УДК 664.87

В.А. Терлецкая, Е.В. Рубанка, И.Н. Зинченко

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОЦЕСС ЭКСТРАКЦИИ ПЛОДОВ РЯБИНЫ ЧЕРНОПЛОДНОЙ

Статья посвящена вопросу создания экстракта из плодов рябины черноплодной для использования в продуктах быстрого приготовления на основе зернового сырья как источник биологически активных веществ. Рассмотрен химический состав плодов рябины черноплодной и её влияние на организм человека. Проанализировано влияние различных факторов (температуры, продолжительности экстракции, гидромодуля) на физические характеристики экстрактов для получения продукта с высокими физико-химическими, биологическими и органолептическими показателями. Установлены оптимальные технологические параметры получения экстрактов из плодов рябины черноплодной.

Рябина черноплодная, экстракция, физико-химические свойства экстрактов, экстрактивность.

Введение

Питание – важнейший фактор внешней среды, определяющий правильное развитие, состояние здоровья и трудоспособность человека. На сегодняшний день организация питания населения на научно-гигиенической основе является актуальной проблемой. Решение этой задачи осуществляется по таким направлениям, как:

– повышение качества, биологической ценности и вкусовых достоинств продуктов питания;

– совершенствование ассортимента, внедрение новых эффективных способов производства продукции с учётом рационального использования сырья;

– разработка комбинированных пищевых продуктов сбалансированного питания, а также функционального назначения.

Мониторинг структуры ассортимента пищеконцентратной промышленности показывает перспективность разработки ассортимента продуктов сбалансированного питания на основе зернового сырья (хлопья, подушечки и т.д.). Преимущества продуктов быстрого приготовления как наиболее доступных продуктов питания для большей части населения очевидны. Они являются удобными для обогащения полезными для здоровья человека биологически активными веществами [1].

Одним из источников биологически активных веществ являются растения. Специфическая особенность растений состоит в том, что они способны синтезировать огромное количество самых разнообразных химических соединений, относящихся к различным классам. Но лечебными свойствами обладают лишь те из них, которым присуща физиологическая (биологическая) активность. Оказывая на организм то или иное фармакологическое действие, такие биологически активные вещества способны остановить или предотвратить патологические состояния, нормализировать и поддерживать жизнедеятельность организма [2].

К сожалению, в большинстве случаев рацион человека не способен удовлетворить его потребности в витаминах, минеральных веществах, флаваноидах, антоцианах и др. Современные технологии позволяют вносить растительные экстракты во многие пищевые продукты, таким образом, человек получает полезные для организма вещества постепенно в течение дня естественным путём через напитки и другие продукты питания [3]. Мы предлагаем использование экстракта плодов рябины черноплодной в производстве продуктов быстрого приготовления для обогащения их биологически активными веществами, такими как углеводы, минеральные вещества, полифенолы, витамины, и т.д.

Плоды рябины черноплодной содержат в своём составе: углеводы – 10 %, органические кислоты – 1,3 %, пектиновые вещества – 0,75 %; дубильные вещества – 0,6 %, аскорбиновую кислоту (витамин С) – 15 мг/%, цитрин (витамин Р) – 2000 мг/%, каротин – 2 мг/%, рибофлавин – 0,13 мг/%, фолиевую кислоту – 0,1 мг/ %, никотиновую кислоту (витамин РР) – 0,5 мг/%, витамин Е, токоферолы – 1,5 мг/%, филлохинон – 0,8 мг/%, пиродоксин – 0,06 мг/%, ниацин – 0,3 мг/%, тиамин – 0,01 мг/%, а также амигдалин, кумарины, рутин, кверцетин, кверцитрин, гесперидин, катехины, цианидин и его гликозиды, сорбит и другие соединения. Из макро- и микроэлементов в большом количестве содержатся железо, марганец, йод, а также соли молибдена, бора, марганца, меди [4]. Рябина черноплодная хорошо сохраняет витамины, повышает защитные силы организма, возбуждает аппетит, увеличивает кислотность и переваривающую способность желудочного сока. В свежем виде плоды рябины черноплодной и ее сок снижают артериальное давление при гипертонической болезни. У людей с нормальным давлением крови такого действия обычно не наблюдают [4].

Анализ литературных источников [3] показал, что химический состав рябины черноплодной освещен достаточно полно, но отсутствуют данные про кинетику прохождения процесса экстракции данного вида плодов, а также оптимальных параметров этого процесса.

Учитывая, что процесс экстрагирования – основная стадия получения экстрактов из сырья растительного происхождения, а содержание экстрактивных веществ является одной из важных характеристик, которая дает возможность установить качество экстракта, получаемого из растительного сырья,

нами исследован процесс экстракции рябины черноплодной. Известно, что процесс извлечения экстрактивных веществ зависит от ряда факторов, таких как гидромодуль, продолжительность экстракции и температура экстракта [5].

При переработке экстрактов происходят тепломассообменные процессы, влияющие на свойства экстрактов и физико-химические характеристики [5]. Поэтому особенно актуальным вопросом на сегодняшний день является исследование физико-химических свойств экстрактов рябины черноплодной в процессе экстракции для создания экстракта с высокими биологическими и органолептическими свойствами.

Объект и методы исследования

Объектом исследования служили высушенные плоды рябины черноплодной и экстракты на их основе. Экстракцию проводили методом мацерации [6]. Измельченные плоды до размера частиц 1– 2 мм экстрагировали водой, которая служит универсальным экстрагентом, она также способствует лучшему сепарированию тканей и разрыву клеточных стенок экстрагируемого сырья, облегчая тем самым течение диффузионного процесса [3]. После окончания процесса экстракции сырье отжимали и определяли экстрактивность в полученном экстракте методом высушивания до постоянной массы как основного показателя перехода сухих веществ в воду. Для исследования влияния технологических факторов на процесс экстракции были выбраны следующие факторы: температура, продолжительность экстракции, гидромодуль. Для чистоты эксперимента использовали постоянное количество измельченных плодов рябины черноплодной, которое составило 10 г.

Полученные экстракты анализировали по общепринятым методикам, которые имеют наибольшее распространение в экспериментальных исследованиях. Так, в полученных экстрактах определяли: относительную плотность пикнометрическим методом, кинематическую вязкость с помощью вискозиметров различных диаметров, а массовую долю видимых сухих веществ – рефрактометрическим методом.

Результаты и их обсуждение

С целью определения оптимального режима экстракции плодов рябины нами исследовано влияние таких основных технологических факторов, как температура, продолжительность настаивания, гидромодуль на кинетику экстрагирования веществ в воду, а также показатели качества экстракта.

При исследовании влияния технологических факторов на процесс извлечения экстрактивных веществ из рябины черноплодной было установлено, что большое влияние имеет температура экстрагента. Результаты исследования при сталом соотношении сырья до экстрагента (вода) 1:10 и продолжительностью 60 минут представлены в табл. 1. Результаты изменения содержания экстрактивных веществ в экстракте рябины черноплодной в зависимости от температуры представлены на рис. 1.

Таблица 1

Влияние температуры на процесс экстракции рябины черноплодной

Температура экстракции, °С	Относительная плотность экстракта, уд. ед.	Коэффициент кинематической вязкости экстракта, мм^2/с	Массовая доля сухих веществ экстракта, %
50	1,019	1,887	5,2
60	1,020	1,730	5,5
70	1,021	1,698	6,0
80	1,022	1,682	6,2
90	1,022	1,292	6,2

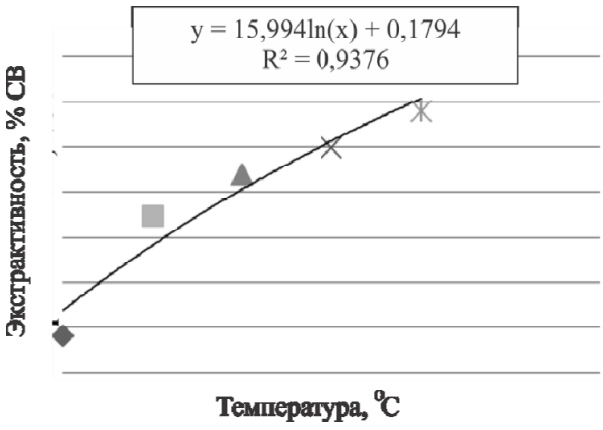

Рис. 1. Кинетика изменения содержания экстрактивных веществ в зависимости от температуры

Из табл. 1 видно, что повышение температуры экстрагента способствует увеличению выхода сухих веществ. При экстракции сырья водой при температуре 90 °С переход сухих веществ в воду на 1,0 % сухих веществ (СВ) выше, чем при 50 °С, что подтверждается повышением относительной плотности. Данные изменения связаны с увеличением скорости химических реакций, что приводит к увеличению перехода сухих веществ в экстрагент, при этом экстрактивность повышается на 10 % СВ. Горячая вода способствует лучшему разрыву клеточных стенок, ускоряя тем самым диффузионный процесс [5].

С увеличением температуры вязкость экстрактов изменяется в виде параболы: сначала повышается, а затеи понижается. Она обусловлена межмолекулярным взаимодействием всех составляющих экстракта, и в первую очередь таких как пектин, сахара, органические кислоты, фенольные соединения, и др. Общее количество этих веществ в исследуемых экстрактах, прежде всего, определяется содержанием сухих веществ, а форма межмолекулярной связи – химическим составом экстракта [7]. Экстракты включают растворы полифенольных веществ, которые содержат ионизированные группы, создающие силы взаимодействия – отталкивания молекул. Эти силы снижают плотность молекул и увеличивают вязкость экстрактов, с повышением температуры

звенья молекул высокомолекулярных соединений (полифенолов) получают возможность колебаться более энергично, и вязкость уменьшается [8], что мы наблюдаем при температуре 90 °С.

С повышением температуры скорость молекулярной диффузии увеличивается за счет увеличения скорости кинетической энергии молекул и снижения вязкости экстрагента [5]. Необходимо отметить, что уже при температуре 60 °С происходит разрушение полифенолов, однако исследованиями Н.В. Макарова и А.В. Зюзина установлено, что более низкие температуры лишь незначительно снижают содержание полифенолов в экстрактах из растительного сырья, тогда как температура выше 95 °С существенно понижает этот показатель [9]. Поэтому нами рекомендуется проводить экстракцию при температуре не выше 90 °С. При данной температуре происходит максимальный выход содержания экстрактивных веществ.

При определении оптимальных режимов процесса экстрагирования нужно учитывать продолжительность экстракции. Для этого необходимо определить зависимость выхода экстрактивных веществ от продолжительности экстракции [8]. Кинетика извлечения экстрактивных веществ водой при температуре 90 °С и гидромодуле 1:10 представлена в табл. 2 и на рис. 2.

Таблица 2

Влияние гидромодуля на процесс экстракции рябины черноплодной

Время экстракции, минут	Относительная плотность экстракта, уд. ед.	Коэффициент кинематической вязкости экстракта, мм^2/с	Массовая доля сухих веществ экстракта, %
15	1,017	1,211	4,4
30	1,020	1,238	5,2
45	1,021	1,289	5,3
60	1,022	1,292	5,7
90	1,022	1,293	5,8
120	1,022	1,293	6,0
150	1,023	1,300	6,2
180	1,026	1,305	6,5
240	1,028	1,307	6,6
300	1,029	1,309	6,8
360	1,029	1,310	6,9

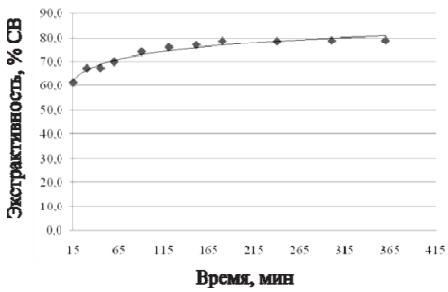

Рис. 2. Кинетика изменения содержания экстрактивных веществ в зависимости от времени

Исследования показали, что количество извлеченных сухих веществ прямо пропорционально времени экстрагирования, однако после 60 минут экстрагирования значимых изменений физических показателей, таких как коэффициент динамической вязкости и относительная плотность, не наблюдается, за счет незначительного перехода сухих веществ в воду (не более 0,2 % СВ). Именно от количества содержания сухих веществ в экстракте зависит значение коэффициента динамической вязкости и относительной плотности.

На протяжении 60 минут происходит диффузия из легкодоступных мест, то есть вымывание из разорванных клеток. После первого часа экстракции начинается экстракция из труднодоступных мест, это приводит к снижению скорости перехода сухих веществ в экстрагент, что подтверждается динамикой перехода экстрактивных веществ в воду, изображенной на рис. 2. Длительный процесс экстракции приводит к тому, что в воду переходят балластные вещества, что является отрицательным фактором для получения продукта (экстракта) высокого качества. Для обеспечения оптимальных условий перехода экстрактивных веществ в воду нами рекомендована продолжительность экстракции плодов рябины черноплодной 2,5–3 часа.

Немаловажным показателем, который влияет на переход сухих веществ в воду, является гидромодуль [7]. Так как разность концентраций является движущей силой диффузионного процесса, нами исследовано влияние гидромодуля (соотношение сырья до экстрагента) на выход экстрактивных веществ при сталой температуре продолжительностью 60 минут. Результаты исследования представлены в табл. 3. Кинетика изменения содержания экстрактивных веществ изображена на рис. 3.

Таблица 3

Влияние гидромодуля на процесс экстракции рябины черноплодной

Гидромодуль	Относительная плотность экстракта, уд. ед.	Коэффициент кинематической вязкости экстракта, мм^2/с	Массовая доля сухих веществ экстракта, %
1:5	1,027	1,929	10,5
1:10	1,018	1,191	5,5
1:15	1,010	1,139	3,1
1:20	1,007	1,103	2,9
1:30	1,005	1,075	1,3
1:40	1,002	1,021	0,9

Результаты исследования свидетельствуют о том, что при повышении гидромодуля переход сухих веществ в воду снижается на 9,6 % СВ, при этом относительная плотность и кинематическая вязкость резко снижаются за счет разбавления водой.

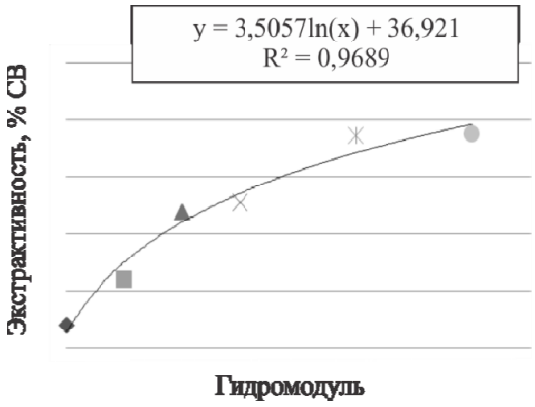

Рис. 3. Кинетика изминения содержания экстрактивных веществ в зависимости от гидромодуля

Но экстрактивность при этом увеличивается на 6,7 % СВ, что объясняется законом массообмена: разница в концентрации первичного сока и экстрагента способствует увеличению перехода растворимых веществ в экстрагент и продолжается до равновесия экстрактивных веществ первичного сока и экстрагента. Поэтому разность концентрации является движущей силой процесса диффузии [5].

Однако насколько целесообразно повышение расхода растворителя, можно судить только на основе оценки затрат на концентрирование экстракта. Отсюда следует, что при выборе рационального режима экстрагирования немаловажным фактором являются затраты на упаривание экстракта до заданной концентрации СВ. Следовательно, чем меньше гидромодуль, тем экономичнее процесс экстрагирования. Однако нужно учитывать, что экстрагирование биологически активных веществ из растительного сырья следует проводить при гидромодуле, обеспечивающем оптимальные условия их извлечения [5].

Мы рекомендуем использование гидромодуля в соотношении сырья к воде 1:15, данный гидромодуль обеспечивает высокий выход экстрактивных веществ с незначительными затратами на упаривание.

Выводы

Установлено, что при экстракции плодов рябины черноплодной водой оптимальными условиями процесса экстракции являются:

– температура воды 90 °С, данный показатель обеспечивает максимальный выход экстрактивных веществ;

– продолжительность экстракции 2,5–3 часа, продление данного процесса является нецелесообразным, поскольку после 3 часов переход экстрактивных веществ незначительный, при этом увеличиваются затраты на процесс экстракции;

– соотношение компонентов системы 1:15, данный показатель обеспечивает максимальный выход экстрактивных веществ при наименьших затратах.

Полученные данные свидетельствуют о том, что температура экстракции рябины черноплодной, продолжительность процесса и соотношение компонентов системы влияют на изменение физико-химических характеристик экстрактов, что является важным во время переработки данного сырья. Это в свою очередь также влияет на подбор оборудования и получение конечного продукта с высокими физико-химическими, биологическими и органолептическими показателями.

Список литературы

1. Пучкова, Л.И. Экстракт зеленого чая – источник биофлаваноидов в хлебобулочных изделиях функционального назначения / Л. И. Пучкова, И. Г. Белявская, Ж. М. Жамукова // Хлебопечение России. – 2004. – № 2. – С. 26 – 27.

2. Кисличенко, В.С. Лекарственные растения – источники минеральных веществ / В.С. Кисличенко // Провизор. – 1999. – № 20. – URL: http://www.provisor.com.ua/archive/1999/N20/lek_rast.php.

3. Изучение свойств экстрактов из лекарственного и пряно-ароматического сырья / Е.С. Колядич и др. // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2008. – № 1 (1). – С. 83–87.

4. Мазнев, Н.И. Энциклопедия лекарственных растений / Н.И. Мазнев. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Мартин, 2004. – 496 с.

5. Ооржак, У.С. Исследование влияния технологических факторов на процесс извлечения экстрактивных веществ из лиственничной губки / У.С. Ооржак, В.М. Ушанова, С.М. Репях // Химия растительного сырья. – 2003. – № 1.– С. 69–72.

6. Традиционные и современные методы экстракции биологически активных веществ из растительного сырья: перспективы, достоинства, недостатки / А.С. Коничев, П.В. Баурин, Н.Н. Федоровский и др. // Вестник МГОУ. Сер. «Естественные науки». – 2011. – № 3. – С. 49–54.

7. Сорокопуд, А.Ф. Влияние основных факторов на экстрагирование плодов лимонника / А.Ф. Сорокопуд, А.С. Мустафина, К.С. Федяев // Химия растительного сырья. – 2012. – № 1. – С. 161–164.

8. Сорокопуд, А. Ф. Физико-химические свойства экстрактов красной смородины и красной рябины / А.Ф. Сорокопуд, А.С. Мустафина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2000. – № 12. – С. 62–64.

9. Макарова, Н.В. Влияние параметров пастеризации на антиоксидантную активность яблочно-черничного сока / Н.В. Макарова, А.В. Зюзина // Пиво и напитки. – 2011. – № 5. – С. 26–28.

Национальный университет пищевых технологий,
01601, Украина, г. Киев, ул. Владимирская, 68.
Тел.: (01038044)-287-96-91

SUMMARY

V.A. Terletskaya, E.V. Rubanka, I.N. Zinchenko

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE PROCESS OF BLACK CHOKEBERY EXTRACTION

The article is devoted to the development of extraction technology for black chokeberry as a source of bioactive substances used in quick-serve grain-basis products. The influence of different factors (temperature, extraction time, hydromodulus) on the physical, biological and organoleptic property of extracts is considered. As a result the optimal technological parameters for black chokeberry extracts have been established.

Black chokeberry, extraction, physical and chemical properties of the extracts, extract content.

National University of Food Technology,
68, st. Vladimirskaya, Kyiv, 01601, Ukraine.
Phone: (01038044)-287-96-91

Дата поступления: 22.08.2013