

Получение селеносодержащих экстрактов из растительного сырья

Кирилл Ю. Муравьев¹ k.murav@yandex.ru

¹ Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Кронверкский пр-т, 19, г. Санкт-Петербург, 197101, Россия

Реферат. Исследовано влияние ферментных препаратов протеолитического и целлюлолитического действия, а также времени экстракции на степень извлечения селена из селеносодержащего растительного сырья. В качестве селеносодержащего растительного сырья использовались китайская капуста (*Brassica rapa*) сорта Пак-чой и амарант (*Amaranthus caudatus* L.) сорта Харьковский, обогащенные селеном в процессе агрохимического культивирования. В качестве экстрагента применялся водный раствор ферментных препаратов Дистизим-протацид-экстра (протеолитического действия) и Вискостар (целлюлолитического действия). В образцы, в которые вносились ферментные препараты, дозировка последних составляла 1 мкл на 1 г сырья. Время экстракции составляло от 0.5 до 4 часов. Температура экстракции – 45°C и 55°C. Соотношение количества растительного сырья к количеству экстрагента составило 1:12. Определение содержания селена в полученных экстрактах проводилось по ГОСТ Р 53182-2008. Установлено, что при увеличении времени экстракции происходит увеличение выхода экстрактивных веществ. Максимальное содержание сухих веществ в экстрактах из капусты Пак-чой составил 7.4 г на 100 мл при дозировке ферментных препаратов 1 мл на 1 кг сырья, температуре 55°C и времени экстракции 1,18 часа. Максимальное содержание сухих веществ в экстрактах из амаранта составляет 2,93 г на 100 мл при дозировке ферментных препаратов 1 мл на 1 кг сырья, температуре 55°C и времени экстракции 1,05 часа. Содержание селена в полученных экстрактах составило: в экстрактах из китайской капусты Пак-чой при максимальной дозировке ферментов, времени экстракции равным 4 часа и температуре 45°C – 257,3 мкг×дм⁻³, а при температуре 55°C – 284,9 мкг×дм⁻³; в экстрактах из амаранта при тех же условиях экстракции концентрация селеносодержащих веществ составило 325,8 мкг×дм⁻³ (45°C) и 347,0 мкг×дм⁻³ (55°C). В дальнейшем полученные результаты могут быть использованы при разработке БАДов и функциональных продуктов питания.

Ключевые слова: экстракция, водные экстракты, селеносодержащее растительное сырьё, протеолитические ферментные препараты, целлюлолитические ферментные препараты

Production of selenium-containing extracts from vegetable materials

Kirill Yu. Murav'ev¹ k.murav@yandex.ru

¹ ITMO University, Kronverksky Prospect, 49, St. Petersburg, 197101, Russia

Summary. The effect of proteolytic and cytolytic enzymes, as well as extraction time, on the efficiency of selenium extraction from vegetable materials was evaluated. The materials containing selenium to be extracted were Chinese lettuce (*Brassica rapa*) of pak-choi variety and amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) of Kharkovskiy variety, both undergone selenium enrichment via agrochemical cultivation. A single water solution of DistizymProtacid Extra (proteolytic) and Viscostar (cytolytic) enzymes served as the extracting agent. Said solution was introduced into samples, with the exception of two control samples, in such quantities that the dosage of non-diluted enzymes was 1 µl each enzyme to 1 g sample. Accounting for the dilution, the resulting dosage was 1 part water solution to 12 parts vegetable material. Extraction time amounted to 24 hours. The temperature of extraction was either 45°C or 55°C. Selenium content in the extracts obtained was determined according to GOST R 53182–2008. It was found that the amount of dry matter in extracts became larger as extraction process continued. The maximum of dry matter content in pakchoi lettuce and amaranth extracts was achieved at non-zero enzyme dosage (1 µl per 1 g) and the extraction temperature of 55°C and was equal to 7.40 g×100 cm⁻³ and 2.95 g×100 cm⁻³ dry matter, respectively. Selenium content in all extracts amounted to 257.3 µg×дм⁻³ at 45°C and 284.9 µg×дм⁻³ at 55°C; in amaranth extracts 325.8 µg×дм⁻³ (45°C) and 347.0 µg×дм⁻³ (55°C). The results obtained may be further applied to preparation of food adjuncts and functional foods.

Keywords: extraction, water extracts, selenium-containing vegetable materials, proteolytic enzyme preparations, cellulolytic enzyme preparations

Введение

На сегодняшний день особо остро стоит проблема недостатка важных нутриентов в организме человека [1]. Дефицит микро- и макроэлементов, витаминов, балластных веществ и пищевых волокон может приводить к острым хроническим заболеваниям, зачастую приводящим к летальному исходу [2]. Одним из таких эссенциальных элементов является селен, признанный на территории России дефицитным [3]. Для удовлетворения суточной потребности организма в селене необходимо регулярное употребление биологически активных добавок (БАДов), содержащих этот элемент, или продуктов питания профилактической

направленности. Для производства таких продуктов обычно используют растительные экстракты, так как путём экстракции возможно извлечение до 90% содержащихся в растительном материале сухих веществ [4].

Как показывают проведённые ранее исследования, среди прочих сельскохозяйственных культур высоким содержанием экстрагируемых веществ обладают растения семейства амарантовых (содержание белка в листьях составляет 15%, причём этот белок содержит вдвое больше серосодержащих аминокислот, отличающихся хорошей растворимостью и экстрагируемостью [5], а так же растения семейства крестоцветных, содержащие алкалоиды группы глюкобрассина, которые при разрушении растительной клетки

Для цитирования

Муравьев К.Ю. Получение селеносодержащих экстрактов из растительного сырья // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 212–219. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-212-219

For citation

Muravyev K.Yu. Production of selenium-containing extracts from vegetable materials. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 212–219. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-212-219

распадаются, образуя ряд индольных соединений, обладающих высокой экстрагируемостью [6].

В проведённых ранее исследованиях [7, 8] было показано, что амарант овощной и крестоцветные растения, представленные китайской капустой Пак-чой, способны накапливать селен в больших количествах, а в работах Н.А. Голубиной было установлено, что растения сельскохозяйственного назначения в процессе своих метаболических процессов трансформируют минеральные формы селена в селенсодержащие аминокислоты – селенметионин и селенистеин.

Известны различные способы получения экстрактов из растительного сырья, содержащего различные формы селена, такие как физические, химические и комбинированные [9].

По данным литературных источников установлено, что высокий выход селена можно получить после воздействия на различные виды растительного материала ультразвуком или СВЧ-волнами [10]. Однако при этом разрушаются органические формы селена, что недопустимо, т. к. селен в составе органических соединений теряет свои токсичные свойства и становится безопасным для организма [11]. Помимо этого существуют способы экстракции с использованием ферментных препаратов, способные протекать при более низких температурах, сохраняя структуру аминокислот.

Для извлечения этих соединений из растительных клеток необходимо воздействовать на сырьё ферментами протеолитического действия, направленных на гидролиз белков и пептидов [12]. Так же известно, что целлюлоза, входящая в состав клеточных структур может блокировать доступ растворителя к селенсодержащим соединениям. Таким образом внесение в растворитель ферментного препарата целлюлолитического действия позволит интенсифицировать процесс экстракции и увеличить выход экстрактивных веществ. Помимо этого, повышение температуры так же может ускорить процесс экстракции [13], однако, как показали проведённые ранее исследования, при температуре выше 60–65 °С происходит деструкция селенорганических соединений [14]. Поэтому температура экстракции не должна превышать упомянутого значения.

Целью данной работы является определение режима водной экстракции селена из амаранта сорта Харьковский и капусты Пак-чой, обогащённых селеном, с применением ферментных препаратов протеолитического и целлюлолитического действия.

Материалы и методы

Выбор оптимальных значений параметров экстракции проходил на основании оценки их

влияния на выход селенсодержащих органических соединений из китайской капусты Пак-чой и амаранта сорта Харьковский.

В качестве растворителя применялась вода дистиллированная по ГОСТ Р 58144-2018 «Вода дистиллированная. Технические условия». К сожалению, основным извлекаемым селеноорганический компонент из растительного – селенметионин относится к неполярным гидрофобным аминокислотам и при получении его водных экстрактов необходимо применять ферментные препараты [16]. Применение органических растворителей, таких как масла или спирты, так как селенметионин обладает высокой способностью к окислению [15]. Соотношение массы растительного материала к объёму растворителя составляло 1:12.

В качестве ферментного препарата протеолитического действия применялся препарат Дистицим-протацид-экстра изготовленный "Erbsloeh Geisenheim AG" (основной фермент – кислая протеаза, температурный оптимум – от 50 до 58 °С, диапазон pH – от 2,0 до 6,0, активность – 350 ед./см³), а в качестве ферментного препарата целлюлолитического действия применялся препарат Вискостар 150Л, изготовленный "ENMEX, S.A. de C.V." (основные ферменты – целлюлаза (активность 25 ед. КМЦ/см³), ксиланаза (активность 15 ед. КС/см³), β-глюканаза (активность 10 ед. β-ГКС/см³) температурный оптимум 30–60 °С, диапазон pH 3,0–7,0.). Данные ферментные препараты обладают одинаковым температурным оптимумом действия и одинаковым оптимумом pH, высокой активностью и низкой стоимостью. Процесс экстракции осуществлялся на водяной бане LB 200 компании «LOIP».

Определение рациональных условий процесса экстракции селенорганических веществ амаранта сорта Харьковский капусты Пак-чой осуществлялось методом полного факторного эксперимента. И в качестве исследуемых переменных параметров были выбраны:

X₁ – температура экстракции, °С;

X₂ – время экстракции, ч.

X₃ – доза ферментного препарата препарат Вискостар 150Л 10⁻³ см³ на 1 г сырья;

X₄ – доза ферментного препарата Дистицим-протацид-экстра, 10⁻³ см³ на 1 г сырья;

По окончании экстракции осуществлялось построение графиков зависимостей содержания сухих веществ в экстрактах с последующим определением оптимального времени экстракции амаранта и капусты Пак-чой.

Результаты и обсуждение

Кодированные единицы и предельные уровни численных значений параметров оптимизации представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Кодированные единицы и предельные уровни численных значений параметров оптимизации процесса экстракции селенорганических соединений из китайской капусты Пак-чой и амаранта сорта Харьковский

Table 1.

Coded units and limiting levels of numerical values of optimization parameters for the extraction process of selenium compounds from Chinese cabbage Pak-choi and amaranth varieties Kharkov

Кодированные единицы Coded Units	Параметры оптимизации и их предельные численные значения Optimization parameters and their limiting numerical values			
	Температура экстракции, °C Extraction temperature, °C	Доза ферментного препарата Дистизим-протацид-экстра, 10 ⁻³ см ³ на 1 г сырья The dose of the enzyme preparation Dystizim-protacid-extra, 10 ⁻³ cm ³ per 1 g of raw material	Доза ферментного препарата препарат Вискостар 150Л 10 ⁻³ см ³ на 1 г сырья The dose of the enzyme preparation Viscostar 150L 10 ⁻³ cm ³ per 1 g of raw material	Время экстракции, ч Extraction time, h
-1	45	0	0	0,5
+1	55	1	1	4
Δ	10	1	1	3,5
0	50	0,5	0,5	2,25

Для исследования влияния выбранных параметров на степень экстракции селенорганических соединений из китайской капусты Пак-чой и амаранта в соответствии с методикой полного факторного эксперимента составлен план эксперимента в виде матрицы, определяющий все возможные сочетания варьируемых параметров. Матрица представлена в таблице 2.

В соответствии с планом было проведено 16 опытов, получено 16 образцов водного растительного экстракта, в каждом из которых был измерен показатель содержания экстрактивных веществ % (У). Определение содержания

сухих веществ в экстрактах осуществлялось с помощью электронного рефрактометра PTR 46. Определение содержания селена осуществлялось в экстрактах полученных при максимальном времени экстракции и максимальной дозировкой ферментных препаратов по ГОСТ Р 53182-2008 «Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение общего мышьяка и селена методом атомно-абсорбционной спектроскопии с генерацией гидридов с предварительной минерализацией пробы под давлением». Каждый опыт был повторен трижды для большей достоверности результатов.

Таблица 2.

Матрица эксперимента по экстракции селенорганических соединений

Table 2.

Matrix of the experiment on extraction of organo-selenium compounds

№	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	У (Пак-чой)	У (амарант)
1	45	0,5	0	0	4,36 ± 0,14	2,40 ± 0,05
2	45	0,5	0	1	4,33 ± 0,04	2,53 ± 0,10
3	45	0,5	1	0	4,30 ± 0,15	2,50 ± 0,11
4	45	0,5	1	1	4,67 ± 0,07	2,63 ± 0,12
5	45	4,0	0	0	4,53 ± 0,09	2,70 ± 0,24
6	45	4,0	0	1	5 ± 0,05	2,90 ± 0,09
7	45	4,0	1	0	4,87 ± 0,13	2,87 ± 0,15
8	45	4,0	1	1	5,17 ± 0,15	3,00 ± 0,03
9	55	0,5	0	0	4,43 ± 0,09	2,30 ± 0,07
10	55	0,5	0	1	4,77 ± 0,18	2,40 ± 0,20
11	55	0,5	1	0	4,47 ± 0,08	2,40 ± 0,16
12	55	0,5	1	1	5 ± 0,03	2,77 ± 0,16
13	55	4,0	0	0	5,3 ± 0,14	2,60 ± 0,08
14	55	4,0	0	1	6,3 ± 0,18	2,8 ± 0,18
15	55	4,0	1	0	5,8 ± 0,13	2,63 ± 0,21
16	55	4,0	1	1	7,4 ± 0,21	2,93 ± 0,17

Как видно из таблицы 2, увеличение температуры, и времени экстракции приводит к увеличению выхода экстрактивных веществ. Ферментный препарат Дистицим-протацид-экстра увеличивает выход экстракта на 0,7–7,8% больше, чем препарат Вискостар. Комбинированное действие указанных ферментных препаратов повышает выход экстрактивных веществ на 3,2–14,9% чем одиночный ферментный препарат Дистицим-протацид-экстра и 7,9–21,6% чем одиночный ферментный препарат Вискостар. Наибольший выход экстрактивных веществ наблюдалось при 55 °С и дальнейшие исследования осуществлялись при этой температуре. Содержание селена в экстракте, полученном при температуре 45 °С составило 257,3 мкг×дм⁻³, а при температуре 55 °С – 284,9 мкг×дм⁻³.

Исходя из таблицы 2, также можно сделать вывод, что увеличение времени экстракции амаранта приводит к увеличению концентрации сухих веществ. Ферментный препарат Дистицим-протацид-экстра увеличивает выход экстракта на 1,0–6,1% больше, чем препарат Вискостар. Комбинированное действие указанных ферментных препаратов повышает концентрацию сухих веществ на 3,8–4,4% чем отдельный ферментный препарат Дистицим-протацид-экстра и 4,9–10,2% чем отдельный ферментный препарат Вискостар. Содержание селена в экстракте, полученном при температуре 45 °С составило 325,8 мкг×дм⁻³, а при температуре 55 °С – 347,0 мкг×дм⁻³. Для определения зависимости значений качественных показателей от переменных параметров выбран был вид уравнения регрессии четвертой степени с учётом межфакторного взаимодействия:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{1,2}x_1x_2 + b_{1,3}x_1x_3 + b_{1,4}x_1x_4 + b_{2,3}x_2x_3 + b_{2,4}x_2x_4 + b_{3,4}x_3x_4 + b_{1,2,3}x_1x_2x_3 + b_{1,2,4}x_1x_2x_4 + b_{2,3,4}x_2x_3x_4 + b_{1,3,4}x_1x_3x_4 + b_{1,2,3,4}x_1x_2x_3x_4 \quad (1)$$

где b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 , – коэффициенты уравнения регрессии, $b_{1,2}, b_{1,3}, b_{1,4}, b_{2,3}, b_{2,4}, b_{3,4}, b_{1,2,3}, b_{1,2,4}, b_{2,3,4}, b_{1,3,4}, b_{1,2,3,4}$ – промежуточные коэффициенты регрессии.

Определение коэффициентов регрессии производили с помощью математической обработки данных таблицы 2 по методу Бокса.

В результате было получено уравнение регрессии, на основании которого сделаны выводы о степени влияния выбранных параметров на степень экстракции, произведены расчеты значений исследуемых показателей и построены диаграммы зависимости показателей от входных параметров. При получении экстрактов из китайской капусты Пак-чой уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$y = 5,05 + 0,196x_1 + 0,225x_2 + 0,495x_3 + 0,383x_4 + 0,195x_2x_3 + 0,27x_3x_4 + 0,154x_2x_3x_4 \quad (2)$$

Исходя из полученного уравнения регрессии, наибольшее влияние на выход экстракта из китайской капусты Пак-чой оказывает время экстракции. Максимальное содержание сухих веществ в полученных экстрактах составило $7,4 \pm 0,21$ г./мл. Содержание селена при максимальной дозировке ферментных препаратов, времени экстракции 24 часа и температуре 45 °С составило 257,3 мкг×дм⁻³, а при температуре 55 °С – 284,9 мкг×дм⁻³.

Уравнение регрессии процесса экстракции амаранта с использованием ферментных препаратов протеолитического и целлюлолитического действия имеет следующий вид:

$$y = 2,65 + 0,089x_1 + 0,077x_2 + 0,156x_3 \quad (3)$$

Исходя из полученного уравнения регрессии, наибольшее влияние на выход экстракта из амаранта сорта Харьковский время экстракции, а температура экстракции не оказывает значимого влияния. Максимальное содержание сухих веществ в полученных экстрактах составило $3,00 \pm 0,03$ г./мл. Содержание селена при максимальной дозировке ферментных препаратов, времени экстракции 24 часа и температуре 45 °С составило 325,8 мкг×дм⁻³, а при температуре 55 °С – 347,0 мкг×дм⁻³.

Для определения оптимального времени экстракции селенорганических соединений была установлена функциональная зависимость содержания экстрактивных веществ в экстракте от времени экстракции. Результаты определений представлены на рисунках 1 и 2.

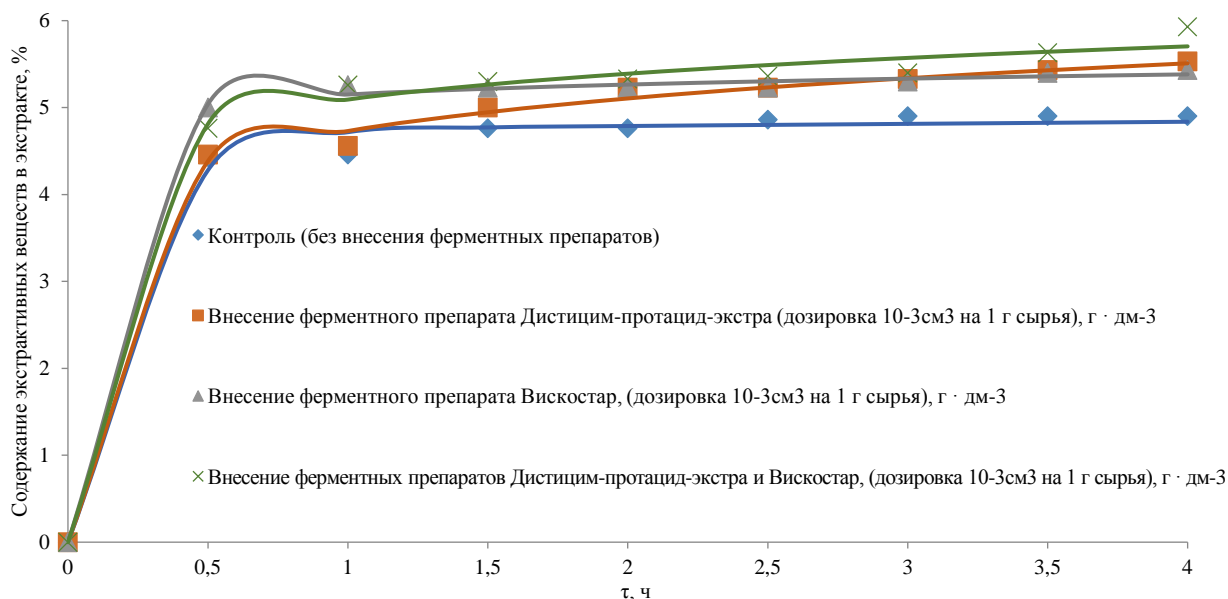


Рисунок 1. Динамика накопления сухих веществ в экстрактах из китайской капусты Пак-чой, в зависимости от времени экстракции

Figure1. Dynamics of accumulation of dry substances in extracts from Chinese cabbage Pak-choi, depending on the extraction time

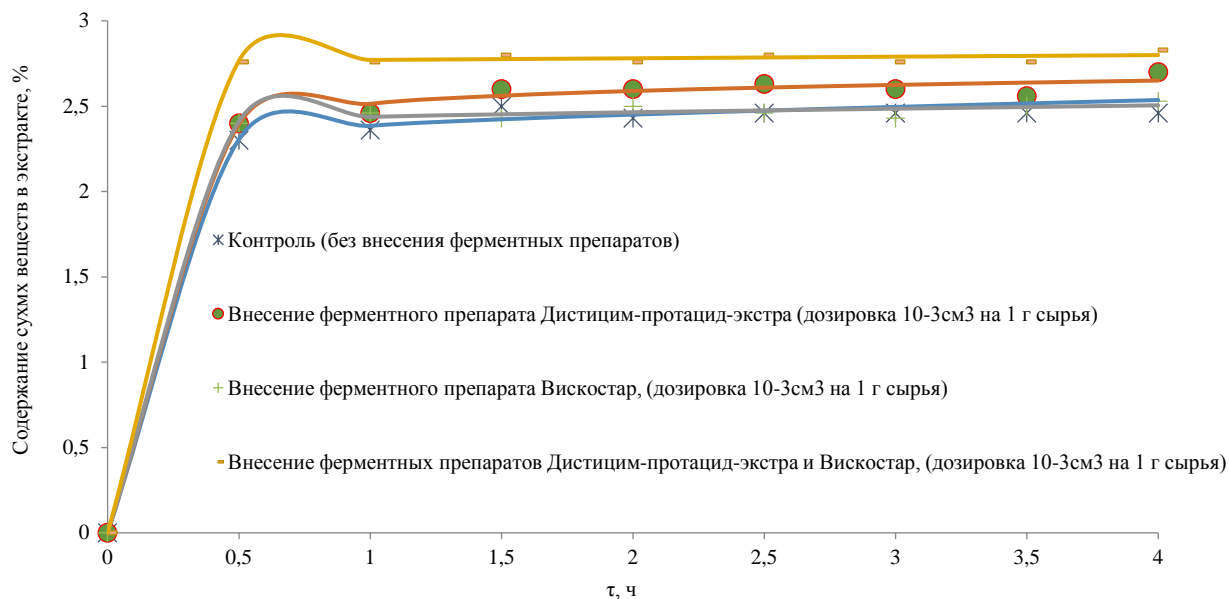


Рисунок 2. Динамика накопления сухих веществ в экстрактах из амаранта сорта Харьковский, в зависимости от времени экстракции

Figure2. Dynamics of accumulation of dry substances in extracts from amaranth varieties Kharkiv, depending on the extraction time

Из рисунка 1 следует, что при увеличении времени экстракции и дозировки ферментных препаратов происходит увеличение содержания сухих веществ в экстрактах, что так же было доказано в предыдущем опыте.

Из рисунка 2 следует, что при увеличении времени экстракции и дозировки ферментных препаратов происходит увеличение содержания

сухих веществ в экстрактах, что так же было доказано в предыдущем опыте. Для определения оптимального времени экстракции с помощью программы CurveExpert были установлены функциональные зависимости содержания сухих веществ в экстрактах от времени экстракции. В таблице3 приведены полученные уравнения.

Таблица 3.

Table 3.

Функциональные зависимости содержания сухих веществ в экстрактах от времени экстракции

Functional dependences of solids content in extracts from the time of extraction

	Продукт Product	Функциональные зависимости содержания сухих веществ в экстрактах от времени экстракции, $f(x)$ Functional dependencies of solids content in extracts from extraction time, $f(x)$	Коэффициент детерминации, R^2 Coefficient of determination, R^2	Производные функций, $\frac{dx}{dt}$ Derivatives of functions, $\frac{dx}{dt}$	Точка экстремума функций The extrema point of functions
Контроль (без внесения ферментных препаратов) Control (without adding of enzyme preparations)	Пак-чой Pak-choi	$\frac{x}{0,008 + 0,21x - 0,0028x^2}$	0,991	$\frac{1135,2 + 357,1x^2}{(3,17 + 75x - x^2)^2}$	1,78
	амаранта сорта Харьковский amaranth varieties Kharkiv	$\frac{x}{0,0117 + 0,413x - 0,0054x^2}$	0,987	$\frac{401,2 - 1,81 \cdot 10^{-12}x + 185,2x^2}{(2,17 + 76,48x - x^2)^2}$	2,99
Внесение ферментного препарата Дистицим-протацид-экстра (дозировка 10^{-3} см^3 на 1 г сырья) Addidg enzyme preparation Dystizim-protacid-extra (dosage 10^{-3} см^3 per 1 g of raw material)	Пак-чой Pak-choi	$\frac{x}{0,014 + 0,201x - 0,0062x^2}$	0,987	$\frac{361,4 + 161,3x^2}{(2,25 + 32,41x - x^2)^2}$	1,5036
	амаранта сорта Харьковский amaranth varieties Kharkiv	$\frac{x}{0,0189 + 0,381x - 0,0021x^2}$	0,988	$\frac{4285 - 1,45 \cdot 10^{-11}x + 476,2x^2}{(9 + 181,4x - x^2)^2}$	1,24
Внесение ферментного препарата Вискостар, (дозировка 10^{-3} см^3 на 1 г сырья) Introducing a Addidg enzyme preparation (dosage of 10^{-3} см^3 per 1 g of raw material)	Пак-чой Pak-choi	$\frac{x}{0,0042 + 0,191x - 0,0017x^2}$	0,994	$\frac{1453,4 + 588,2x^2}{(2,47 + 112,3x - x^2)^2}$	1,571
	амаранта сорта Харьковский amaranth varieties Kharkiv	$\frac{x}{0,0032 + 0,410x - 0,0029x^2}$	0,992	$\frac{380,5 + 344,8x^2}{(1,103 + 141,4x - x^2)^2}$	1,47
Внесение ферментных препаратов Дистицим-протацид-экстра и Вискостар, (дозировка 10^{-3} см^3 на 1 г сырья) Addidg ferment preparations Dystizim-protacid-extra and Viscostar, (dosing 10^{-3} см^3 per 1 g of raw materials)	Пак-чой Pak-choi	$\frac{x}{0,0078 + 0,194x - 0,0056x^2}$	0,985	$\frac{248,7 + 178,5x^2}{(1,39 + 34,64x - x^2)^2}$	1,18
	амаранта сорта Харьковский amaranth varieties Kharkiv	$\frac{x}{7,6 \cdot 10^{-5} + 0,362x - 0,0012x^2}$	0,994	$\frac{48,6 - 5,82 \cdot 10^{-11}x + 833,3x^2}{(0,058 + 301,6x - x^2)^2}$	1,05

На основании полученных данных можно заключить, что оптимальным временем водной экстракции китайской капусты Пак-чой при температуре 55 °С является 1,78 часа. Внесение ферментного препарата Дистицим-протацид-экстра дозировкой 10^{-3} см³ на 1 г сырья позволяет сократить время экстракции на 15,52%. Внесение ферментного препарата Вискостар 150Л дозировкой 10^{-3} см³ на 1 г позволяет сократить время экстракции на 11,74%. При внесении ферментных препаратов как Дистицим-протацид-экстра, так и Вискостар 150Л дозировкой 10^{-3} см³ на 1 г позволит сократить время экстракции на 33,7% и составляет всего 1,18 часа.

Заключение

На основании полученных данных можно заключить, что оптимальным временем водной экстракции амаранта при температуре 55 °С является 2,99 часа. Внесение ферментного

препарата Дистицим-протацид-экстра дозировкой 10^{-3} см³ на 1 г сырья позволяет сократить время экстракции на 58,53%. Внесение ферментного препарата Вискостар 150Л дозировкой 10^{-3} см³ на 1 г позволяет сократить время экстракции на 50,83%. При внесении ферментных препаратов как Дистицим-протацид-экстра, так и Вискостар 150Л дозировкой 10^{-3} см³ на 1 г позволит сократить время экстракции на 64,88% и составляет всего 1,05 часа. Однако водные экстракты, полученные при обработке амаранта содержат на 11,01% меньше сухих веществ, чем аналогичные экстракты из китайской капусты Пак-чой. Таким образом, в ходе дальнейших исследований будут использованы экстракты из этого растения, полученные при 55 °С, дозировкой ферментных препаратов Дистицим-протацид-экстра и Вискостар 10^{-3} см³ на 1 г и временем экстракции 1,18 часа.

ЛИТЕРАТУРА

1 Агаджанян Н.А., Скальный А.В., Детков В.Ю. Элементный портрет человека: заболеваемость, демография и проблема управления здоровьем нации // Экология человека. 2013. С. 3–12.

2 DiMarco-Crook C., Xiao H. Diet-based strategies for cancer chemoprevention: the role of combination regimens using dietary bioactive components // Annu Rev. Food Sci. Technol. 2015. V. 6. P. 505–526.

3 Россия в цифрах. 2017. М.: Росстат, 2017 511 с.

4 Tushar D. Effect of extraction methods on yield, phytochemical constituents and antioxidant activity of *Withaniasomnifera* // Arabian Journal of Chemistry. 2017. V. 10. № 1. P. S1193-S1199.

5 Высочина Г.И. Амарант (*Amaranthus* L.): химический состав и перспективы использования (обзор) // Химия растительного сырья. 2013. № 2. С. 5–14.

6 Козарь Е.Г. Биологическая активность вторичных метаболитов растений семейства BRASSICACEAE // Овощи России. 2011. № 1. С. 46–53.

7 Муравьев К.Ю., Баракова Н.В., Хомяков Ю.В., Удалова О.Р. Накопление селена в китайской капусте сорта Пак-чой в процессе культивирования // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 4. С. 151–155.

8 Муравьев К.Ю., Баракова Н.В., Хомяков Ю.В., Панова Г.Г. Накопление селена в процессе культивирования амаранта // Вестник МАХ. 2018. № 1. С. 48–53.

9 Lee SuanChua. A review on plant-based rutin extraction methods and its pharmacological activities // Journal of Ethnopharmacology. 2013. V. 150. № 3. P. 805–817.

9 Бурдо А.К. Влияние СВЧ-поля на получение функциональных хлорофилл-содержащих экстрактов // Пищевая наука и технология. 2012. № 4(21). С. 14–17.

10 Бутко З.Т., Зайцев В.А. Влияние способа пробоподготовки на определение содержания селена в пищевых продуктах флуориметрическим методом // Здоровье и окружающая среда. 2013. № 23. С. 264–266.

11 Пат. РФ № 2391875 Способ получения растительного экстракта с повышенным содержанием селена / Маюрникова Л.А., Гореликова Г.А., Шигина Е.В., Щипицын С.К. Оpubл. 20.06.2010.

13 Prakash Maran J. et al. Box–Behnken design based statistical modeling for ultrasound-assisted extraction of corn silk polysaccharide // Carbohydrate Polymers. 2013. V. 92. № 1. P. 604–611.

14 Коцуба Т.В., Гайда В.К. Селен в производстве пищевых продуктов // Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы химии, биотехнологии и сферы услуг». 2017. С. 110–116.

15 Youcef M. Selenium in the Environment, Metabolism and Involvement in Body Functions // Molecules. 2013. V. 18(3). P. 3292–3311.

16 Дерябина И.В. Разработка способов экстракции для определения различных форм селена в доннике лекарственном // Хранение и переработка сельхозсырья. 2007 г

REFERENCES

1 Agadzhanyan N.A., Skal'nyj A.V., Detkov V. Ju. Elemental portrait of a person: morbidity, demography and the problem of managing the health of the nation. *Jekologija cheloveka*. [Human ecology] 2013. pp. 3–12. (in Russian)

2 DiMarco-Crook C., Xiao H. Diet-based strategies for cancer chemoprevention: the role of combination regimens using dietary bioactive components. *Annu Rev. Food Sci. Technol.* 2015. vol. 6. pp. 505–526.

3 Rossiya v cifrah. [Russia in numbers] Moscow, Rosstat, 2017. 511 p. (in Russian)

4 Tushar D. Effect of extraction methods on yield, phytochemical constituents and antioxidant activity of *Withaniasomnifera*. Arabian Journal of Chemistry. 2017. vol. 10. no. 1. pp. S1193-S1199. (in Russian)

5 Vysochina G.I. Amaranthus L.: chemical composition and perspectives of use (review). *Himijarastitel'nogosyr'ja*. [Chemistry of plant materials] 2013. no. 2. pp. 5–14. (in Russian)

6 Kozar' E.G. Biological act of secondary metabolites of plants of the family BRASSICACEAE. *Ovoshhi Rossii*. [Russian vegetables] 2011. no. 1. pp. 46–53. (in Russian)

7 Murav'jov K.Ju., Barakova N.V., Homjakov Ju.V., Udalova O.R. The accumulation of selenium in the Chinese cabbage of Pak-choi cultivar in the process of cultivation. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tehnologij* [Proceedings of VSUET] 2016. no. 4. pp. 151–155. (in Russian)

8 Murav'jov K.Ju., Barakova N.V., Homjakov Ju.V., Panova G.G. Accumulation of selenium in the process of cultivation of amaranth. *Vestnik MAKh*. [Proceedings of MAC] 2018. no. 1. pp. 48–53. (in Russian)

9 Lee SuanChua. A review on plant-based rutin extraction methods and its pharmacological activities. *Journal of Ethnopharmacology*. 2013. vol. 150. no. 3. pp. 805–817.

10 Burdo A.K. Effect of the microwave field on the production of functional chlorophyll-containing extracts. *Pishhevaja nauka i tehnologija*. [Food science and technology] 2012. no. 4(21). pp. 14–17. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Кирилл Ю. Муравьев аспирант, кафедра пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики., Кронверкский пр-т, 19, г. Санкт-Петербург, 197101, Россия, k.murav@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Кирилл Ю. Муравьев полностью подготовил рукопись и несет ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 03.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 09.08.2018

11 But'ko Z.T., Zajcev V.A. Influence of the sample preparation method on the determination of selenium content in food products by the fluorimetric method. *Zdorov'e i okruzhajushhaja sreda*. [Health and environment] 2013. no. 23. pp. 264–266. (in Russian)

12 Majumikova L.A., Gorelikova G.A., Shigina E.V., Shhipicyn S.K. Sposob poluenija rastitel'nogo jekstrakta s povyshennym soderzhanijem selena [A method for producing a plant extract with a high selenium content] Patent RF, no. 2391875, 2010. (in Russian)

13 Prakash Maran J. et al. Box–Behnken design based statistical modeling for ultrasound-assisted extraction of corn silk polysaccharide. *Carbohydrate Polymers*. 2013. vol. 92. no. 1. pp. 604–611

14 Kocuba T.V., Gajda V.K. Selenium in food production. *Materialy vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnymu chastiem «Aktual'nye problem himii, biotekhnologii i sfery uslug»* [Materials of the All-Russian scientific-practical conference with international participation "Actual problems of chemistry, biotechnology and the service sector"] 2017. pp. 110–116. (in Russian)

15 Youcef M. Selenium in the Environment, Metabolism and Involvement in Body Functions. *Molecules*. 2013. vol. 18(3). pp. 3292–3311.

16 Deryabina I.V. Development of extraction methods for the determination of various forms of selenium in the clover of medicinal. *Khranenie i pererabotka selkhozsyria* [Storage and processing of agricultural raw materials] 2017 (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Kirill Yu. Murav'ev graduate student, department of food biotechnology products from vegetative raw material, ITMO University, Kronverksky Prospect, 49, St. Petersburg, 197101, Russia, k.murav@yandex.ru

CONTRIBUTION

Kirill Yu. Murav'ev fully prepared the manuscript and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.3.2018

ACCEPTED 8.9.2018