности солодоращения, сут.

Figure 6. Curves of equal values of the dependence of the proteolytic capacity, units/g on: (a) malting temperature, °C and duration of malting, day.; (b) malting temperature, °C and humidity of malting, %; (c) humidity of malting, % and duration of malting, day

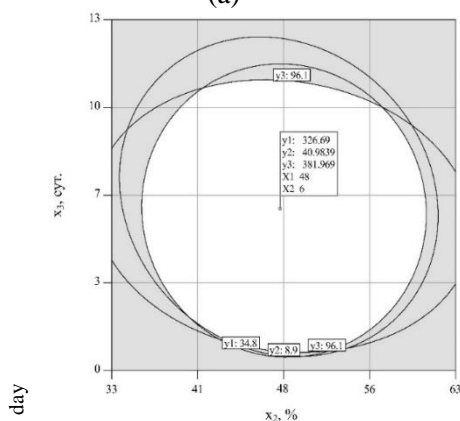
Общая математическая постановка задачи оптимизации представлена в виде следующей модели: $y_i(x_1 \dots x_j) \rightarrow \max$.

Таблица 5.
Решения задачи оптимизации
Table 5.
Solutions to the optimization problem

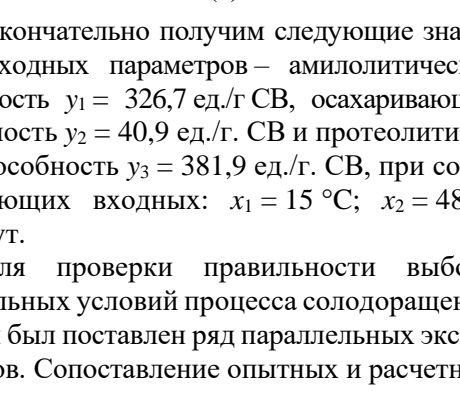
№	x_1 , °C	x_2 , %	x_3 , сут	y_1 , ед./г	y_2 , ед./г	y_3 , ед./г	D
1	15,081	47,689	6	326,691	40,985	381,963	1,000
2	15,082	47,703	6	326,706	40,985	381,972	0,999
3	15,077	47,714	6	326,728	40,985	381,967	0,9985
4	15,094	47,661	6	326,635	40,985	381,968	0,998
5	15,095	47,696	6	326,677	40,985	381,987	0,9975
6	15,068	47,685	6	326,703	40,985	381,939	0,997
7	15,068	47,715	6	326,742	40,985	381,953	0,9965
8	15,061	47,746	6	326,787	40,984	381,951	0,996
9	15,103	47,654	6	326,609	40,984	381,978	0,9955
10	15,094	47,752	6	326,740	40,984	382,010	0,995
...							



(a)



(b)



(c)

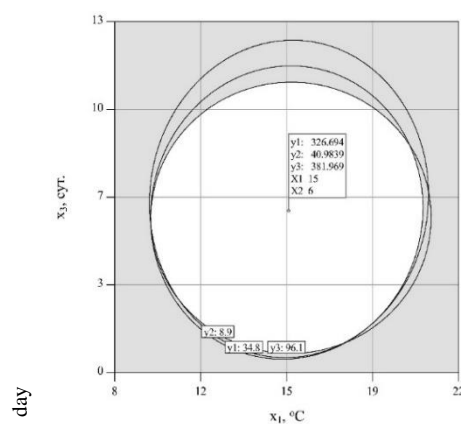
Окончательно получим следующие значения выходных параметров – амилолитическая способность $y_1 = 326,7$ ед./г СВ, осахаривающая способность $y_2 = 40,9$ ед./г. СВ и протеолитическая способность $y_3 = 381,9$ ед./г. СВ, при соответствующих входных: $x_1 = 15$ °C; $x_2 = 48\%$; $x_3 = 6$ сут.

Для проверки правильности выбора оптимальных условий процесса солодоращения гречишного солода, позволяющие получить солод с наибольшими осахаривающей и протеолитической способностями

При решении задачи оптимизации определяли значение функции желательности ($D \rightarrow 1,0$) для нахождения интервалов оптимальных значений входных параметров, получено > 20 решений, приведем первые 10:

Из таблицы определим оптимальные интервалы входных параметров для достижения максимальных значений способности ферментов: $x_1 = 15,0-15,1$ °C; $x_2 = 47,6-47,7\%$; $x_3 = 6$ сут.

Накладывая полученные интервалы друг на друга получим область пересечения оптимального решения (белая зона) при заданных критериях оптимизации (рисунок 7).



(d)

Рисунок 7. Область решения задачи оптимизации в интервале $[-1,682... + 1,682]$,

Figure 7. Area of solving the optimization problem in the interval $[-1,682... + 1,682]$

данных показало достаточную сходимость результатов. Все полученные данные лежали в пределах рассчитанных доверительных интервалов параметров оптимизации. Средняя квадратичная ошибка не превышала 2,3%.

Заключение

Получены значения выходных параметров солодоращения гречишного солода, позволяющие получить солод с наибольшими осахаривающей и протеолитической способностями

Литература

- 1 Фараджева Е.Д., Чусова А.Е. Интенсификация технологии ферментированного солода // Пиво и напитки. 2010. № 6. С. 8–9.
- 2 Харрис М.О., Елисеев М.Н. Вопросы идентификации зернового состава пива // Пиво и напитки. 2018. № 2. С. 46–51.
- 3 Троценко А.С., Танашкина Т.В., Корчагин В.П., Приходько Ю.В. и др. Влияние режимов сушки на амилолитическую активность гречишного солода // Хранение и переработка сельхозсырья. 2012. № 5. С. 34–37.
- 4 Кунце В. Технология солода и пива. СПб.: Профессия, 2011. 912 с.
- 5 Бак В. Практическое руководство по технологии пивоварения: пер. с нем. Бремен, 2013. 427 с.
- 6 Троценко А.С., Танашкина Т.В., Корчагин В.П., Медведева А.А. и др. Особенности технологии свежепоросшего гречишного солода // Хранение и переработка сельхозсырья. 2012. № 4. С. 10–13.
- 7 Коротких Е.А., Востриков С.В. Получение гречишного солода для производства солодовых экстрактов // Пиво и напитки. 2010. № 6. С. 36–37.
- 8 Vojtíšková P., Kmentová K., Kubáň V., Kráčmar S. Chemical composition of buckwheat plant (*Fagopyrum esculentum*) and selected buckwheat products // *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2012. № 1. P. 1011–1019.
- 9 Танашкина Т.В., Семенюта А.А., Троценко А.С., Клыков А.Г. Безглютеновые слабоалкогольные напитки из светлого и томленного гречишного солода // Техника и технология пищевых производств. 2017. Т. 45. № 2.
- 10 Бутенко Л.И., Лигай Л.В. Исследования химического состава пророщенных семян гречихи, овса, ячменя и пшеницы // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 4–5. С. 1128–1133
- 11 Molinari R., Costantini L., Timperio A.M., Lelli V. et al. Tartary buckwheat malt as ingredient of gluten-free cookies // *Journal of Cereal Science*. 2018. V. 80. P. 37–43. doi: 10.1016/j.jcs.2017.11.011
- 12 Deng Y., Lim J., Lee G.H., Nguyen T.T.H. et al. Brewing rutin-enriched lager beer with buckwheat malt as adjuncts // *Journal of microbiology and biotechnology*. 2019. V. 29. № 6. P. 877–886. doi: 10.4014/jmb.1904.04041
- 13 Агафонов Г.В., Чусова А.Е., Зеленкова А.В., Сапунова Е.С. Применение математических методов планирования и прогнозирования ферментативной активности овсяного солода // Хранение и переработка сельхозсырья. 2018. № 2. С. 80–84.
- 14 Deželak M., Zarnkow M., Becker T., Košir I.J. Processing of bottom-fermented gluten-free beer-like beverages based on buckwheat and quinoa malt with chemical and sensory characterization // *Journal of the Institute of Brewing*. 2014. V. 120. № 4. P. 360–370. doi: 10.1002/jib.166
- 15 Terpinč P., Cigić B., Polak T., Hribar J. et al. LC–MS analysis of phenolic compounds and antioxidant activity of buckwheat at different stages of malting // *Food Chemistry*. 2016. V. 210. P. 9–17. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.04.030
- 16 Agu R.C., Chiba Y., Goodfellow V., Mackinlay J. et al. Effect of germination temperatures on proteolysis of the gluten-free grains rice and buckwheat during malting and mashing // *Journal of agricultural and food chemistry*. 2012. V. 60. № 40. P. 10147–10154. doi: 10.1021/jf3028039
- 17 Giménez-Bastida J.A., Piskula M., Zieliński H. Recent advances in development of gluten-free buckwheat products // *Trends in Food Science & Technology*. 2015. V. 44. № 1. P. 58–65. doi: 10.1016/j.tifs.2015.02.013
- 18 Zhao X., Li C., Jiang Y., Wang M. et al. Metabolite fingerprinting of buckwheat in the malting process // *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2021. V. 15. № 2. P. 1475–1486. doi: 10.1007/s11694-020-00737-1
- 19 Duliński R., Zdaniewicz M., Pater A., Poniewska D. et al. The Impact of Phytases on the Release of Bioactive Inositols, the Profile of Inositol Phosphates, and the Release of Selected Minerals in the Technology of Buckwheat Beer Production // *Biomolecules*. 2020. V. 10. № 2. P. 166. doi: 10.3390/biom10020166
- 20 Starowicz M., Koutsidis G., Zieliński H. Sensory analysis and aroma compounds of buckwheat containing products—a review // *Critical reviews in food science and nutrition*. 2018. V. 58. № 11. P. 1767–1779. doi: 10.1080/10408398.2017.1284742

References

- 1 Faradzheva E.D., Chusova A.E. Intensification of fermented malt technology. Beer and drinks. 2010. no. 6. pp. 8–9. (in Russian).
- 2 Harris M.O., Eliseev M.N. Issues of identification of the grain composition of beer. Beer and drinks. 2018. no. 2. pp. 46–51. (in Russian).
- 3 Trotsenko A.S., Tanashkina T.V., Korchagin V.P., Prikhodko Yu.V. et al. Influence of drying regimes on amylolytic activity of buckwheat malt. Storage and processing of agricultural raw materials. 2012. no. 5. pp. 34–37. (in Russian).
- 4 Kuntse V. Technology of malt and beer. SPb, Professiya, 2011. 912 p. (in Russian).
- 5 Bak V. Practical guidance on brewing technology. Bremen, 2013. 427 p. (in Russian).
- 6 Trotsenko A.S., Tanashkina T.V., Korchagin V.P., Medvedeva A.A. and other Features of the technology of freshly sprouted buckwheat malt. Storage and processing of agricultural raw materials. 2012. no. 4. pp. 10–13. (in Russian).
- 7 Korotkikh E.A., Vostrikov S.V. Obtaining buckwheat malt for the production of malt extracts. Beer and drinks. 2010. no. 6. pp. 36–37. (in Russian).
- 8 Vojtíšková P., Kmentová K., Kubáň V., Kráčmar S. Chemical composition of buckwheat plant (*Fagopyrum esculentum*) and selected buckwheat products. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2012. no. 1. pp. 1011–1019.
- 9 Tanashkina T.V., Semenyuta A.A., Trotsenko A.S., Klykov A.G. Gluten-free low-alcohol drinks from light and stewed buckwheat malt. Technics and technology of food production. 2017. vol. 45. no. 2. (in Russian).
- 10 Butenko L.I., Ligay L.V. Studies of the chemical composition of germinated seeds of buckwheat, oats, barley and wheat. *Fundamental research*. 2013. no. 4–5. pp. 1128–1133. (in Russian).

- 11 Molinari R., Costantini L., Timperio A.M., Lelli V. et al. Tartary buckwheat malt as ingredient of gluten-free cookies. *Journal of Cereal Science*. 2018. vol. 80. pp. 37-43. doi: 10.1016/j.jcs.2017.11.011
- 12 Deng Y., Lim J., Lee G.H., Nguyen T.T.H. et al. Brewing rutin-enriched lager beer with buckwheat malt as adjuncts. *Journal of microbiology and biotechnology*. 2019. vol. 29. no. 6. pp. 877-886. doi: 10.4014/jmb.1904.04041
- 13 Agafonov G.V., Chusova A.E., Zelenkova A.V., Sapunova E.S. Application of mathematical methods for planning and predicting the enzymatic activity of oat malt. Storage and processing of agricultural raw materials. 2018. no. 2. pp. 80-84. (in Russian).
- 14 Deželak M., Zarnkow M., Becker T., Košir I.J. Processing of bottom-fermented gluten-free beer-like beverages based on buckwheat and quinoa malt with chemical and sensory characterization. *Journal of the Institute of Brewing*. 2014. vol. 120. no. 4. pp. 360-370. doi: 10.1002/jib.166
- 15 Terpin P., Cigić B., Polak T., Hribar J. et al. LC-MS analysis of phenolic compounds and antioxidant activity of buckwheat at different stages of malting. *Food Chemistry*. 2016. vol. 210. pp. 9-17. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.04.030
- 16 Agu R.C., Chiba Y., Goodfellow V., Mackinlay J. et al. Effect of germination temperatures on proteolysis of the gluten-free grains rice and buckwheat during malting and mashing. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2012. vol. 60. no. 40. pp. 10147-10154. doi: 10.1021/jf3028039
- 17 Giménez-Bastida J.A., Piskula M., Zieliński H. Recent advances in development of gluten-free buckwheat products. *Trends in Food Science & Technology*. 2015. vol. 44. no. 1. pp. 58-65. doi: 10.1016/j.tifs.2015.02.013
- 18 Zhao X., Li C., Jiang Y., Wang M. et al. Metabolite fingerprinting of buckwheat in the malting process. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2021. vol. 15. no. 2. pp. 1475-1486. doi: 10.1007/s11694-020-00737-1
- 19 Duliński R., Zdaniewicz M., Pater A., Poniewska D. et al. The Impact of Phytases on the Release of Bioactive Inositols, the Profile of Inositol Phosphates, and the Release of Selected Minerals in the Technology of Buckwheat Beer Production. *Biomolecules*. 2020. vol. 10. no. 2. pp. 166. doi: 10.3390/biom10020166
- 20 Starowicz M., Koutsidis G., Zieliński H. Sensory analysis and aroma compounds of buckwheat containing products—a review. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2018. vol. 58. no. 11. pp. 1767-1779. doi: 10.1080/10408398.2017.1284742

Сведения об авторах

Алла Е. Чусова к.т.н., доцент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, hycovai@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1237-4870>

Татьяна И. Романюк к.т.н., доцент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, tafursova@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8813-9901>

Геннадий В. Агафонов д.т.н., профессор, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, gvagafonov@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2133-5606>

Михаил П. Тарарыков студент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, cmitttt@mail.ru

Наталья В. Зуева к.т.н., доцент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, nataspirt30@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2840-398X>

Вклад авторов

Алла Е. Чусова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, написала рукопись

Татьяна И. Романюк выполнила расчёты

Геннадий В. Агафонов консультация в ходе исследования

Михаил П. Тарарыков несет ответственность за плагиат

Наталья В. Зуева предложил методику проведения эксперимента и организовал производственные испытания

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Alla E. Chusova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, hycovai@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1237-4870>

Tatiana I. Romanyuk Cand. Sci. (Engin.), associate professor, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, tafursova@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8813-9901>

Gennady V. Agafonov Dr. Sci. (Engin.), professor, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, gvagafonov@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2133-5606>

Mikhail P. Tararykov student, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, cmitttt@mail.ru

Natalia V. Zueva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, nataspirt30@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2840-398X>

Contribution

Alla E. Chusova review of literature sources on the problem under study, conducted an experiment, wrote a manuscript

Tatiana I. Romanyuk completed the calculations

Gennady V. Agafonov consultation during the study

Mikhail P. Tararykov is responsible for plagiarism

Natalia V. Zueva proposed a scheme of the experiment and organized production trials

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 19/04/2021	После редакции 13/05/2021	Принята в печать 31/05/2021
Received 19/04/2021	Accepted in revised 13/05/2021	Accepted 31/05/2021