

УДК 665.5:54.06

Исследование экстракции капсаицина из плодов острого перца рода *Capsicum*Канд. хим. наук **Н.В. Рудометова**, natrudjob@mail.ru*ВНИИПД – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
191014, Россия, Санкт-Петербург, Литейный пр., 55**Университет ИТМО
190002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9***И.С. Ким**, vniipakk55@mail.ru*ВНИИПД – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
191014, Россия, Санкт-Петербург, Литейный пр., 55*

В плодах острого перца (*Capsicum annuum L.*) содержится потенциально опасное биологически активное вещество капсаицин. Использование капсаицина в производстве пищевой продукции запрещено. В пищевом красителе экстракты паприки Е160с содержание капсаицина не должно превышать 250 мг/кг. Для разработки методики анализа капсаицина проведено исследование процесса его экстракции из плодов острого перца. Изучено влияние экстрагента, гидромодуля, размера частиц и предварительной мацерации на кинетику и кратность экстракции капсаицина. Жидкостную экстракцию капсаицина проводили из сухих плодов острого перца при постоянном перемешивании и варьировании гидромодуля от 20:1 до 50:1. В качестве экстрагентов использовали метанол, этанол и их водные растворы. Эффективность экстракции оценивали по содержанию суммарных экстрактивных веществ и капсаицина. Анализ экстрактов проводили методами спектрофотометрии, высокоэффективной тонкослойной и жидкостной хроматографии. Исследование кинетики экстракции показало, что время установления равновесной концентрации капсаицина не зависит от гидромодуля экстракции и вида экстрагента. Измельчение сырья до размера частиц менее 2 мм сокращает время установления равновесия до 60 мин. Для достижения 99%-го выхода капсаицина необходимо пять стадий экстракции. Измельчение сырья до размера частиц менее 1 мм не целесообразно. Оно не приводит к сокращению времени экстракции и затрудняет фильтрацию экстрактов. Введение предварительной мацерации сырья в воде с УЗ воздействием в течение 1 ч при гидромодуле 1:5 и мощности ультразвука 128 Вт, сокращает время установления равновесия до 30 мин и число стадий экстракции до трех. При соблюдении указанных параметров выход капсаицина превышает 99%, а общее время экстракции составляет 2,5 ч, что позволяет выбрать экстракцию в качестве способа подготовки проб плодов острого перца для анализа капсаицина методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Ключевые слова: безопасность пищевых продуктов; биологически активные вещества; острый перец; капсаицин; мацерация; экстракция.

DOI: 10.17586/2310-1164-2019-12-1-62-73

Capsaicin extraction from hot pepper of *Capsicum* genusPh. D. **Natalia V. Rudometova**, natrudjob@mail.ru*All-Russian Research Institute for Food Additives – Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS
55, Liteyniy ave., St. Petersburg, 191014, Russia**ITMO University
9, Lomonosov str., St. Petersburg, 190002, Russia***Irina S. Kim**, vniipakk55@mail.ru*All-Russian Research Institute for Food Additives – Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS
55, Liteyniy ave., St. Petersburg, 191014, Russia*

Hot pepper (*Capsicum annuum L.*) contains capsaicin – potentially dangerous biologically active substance. The use of capsaicin in the manufacture of food products is prohibited. In E160c food dye (paprika extract) capsaicin content should not exceed 250 mg/kg. In order to develop a method of capsaicin analysis the process of its isolation from hot pepper was studied. The effect of the extractant, the ratio of plant material and extractant, particle size, and pre-maceration of plant raw materials on the kinetics and the multiplicity

of extraction of capsaicin were studied. Liquid extraction of capsaicin was carried out from the dried hot pepper with constant stirring and the ratio of plant material and the extractant from 20:1 to 50:1. Methanol, ethanol, and their aqueous solutions were used as extractants. The extraction efficiency was assessed by the content of total extractives and capsaicin. Analysis of the extracts was carried out by the methods of spectrophotometry and by high performance thin layer and liquid chromatography. The study of the extraction kinetics showed that the time to establish the equilibrium concentration of capsaicin does not depend on the type of extractant, and the ratio of plant material and extractant. Grinding the raw material to a particle size of less than 2 mm reduces the equilibrium time to 60 minutes. To achieve 99% yield of capsaicin five extraction steps are necessary. Grinding of raw materials to a particle size of less than 1 mm is not advisable. It does not reduce the extraction time and makes it difficult to filter the extracts. Pre-maceration of raw materials in water with ultrasonic exposure for 1 hour at the hydro-module of 1:5 and with the ultrasound power of 128 W reduces the time to establish equilibrium to 30 minutes and the number of extraction stages to three. If these parameters are observed the yield of capsaicin exceeds 99%, and the total extraction time is 2.5 hours, which makes it possible to choose extraction as a method for preparing samples of hot pepper for analyzing capsaicin by high performance liquid chromatography.

Keywords: food safety; biological active substances; extraction; hot pepper; capsaicin; maceration; extraction.

Введение

Развитие фармацевтической промышленности, биотехнологии, химии, а также суперсовременные технологии переработки растительного сырья обеспечили возможность производства и сформировали высокую востребованность в обогащенной биологически активными веществами (БАВ) пищевой продукции [1, 2]. В современных условиях растительное пищевое сырье рассматривается как эффективное средство для поддержания здоровья и снижения риска возникновения многих заболеваний, связанных с нарушением обмена веществ, поэтому лекарственные растения активно внедряются в производство пищевой продукции массового потребления [3, 4].

Вместе с полезными БАВ в пищевые продукты из растительного сырья могут поступать вещества, обладающие нежелательным и вредным воздействием на организм человека. Особенную актуальность вопросы безопасного применения растительного сырья приобретают с развитием одного из перспективных направлений сельскохозяйственной науки, а именно, биофортификации – обогащения растений необходимыми нутриентами с помощью методов селекции и генной инженерии [5].

Многие растения содержат вещества, обладающие антиоксидантными свойствами. К таким веществам относится алкалоид капсаицин и его производные, синтезируемые острыми сортами красного перца. При этом перец – единственная культура, которая является источником капсаицина [6].

Именно капсаицин и его гомологи (капсаициноиды) вызывают сильное раздражающее действие верхних дыхательных путей, кожи и слизистых оболочек. Поэтому они используются в газовом оружии самообороны и аэрозольных устройствах [7]. Острая токсичность (LD50) при пероральном приеме капсаицина составляет 47,2 мг/кг массы мыши, острая токсичность (LD50) при контакте с кожей – более 512 мг/кг массы мыши.

Тест для измерения жгучести или остроты перцев рода *Capsicum* был предложен в 1912 г. американским ученым химиком Уилбуром Сковиллом. Единицу измерения остроты перца назвали его именем – сковилл (scoville). Жгучесть капсаицина соответствует 16 млн. ед. сковилл, жгучесть перцовых баллончиков – от 2 до 5 млн. ед., кайенского перца – 50 тыс. ед., сладкой паприки – 0 ед. [8].

Капсаицин (C₁₈H₂₇NO₃) – 8-метил-N-ванилил-транс-6-ноненамид, имеет молярную массу 305,41 г/моль, температуру плавления в диапазоне от 62 до 65°C и температуру кипения в диапазоне от 210 до 220°C при давлении 0,01 мм рт. ст. Капсаицин практически не растворим в водных растворах, но легко растворяется в органических растворителях, этиловом спирте и жирах. При гидролизе капсаицин расщепляется на ванилиламин и дециленовую (метилноненовую) кислоту. Строение капсаицина установлено в 1920 и подтверждено в 1930 г. синтезом из ванилиламина и хлорангидрида дециленовой кислоты (рисунок 1).

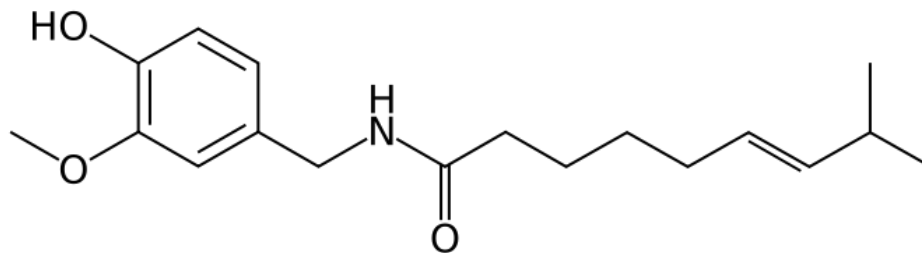


Рисунок 1 – Структурная формула капсаицина

Figure 1. Capsaicin chemical structure

Капсаициноиды обладают высокой биологической активностью: антиоксидантной, антиканцерогенной, противовоспалительной [9, 10]. Известно, что различные сорта перца значительно отличаются по морфологическим свойствам и биохимическому составу, определяемым генотипом и условиями произрастания культуры [11]. Лекарственные препараты, содержащие капсаицин, широко применяются для лечения воспалительных заболеваний различной этиологии. Тем не менее, в Государственной Фармакопее Российской Федерации [12] фармакопейная статья на лекарственное растительное сырье стручкового перца отсутствует. Действующий межгосударственный стандарт ГОСТ 14260-89 «Плоды перца стручкового. Технические условия» распространяется на зрелые высушенные плоды горьких сортов стручкового перца (*Capsicum annuum L.*), предназначенные только для использования в качестве лекарственного сырья и устанавливает метод определения массовой доли капсаициноидов методом СФ после разделения компонентов методом ТСХ.

В соответствии с требованиями Регламента ЕС № 231/2012 [13], содержание капсаицина в пищевом красителе экстракты паприки E160c, не должно превышать 250 мг/кг. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 029/2012 запрещает использование капсаицина при производстве пищевой продукции в качестве вкусоароматического вещества. В связи с этим, в целях обеспечения безопасности пищевой продукции необходимы методики, осуществляющие контроль наличия и содержания капсаицина как в растительном сырье, так и в продуктах его переработки.

Ранее нами показано, что операцией, в значительной степени определяющей достоверность анализа, является подготовка пробы, обеспечивающей исчерпывающее выделение целевого вещества или группы веществ из анализируемого матрикса [14, 15].

Одним из самых распространенных методов выделения БАВ из растительного сырья, в том числе и капсаицина, является экстракция [16]. При этом применяются такие различные ее варианты, как мацерация [16, 17], твердофазная микроэкстракция [10, 18], двухфазная экстракция [19], суперкритическая флюидная экстракция [20, 21], экстракция под давлением [10]. Для экстрагирования используются этанол [5, 22], водные растворы этанола [16, 17, 23], метанол [13, 18], ацетонитрил и ацетон [14]. Для интенсификации процесса экстракции применяется измельчение [23, 24], его кавитационная обработка [25], микроволновое [10] и ультразвуковое (УЗ) воздействие [23, 26, 27]. Однако данные о параметрах процесса экстракции, обеспечивающих исчерпывающее выделение капсаицина из растительного сырья и пищевых ингредиентов, в литературных источниках не представлены, поэтому изучение экстракции капсаициноидов в целях обеспечения требований технических регламентов Таможенного союза к безопасности пищевой продукции, является актуальной задачей.

Материалы и методы

Для исследования использовали образцы сухого острого перца производства ООО «Гамма Маркет»; образцы пищевого красителя экстракты паприки E160c, производства АО «Эко Ресурс», аналитический стандарт Sigma-Aldrich с содержанием капсаицина не менее 99%.

Для экстракции БАВ из растительного сырья использовали ультразвуковую ванну Sonogex DK 255 P с эффективной мощностью 160 Вт и частотой ультразвука 35 кГц и перемешивающее устройство (встряхиватель) WU-4, Польша.

В качестве экстрагентов использовали этиловый спирт с массовой долей 94% и водные растворы

этилового и метилового спиртов. Полученные экстракты фильтровали.

Плоды стручкового перца механически измельчали и просеивали через сита с отверстиями 5; 2 и 1 мм.

Выделение капсаицина из острого перца проводили:

- ✓ при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и постоянном перемешивании при гидромодуле от 1:20 до 1:50;
- ✓ при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и постоянном перемешивании при гидромодуле от 1:25 до 1:50 с предварительной мацерацией в дистиллированной воде в статических условиях и при ультразвуковом воздействии с частотой ультразвука 35 кГц, мощностью 128 Вт при температуре $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$ и гидромодуле от 1:6 до 1:10 в течение 1 ч;
- ✓ при температуре $(79 \pm 1)^\circ\text{C}$ и гидромодуле 1:20 в течение 30 мин.

Анализ экстрактов проводили:

- спектрофотометрическим методом при характеристической длине волны 280 нм на двухлучевом сканирующем спектрофотометре Shimadzu UV-1800 со спектральным диапазоном от 190 до 1100 нм и программой обработки данных;
- методом обращенно-фазовой ВЭЖХ на хроматографе VARIAN 920 – LC с колонкой Chromsep Microsorb 100 5 C18, размерами 250 x 4,6 мм, при детектировании при длине волны 280 нм с использованием диодно-матричного детектора с автоматическим управлением и обработкой данных на базе программного обеспечения GALAXIE. Количественное определение капсаицина проводили методом внешнего стандарта с построением градуировочной зависимости по аналитическому стандарту капсаицина;
- методом высокоэффективной тонкослойной хроматографии (ВЭТСХ) на установке для ТС. Разделение проводили в элюирующих системах, содержащих хлороформ и этанол в соотношениях (19:1) и (9,9:0,1).

Математическую обработку экспериментальных данных проводили в программах Microsoft Excel 2013.

Результаты и обсуждение

Сравнение спектрограмм аналитического стандарта капсаицина (рисунок 2) и экстрактов, полученных с использованием различных экстрагентов (рисунок 3), показало, что максимум поглощения в ультрафиолетовой области спектра, характерный для капсаицина, регистрируется и в экстрактах, независимо от вида используемого экстрагента. Наибольшее количество экстрактивных веществ дает экстракция 90%-м водным раствором этанола в условиях нагревания экстракционной смеси до температуры $(79 \pm 1)^\circ\text{C}$ (рисунок 3, кривая 4).

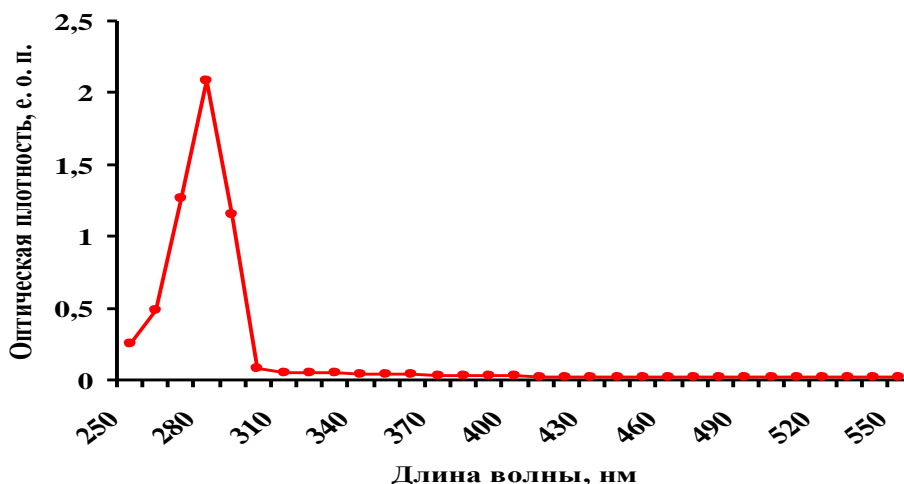


Рисунок 2 – Спектрограмма раствора аналитического стандарта капсаицина «Sigma-Aldrich» в метаноле

Figure 2. Spectrogram of Sigma-Aldrich (analytical reference for capsaicin) solution in methanol

Исследование компонентного состава экстрактов методом ВЭТСХ с использованием в качестве элюента смеси хлороформа с этанолом в различных соотношениях, с последующим проявлением

хроматограмм смесью хлорного железа и феррицианида калия, подтвердили наличие капсаициноидов только в экстрактах плодов стручкового перца (рисунок 4).

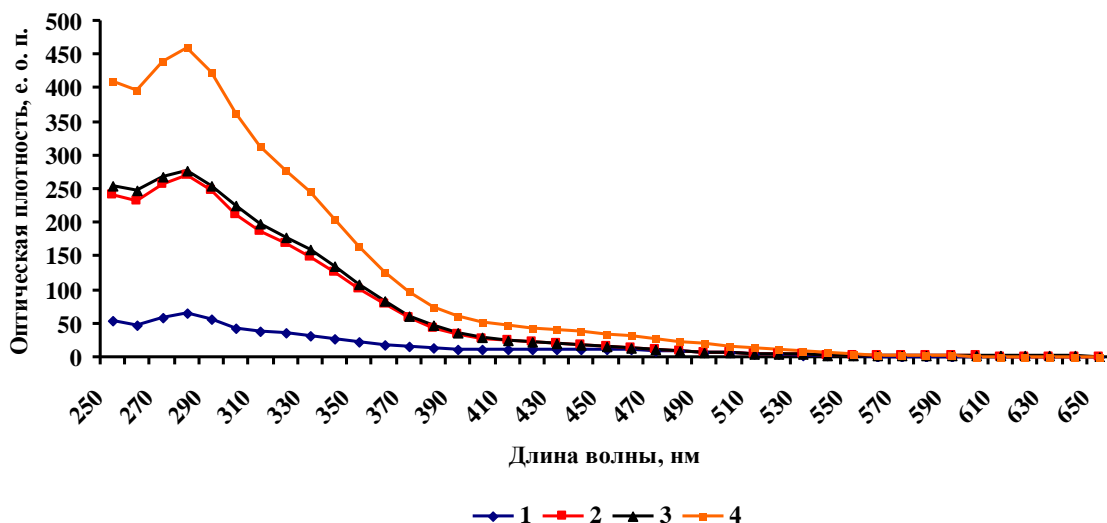
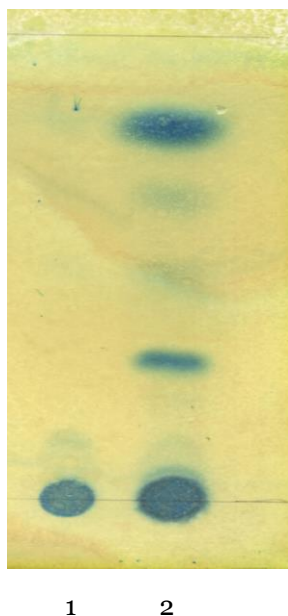


Рисунок 3 – Спектрограммы экстрактов плодов стручкового перца, полученных при использовании различных экстрагентов: 1 – этанол; 2 – 70%-й водный раствор этанола; 3 – 70% -й водный раствор метанола; 4 – 90%-й водный раствор этанола при температуре $(79 \pm 1)^\circ\text{C}$

Figure 3. Spectrogram of hot pepper extracts by the following extractants: 1 – ethanol; 2 – 70% ethanol aqueous solution; 3 – 70% methanol aqueous solution; 4 – 90% ethanol aqueous solution at the temperature of $(79 \pm 1)^\circ\text{C}$



Капсаицин $R_f = 0,3$

Рисунок 4 – Результат ВЭТСХ - анализа экстрактов паприки (1) и плодов стручкового перца (2)

Figure 4. High-performance thin-layer chromatography of paprika (1) and hot pepper (2) extracts

Исследование кинетики экстракции показало, что время установления равновесия в экстракционной системе практически не зависит от гидромодуля (рисунок 5), в отличие от влияния вида экстрагента. Так, при экстракции в этаноле равновесие устанавливается через 60 мин, а в 70% водных растворах этанола и метанола в диапазоне от 90 до 120 мин (рисунок 6). Очевидно, это связано с тем, что в водных растворах увеличивается экстракция гидрофильных веществ, в результате чего продлевается время достижение равновесия и возрастает содержание экстрактивных веществ в экстракте.

Ранее нами было установлено, что уменьшение размера частиц растительного сырья и его предварительная мацерация в воде с УЗ воздействием значительно сокращает время достижения равновесия в экстракционной системе и увеличивает эффективность экстракции [23, 27].

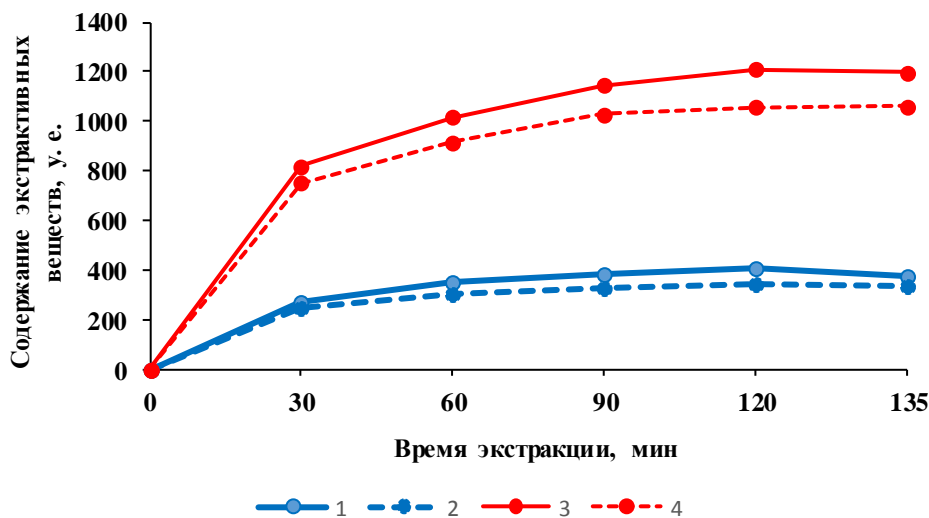


Рисунок 5 – Влияние гидромодуля на кинетику экстракции: 1 –этанол, гидромодуль 1:25; 2 – этанол, гидромодуль 1:50; 3 – 70% водный раствор этанола, гидромодуль 1:25; 4 – 70% водный раствор этанола, гидромодуль 1:50
 Figure 5. The influence of the ratio of plant material and extractant on extraction kinetics: 1 –ethanol, the ratio is 1: 25; 2 – ethanol, the ratio is 1:50; 3 – 70% ethanol aqueous solution, the ratio is 1:25; 4 – 70% ethanol aqueous solution, the ratio is 1:50

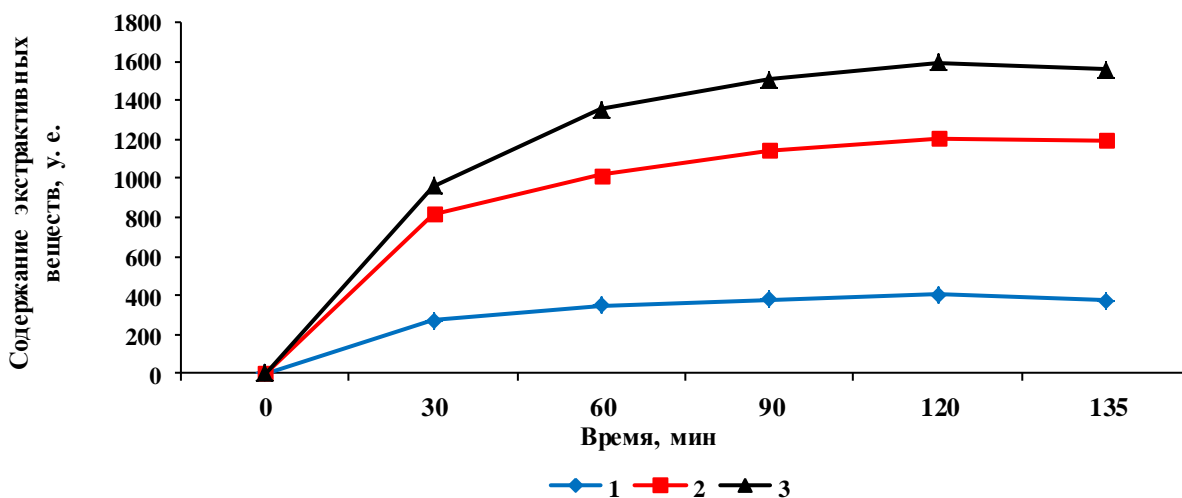


Рисунок 6 – Влияние вида экстрагента на кинетику экстракции: 1 –этанол; 2 – 70%-й водный раствор этанола; 3 – 70%-й водный раствор метанола
 Figure 6. The influence of extractant type on extraction kinetics: 1 –ethanol; 2 – 70% ethanol aqueous solution; 3 – 70% methanol aqueous solution

Эксперименты по определению влияния этих параметров на кинетику экстракции стручкового перца показали, что его измельчение до размера частиц $2 \text{ мм} > d > 1 \text{ мм}$ при использовании в качестве экстрагента 70%-го водного раствора этанола приводит к сокращению времени достижения равновесия в экстракционных системах до 75 мин (рисунок 7). Предварительная мацерация измельченного стручкового перца в воде с УЗ-воздействием частотой ультразвука 35 кГц, мощностью 128 Вт и гидромодуле от 1:5 до 1:10 в течение 1 ч, позволяет сократить минимальное время установления равновесия при экстракции до 30 мин (рисунок 8).

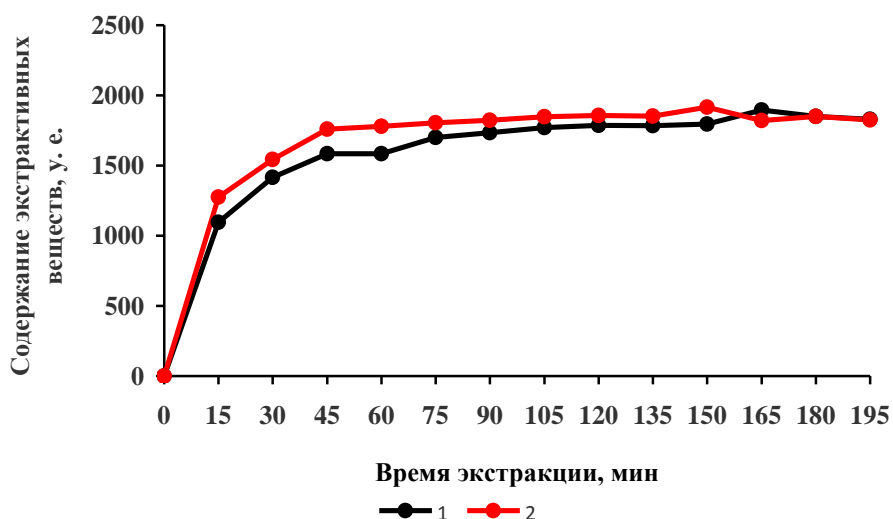


Рисунок 7 – Влияние размера частиц на кинетику экстракции 70% водным раствором этанола: 1 – сырье с размером частиц 2 мм > d > 1 мм; 2 – сырье с размером частиц d < 1 мм

Figure 7. The influence of particle size on the kinetics of extraction with 70% ethanol aqueous solution: 1 – 1-2 mm particle size of raw materials; 2 – particle size of raw materials < 1 mm

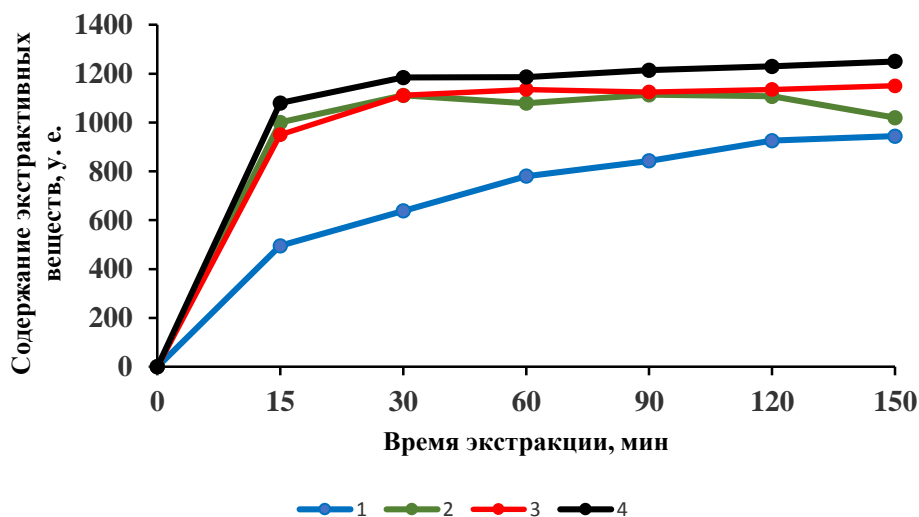


Рисунок 8 – Влияние предварительной мацерации сырья с размером частиц 2 мм > d > 1 мм на кинетику экстракции этанолом: 1 – без предварительной мацерации сырья; 2 – с предварительной мацерацией сырья в воде в течение 1 ч при гидромодуле 1:5; 3, 4 – с предварительной мацерацией сырья в воде в течение 1 ч с УЗ воздействием мощностью 128 Вт и гидромодуле 1:5 (3) и 1:10 (4)

Figure 8. The influence of pre-maceration of the 1–2 mm particle size raw materials on the kinetics of extraction by ethanol: 1 – without pre-maceration; 2 – with pre-maceration in water for 1 hour at the ratio of plant material and extractant of 1:5; 3, 4 – with pre-maceration in water for 1 hour with ultrasonic treatment of 128 W and at the ratio of plant material and extractant of 1:5 (3) and 1:10 (4)

Измельчение сырья до размера частиц менее 1 мм не целесообразно, так как в этом случае не происходит значимого сокращения времени экстракции, а содержащаяся в экстрактах взвесь мелкодисперсных частиц приводит к затруднениям при фильтрации.

Для определения числа стадий, обеспечивающих исчерпывающую экстракцию, исследовали влияние экстрагента и предварительной мацерации сырья на полноту выделения экстрактивных веществ.

Эксперименты проводили на сырье с размером частиц $2 \text{ мм} > d > 1 \text{ мм}$. Установлено, что вид используемого экстрагента не влияет на кратность экстракции: выход экстрактивных веществ при девятикратном экстрагировании достигает 97%, как при использовании этанола, так и при использовании водных растворов этанола и метанола. Поэтому качестве экстрагента целесообразно использовать 70% водный раствор этанола, что при практически одинаковой экстракционной способности, позволяет сократить расход этилового спирта. Кроме того, этанол обладает меньшей токсичностью и большей доступностью по сравнению с метанолом. Напротив, введение стадии предварительной мацерации сырья в воде приводит к сокращению числа стадий экстракции с девяти до шести. При этом выход экстрактивных веществ достигает 99% (рисунок 9).

Определение капсаицина в экстрактах показало, что его равновесная концентрация достигается за 60 мин и не зависит от вида экстрагента. Результаты, полученные при определении числа стадий, обеспечивающих исчерпывающую экстракцию капсаицина из растительного сырья, подтвердили отсутствие влияния вида экстрагента на кратность экстракции. Выход капсаицина при пятикратном экстрагировании достигает 99%, как при использовании этанола, так и при использовании его 70% водного раствора. Аналогично, введение стадии предварительной мацерации сырья в воде приводит к сокращению числа стадий экстракции с пяти до трех. При этом выход капсаицина превышает 99% (рисунок 10).

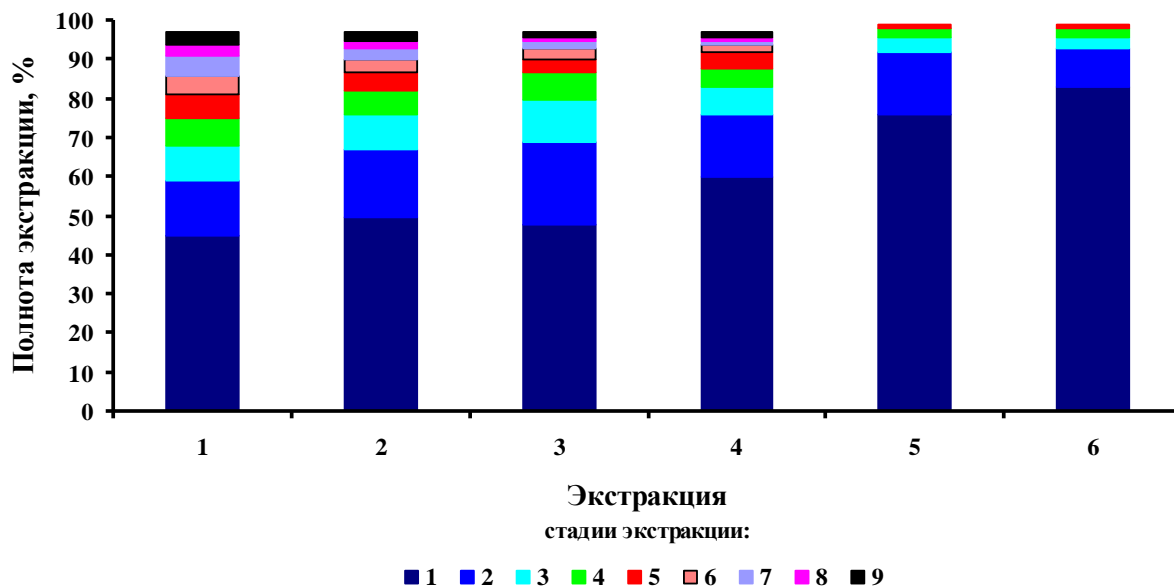


Рисунок 9 – Влияние вида экстрагента и способа мацерации сухого стручкового перца на кратность экстракции: 1 – экстракция этанолом; 2 – экстракция 70% водным раствором этанола; 3 – экстракция 70% водным раствором метанола; 4 – экстракция 90% водным раствором этанола при температуре $(79 \pm 1)^\circ\text{C}$; 5 – экстракция этанолом с мацерацией при УЗ воздействии; 6 – экстракция 70% водным раствором этанола с мацерацией при УЗ воздействии

Figure 9. The influence of extarctant type dry hot pepper maceration method on the rate of extraction: 1 – extraction by ethanol; 2 – extraction by 70% ethanol aqueous solution; 3 – extraction by 70% methanol aqueous solution; 4 – extraction by 90% ethanol aqueous solution at the temperature of $(79 \pm 1)^\circ\text{C}$; 5 – extraction by ethanol with maceration with ultrasonic treatment; 6 – extraction by 70% ethanol aqueous solution with maceration with ultrasonic treatment

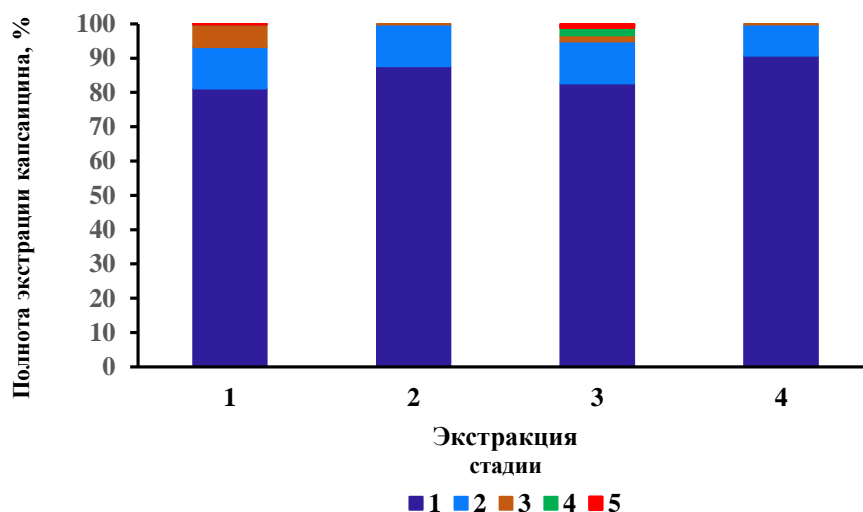


Рисунок 10 – Влияние вида экстрагента и способа мацерации сухих плодов стручкового перца на кратность экстракции капсаицина: 1 – экстракция этанолом; 2 – экстракция 70% водным раствором этанола; 3 – экстракция этанолом с мацерацией при УЗ воздействии; 4 – экстракция 70% водным раствором этанола с мацерацией при УЗ воздействии

Figure 10. The influence of extarctant type and dry hot pepper maceration method on the rate of capsaicin extraction: 1 – extraction by ethanol; 2 – extraction by 70% ethanol aqueous solution; 3 – extraction by ethanol with maceration with ultrasonic treatment; 4 – extraction by 70% ethanol aqueous solution with maceration with ultrasonic treatment

Таким образом, был изучен процесс выделения капсаицина из растительного сырья и в результате анализа данных мультифакторного эксперимента установлены основные параметры процесса экстракции, обеспечивающие исчерпывающее выделение капсаициноидов из плодов стручкового перца: размер частиц сырья, время экстракции, гидромодуль, вид экстрагента, предварительная мацерация сырья в воде с УЗ воздействием и число стадий экстракции.

Выводы

Результаты мультифакторного эксперимента позволили установить основные закономерности процесса экстракции и показать, что измельчение сырья, мацерация его в дистиллированной воде и проведение экстракции в 70%-ом водном растворе этанола обеспечивает исчерпывающую экстракцию капсаицина из плодов острого перца.

Исследованы свойства полученных экстрактов и обоснованы параметры экстракции: время экстракции 30 мин; использование в качестве экстрагента 70%-го водного раствора этанола; трехстадийная экстракция с гидромодулем 1:50; измельчение сырья до размера частиц $2 \text{ мм} > d > 1 \text{ мм}$ и предварительная мацерация сырья в воде с УЗ воздействием в течение 1 ч при гидромодуле 1:5 и мощности ультразвука 128 Вт.

При соблюдении указанных параметров выход капсаицина превышает 99%, а время экстракции сокращается в два раза (с 5 до 2,5 ч) что позволяет выбрать экстракцию в качестве способа подготовки проб плодов острого перца для анализа капсаицина. В продолжение исследований будет разработан быстрый и эффективный способ анализа капсаицина методом ВЭЖХ, который позволит обеспечить безопасное использование препаратов острого перца в пищевых производствах и соблюдение требований технических регламентов Таможенного союза.

Литература

1. Струпан Е.А., Колодязная В.С., Струпан О.А. Технология получения экстрактов из дикорастущего растительного сырья, широко применяемого в пищевой промышленности и фитотерапии // Вестник КрасГАУ. 2012. № 8. С. 199–205.
2. Петренко А.С., Суханов Б.П. Практика использования биологически активных добавок к пище в зарубежных странах (на примере США) // Вопросы питания. 2011. Т. 80. № 1. С.55–63.

3. Парфенова Т.В., Коростылева Л.А., Текутьева Л.А., Сон О.М., Мухортов С.А., Алексеев Н.Н. Фитоджемы с растительными экстрактами // Пищевая промышленность. 2012. № 12. С. 72–73.
4. Белова А.А., Базарнова Ю.Г. Исследование фенольного состава дикорастущих трав методом высокоэффективной жидкостной хроматографии // Хранение и переработка сельхозсырья. 2014. № 2. С. 48–51.
5. Мамедов М.И., Пышина О.Н., Джос Е.А., Байков А.А., Матюкина А.А. Содержание полифенолов, аскорбиновой кислоты и антиоксидантные свойства плодов *Capsicum chinense* Jacq // Овощи России. 2016. № 4. С. 84–89.
6. Голубкина Н.А. Джос Е.А., Пышина О.Н., Надежкин С. М. Некоторые биохимические особенности плодов перца острого, выращенного в Московской области // Доклады РАСХН. 2013. № 6. С. 24–27.
7. Брон А.Н., Завьялова Н.Е. Капсаицин: свойства и методы исследования // Криміналістичний вісник. 2013. № 2(20). С. 192–200.
8. Nwoken C.O., Agbaji E.B., Kagbu J.A., Ekanem E.J. Determination of capsaicin content and pungency level of five different peppers ground in Nigeria. *NY Science Journal*. 2010, V. 3, no. 9, pp. 17–21.
9. Reyes-Escogido de Lourdes M., Gonzales-Mondragon E.G., Vazques- Tzompantzi E. Chemical and pharmacological aspects of capsaicin. *Molecules*. 2011, V. 16, pp. 1253–1270.
10. Sganzerla Marla, Pereira Coutinho Janclei, Marchi Tavares de Melo Ariete, Teixeira Godoy Helena Fast method for capsaicinoids analysis from *Capsicum chinense* fruits. *Food Research International*. 2014, V. 64, pp. 718–725.
11. Wahyuni Y., Ballester A.R., Sudarmonowati E., Bino J., Bovy R. A. G. Metabolite biodiversity in pepper (*Capsicum*) fruits of thirty-two diverse accessions: Variation in health-related compounds and implication for breeding. *Phytochemistry*. 2011, V. 72, pp. 1358–1370.
12. Государственная Фармакопея Российской Федерации XIII издание. М.: ФЭМБ, 2015. Т. 3. 292 с.
13. Commission Regulation (EU) № 231/2012 of 9 March 2012 laying down specification for food additives listed in Annexes II and III to Regulation (EC) № 1333/2008 of the European Parliament and of the Council. *Official Journal of the European Union*. L 83/1. pp. 1–295.
14. Рудометова Н.В. Контроль потенциально опасных биологически активных веществ в растительном сырье // Молочная промышленность. 2015. № 1. С. 54–56.
15. Рудометова Н.В. Контроль потенциально опасных биологически активных веществ для обеспечения безопасности хлебобулочных изделий // Материалы научно-практической конференции «Усиление конкурентного потенциала пищевых предприятий путем развития эффективных биотехнологий» (Санкт-Петербург, 15–16 сентября 2016 г.). М.: Изд-во Буки Веди. 2016. С. 107–111.
16. Рудометова Н.В., Никуфорова Т.А., Ким И.С. Исследование экстракции гиперического из зверобоя продырявленного (*Hypericum perforatum* L.) // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2016. № 4. С. 32–39.
17. Hou Wei. *Production technology for removing capsaicin from capsicum red pigment*. Pat. 104629436 China, IPC A23L27/10. Publ. 20.05.2015.
18. Maokam C., Techawongstien S., Chanthai S. Determination of major and minor capsaicinoids in different varieties of the *Capsicum* fruits using GC-MS and their inhibition effect of chilli extract on α -amylase activity. *International Food Research Journal*. 2014, V. 21, no. 6, pp. 2237–2243.
19. Cui Bo, Zhao Peipei, Tan Congping, Lu Yanmin. *Method for extracting capsaicin from chili extract by using double phase extraction technology*. Pat. 104058988 China, IPC C07C231/24. Publ. 24.09.2014.
20. Wen Ming, Xu Tianhua, Wu Zhonghua, He Qilei. *Process for continuously extracting capsorubin and capsaicin from hot pepper through ultra-critical CO₂*. Pat. 107022202 China, IPC C07C231/24. Publ. 08.08.2017.
21. Kim Ji Sang, Lee Hye Jin, Ok Seong Hyun, Choi Hyun Ju, Kim Gyo Nam, Kim Ryeong Hyeon. *Method for producing hot pepper extract*. Pat. 20170096837 Korea, IPC A23L19/00. Publ. 25.08.2017.
22. Qi Lijun, Chu Yanwei, Huang Liyong, Wei Zhanjiao. *Method for preparing high-purity capsaicin*. Pat. 1040529806 China, IPC C07C231/24. Publ. 22.04.2015.
23. Рудометова Н.В., Ким И.С. Анализ потенциально опасных биологически активных веществ в целях безопасного применения растительного сырья в пищевых производствах // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2017. № 4. С. 41–50.
24. Zhang Yu, Cao Jianxin, Nie Dengpan, Yan Jian, Lu Qiao, Zhang Yi. *Method for rapidly extracting and separating capsanthin and capsaicin from red chillies*. Pat. 105017055 China, IPC C07C231/24. Publ. 04.11.2015.

25. Joel Salomon Casanova Ortis, Diego Ramon Briceno Dominguez, Ivonne Cruz Santander, Pamela Neftaly Yah Nahuat, Ruby del Rocio Bacab Cocom, Yamireth Amairani Cervera Marin. *Capsaicinoids extraction process accelerated by cavitation with a minimum effect in capsicum genus fresh fruits*. Pat. 2015017417 Mexico, IPC A23L27/12. Publ. 15.06.2015.
26. Wei Yong, Liu Yushen, Huang Junlin, Li Shiyuan, Fan Mingda, Ma Chunyan. *Process for extracting chili with high capsaicin content*. Pat. 105566142 China, IPC Co7C231/24. Publ. 11.05.2016.
27. Рудометова Н.В., Ким И.С., Иванова Е.В. Экстракция потенциально опасных биологически активных веществ из растительного сырья // Материалы 20-я Международной научно-практической конференции, посвященной памяти В. М. Горбатова «Актуальные вопросы развития устойчивых, потребитель – ориентированных технологий пищевой и перерабатывающей промышленности АПК» (Москва, 7–8 декабря 2017 г.) Москва, 2017. С. 296–298.

References

1. Strupan E.A., Kolodyaznaya V.S., Strupan O.A. Tekhnologiya polucheniya ekstraktov iz dikorastushchego rastitel'nogo syr'ya, shiroko primenyaemogo v pishchevoi promyshlennosti i fitoterapii [Technology of extracts reception from wild-growing vegetative raw materials widely applied in food-processing industry and herbal therapy]. *Vestnik KrasGAU*. 2012, no. 8, pp.199–205.
2. Petrenko A.S., Sukhanov B.P. Praktika ispol'zovaniya biologicheskii aktivnykh dobavok k pishche v zarubezhnykh stranakh [The practice of using biologically active food supplements in foreign countries (for example United States of America)]. *Food questions*. 2011, V. 80, no. 1, pp. 55–63.
3. Parfenova T.V., Korostyleva L.A., Tekut'eva L.A., Son O.M., Mukhortov S.A., Alekseev N.N. Fitodzemy s rastitel'nymi ekstraktami [Phytojams with plant extracts]. *Food industry*. 2012, no. 12, pp. 72–73.
4. Belova A.A., Bazarnova Yu.G. Issledovanie fenol'nogo sostava dikorastushchikh trav metodom vysokoeffektivnoi zhidkostnoi khromatografii [Research of phenolic composition of wild herbs by high performance liquid chromatography method]. *Storage and processing of farm products*. 2014, no. 2, pp. 48–51.
5. Mamedov M.I., Py`shnaya O.N., Dzhos E.A., Bajkov A.A., Matyukina A.A. Soderzhanie polifenolov, askorbinovoj kisloty` i antioksidantny`e svoystva plodov Capsicum chinense Jacq [The content of polyphenols, ascorbic acid and the antioxidant properties of the fruit Capsicum chinense Jacq]. *Vegetable crops of Russia*. 2016, no. 4, pp. 84–89.
6. Golubkina N.A. Dzhos E.A., Py`shnaya O.N., Nadezhkin S. M. Nekotory`e bioximicheskie osobennosti plodov perca ostrogo, vy`rashhennogo v Moskovskoj oblasti Some biochemical features of hot pepper fruit grown in the Moscow region [Some biochemical features of hot pepper fruit grown in the Moscow region]. *Reports of the Russian Academy of agricultural sciences*. 2013, no. 6, pp. 24–27.
7. Bron A.N., Zav`yalova N.E. Kapsaicin: svoystva i metody` issledovaniya [Capsaicin: properties and research methods]. *Criminological messenger*. 2013, no. 2 (20), pp. 192–200.
8. Nwoken C.O., Agbaji E.B., Kagbu J.A., Ekanem E.J. Determination of capsaicin content and pungency level of five different peppers ground in Nigeria. *NY Science Journal*. 2010, V. 3, no. 9, pp. 17–21.
9. Reyes-Escogido de Lourdes M., Gonzales-Mondragon E.G., Vazques- Tzompantzi E. Chemical and pharmacological aspects of capsaicin. *Molecules*. 2011, V. 16, pp. 1253–1270.
10. Sganzerla Marla, Pereira Coutinho Janclei, Marchi Tavares de Melo Ariete, Teixeira Godoy Helena Fast method for capsaicinoids analysis from Capsicum chinense fruits. *Food Research International*. 2014, V. 64, pp. 718–725.
11. Wahyuni Y., Ballester A.R., Sudarmonowati E., Bino J., Bovy R. A. G. Metabolite biodiversity in pepper (Capsicum) fruits of thirty-two diverse accessions: Variation in health-related compounds and implication for breeding. *Phytochemistry*. 2011, V. 72, pp. 1358–1370.
12. Gosudarstvennaya Farmakopeya Rossijskoj Federacii XIII izdanie [State Pharmacopoeia of the Russian Federation XIII edition]. Moscow, *FEML Publ.*, 2015, V. 3, 292 p.
13. Commission Regulation (EU) № 231/2012 of 9 March 2012 laying down specification for food additives listed in Annexes II and III to Regulation (EC) № 1333/2008 of the European Parliament and of the Council. *Official Journal of the European Union*. L 83/1. pp. 1–295.
14. Rudometova N.V. Kontrol' potentsial'no opasnykh biologicheskii aktivnykh veshchestv v rastitel'nom syr'e [Control of potentially hazardous biologically active substances in plant raw materials]. *Dairy industry*. 2015, no. 1, pp. 54–56.
15. Rudometova N.V. Kontrol' potentsial'no opasnykh biologicheskii aktivnykh veshchestv dlya obespecheniya bezopasnosti khlebobulochnykh izdelii. [Control of potentially dangerous biologically active substances to ensure the safety of bakery products]. *Proceeding of the scientific and practical conference with international participation*

- “Strengthening the competitive potential of food enterprises through the development of effective biotechnologies” (St. Petersburg, September 15–16, 2016). Moscow, Buki vedi Publ. 2016, pp. 107–111.
16. Rudometova N.V., Nikiforova T.A., Kim I.S. Issledovanie ekstraktsii giperitsina iz zveroboya pro-dyryavlenogo (Hypericum perforatum L.) [Extraction of hypericin from St. John’s Wort (Hypericum perforatum L.)]. *Processes and Food Production Equipment*. 2016, no. 4, pp. 32–39.
 17. Hou Wei. *Prodaction technology for removing capsaicin from capsicum red pigment*. Pat. 104629436 China, IPC A23L27/10. Publ. 20.05.2015.
 18. Maokam C., Techawongstien S., Chanthai S. Determination of major and minor capsaicinoids in different varieties of the Capsicum fruits using GC-MS and their inhibition effect of chilli extract on α -amylase activity. *International Food Research Journal*. 2014, V. 21, no. 6, pp. 2237–2243.
 19. Cui Bo, Zhao Peipei, Tan Congping, Lu Yanmin. *Method for extracting capsaicin from chili extract by using double phase extraction technology*. Pat. 104058988 China, IPC C07C231/24. Publ. 24.09.2014.
 20. Wen Ming, Xu Tianhua, Wu Zhonghua, He Qilei. *Process for continuously extracting capsorubin and capsaicin from hot pepper through ultra-critical CO₂*. Pat. 107022202 China, IPC C07C231/24. Publ. 08.08.2017.
 21. Kim Ji Sang, Lee Hye Jin, Ok Seong Hyun, Choi Hyun Ju, Kim Gyo Nam, Kim Ryeong Hyeon. *Method for producing hot pepper extract*. Pat. 20170096837 Korea, IPC A23L19/00. Publ. 25.08.2017.
 22. Qi Lijun, Chu Yanwei, Huang Liyong, Wei Zhanjiao. *Method for preparing high-purity capsaicin*. Pat. 1040529806 China, IPC C07C231/24. Publ. 22.04.2015.
 23. Rudometova N.V., Kim I.S. Analiz potencial`no opasny`x biologicheski aktivny`x veshhestv v celyax bezopasnogo primeneniya rastitel`nogo syr`ya v pishhevy`x proizvodstvax [Analysis potentially dangerous biologically active substances for the safe use of plant materials in food production]. *Processes and Food Production Equipment*. 2017, no. 4, pp. 41–50.
 24. Zhang Yu, Cao Jianxin, Nie Dengpan, Yan Jian, Lu Qiao, Zhang Yi. *Method for rapidly extracting and separating capsanthin and capsaicin from red chillies*. Pat. 105017055 China, IPC C07C231/24. Publ. 04.11.2015.
 25. Joel Salomon Casanova Ortis, Diego Ramon Briceno Dominguez, Ivonne Cruz Santander, Pamela Neftaly Yah Nahuat, Ruby del Rocio Bacab Cocom, Yamireth Amairani Cervera Marin. *Capsaicinoids extraction process accelerated by cavitation with a minimum effect in capsicum genus fresh fruits*. Pat. 2015017417 Mexico, IPC A23L27/12. Publ. 15.06.2015.
 26. Wei Yong, Liu Yushen, Huang Junlin, Li Shiyuan, Fan Mingda, Ma Chunyan. *Process for extracting chili with high capsaicin content*. Pat. 105566142 China, IPC C07C231/24. Publ. 11.05.2016.
 27. Rudometova N.V., Kim I.S., Ivanova E.V. Ekstraktsiya potentsial'no opasnykh biologicheski aktivnykh veshchestv iz rastitel'nogo syr'ya [Extraction of potentially hazardous biologically active substances from vegetable raw materials]. *Proceedings of the 20th International Scientific and Practical Conference Dedicated to the Memory of V.M. Gorbатов "Actual issues of sustainable development, consumer's oriented technologies of food and processing industry of the agro-industrial complex"* (Moscow, 7–8 December, 2017) . Moscow, 2017, pp. 296–298.

Статья поступила в редакцию 05.02.2019