

УДК 631.577:[613.292:547.56]

## НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПРЯНО-АРОМАТИЧЕСКОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ НА ЭКСТРАКТЫ С ВЫСОКОЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Осипова Л.А., д-р техн. наук, ст. научн. сотр., Иовчева И.А., аспирант  
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

*Разработаны параметры процесса экстрагирования, позволяющие получать экстракты из листьев черной смородины и цветков липы с высокой концентрацией фенольных соединений. Полученные экстракты рекомендуются для обогащения растительными антиоксидантами традиционных и инновационных пищевых продуктов.*

*Developed parameters of the extraction process, allowing to obtain extracts of blackcurrant leaves and linden flowers with a high concentration of phenolic compounds. The extracts are recommended for the enrichment plant antioxidants conventional and innovative foods.*

Ключевые слова: листья черной смородины, цветки липы, экстрагирование, фенольные соединения.

Стремление все большей части населения земного шара к здоровому образу жизни, к исключению из рациона питания добавок синтетического происхождения побуждает специалистов в области здорового питания к поиску природного сырья для создания на его основе продуктов, в том числе напитков, с функциональными свойствами. Богатым источником функциональных ингредиентов биогенной природы, оптимально сбалансированных по составу, физиологически близких организму человека является пряно-ароматическое растительное сырье. Анализ его химического состава свидетельствует о том, что среди прочих важных для организма биологически активных веществ, таких как витамины, минеральные вещества и др. наибольшую ценность представляют фенольные соединения. Исследования последних лет показали, что фенольные соединения являются самыми эффективными антиоксидантами. Их антиоксидантная активность превышает в десятки раз антиоксидантную активность витаминов А, С и Е [1].

По одной из наиболее распространенных и аргументированных теорий старения, к числу внутриклеточных процессов, ускоряющих наступление старости, относят накопление в организме свободных радикалов. Антиоксиданты – важнейшие регуляторы внутриклеточных ферментативных и не ферментативных свободнорадикальных процессов. Недостаток антиоксидантов стимулирует накопление свободных радикалов, приближает старение, тогда как оптимальный уровень антиоксидантов способствует продлению жизни. С позиций этой теории возможна химическая защита от старения путем длительного введения в организм антиоксидантов – ингибиторов свободнорадикальных процессов [2].

Многочисленными исследованиями подтверждена способность фенольных соединений, осуществлять профилактику сердечнососудистых заболеваний, особенно заболеваний коронарных артерий и инсульта, являющихся одной из главных причин преждевременной смерти и нетрудоспособности в экономически развитых странах.

Знание основных проявлений биологического действия фенольных соединений уже раскрыло значительные возможности практического использования их в качестве:

- физиологических факторов питания;
- средств профилактики и лечения инфекций, интоксикаций, болезней крови, гипертонической болезни, ревматизма, рака, сахарного диабета;
- пищевых консервантов-антиоксидантов;
- антисклеротических, антимикуробных и противовирусных средств;
- десенсибилизирующих, анитоксических, гепатопротекторных, противовоспалительных и противоязвенных препаратов;
- противолучевых, противоопухолевых и желчегонных, регулирующих функцию щитовидной железы, фотосенсибилизаторов и стимуляторов функции надпочечников.

В этой связи актуальным является разработка научных основ технологии экстрактов ПАРС с максимальным извлечением и сохранением фенольных соединений.

Извлечение из целлюлозной матрицы ПАРС экстрактивных и ароматических компонентов осуществляют различными способами.

Наиболее распространенная традиционная технология ароматизированных экстрактов для последующего приготовления напитков предусматривает использование в качестве экстрагентов водных растворов этилового спирта с объемной долей спирта 20-80 % и продолжительностью настаивания 10-20 суток или же приготовление водных настоев растительного сырья путем залива его водой при температуре 30-100 °С и выдерживания в течение определенного времени.

Полученные по первому способу экстракты из-за высокой объемной доли этилового спирта могут добавляться в напитки в ограниченном количестве так, чтобы не превысить их регламентируемую объемную долю этилового спирта. Несколько улучшая, создавая аромат напитка, они существенно не влияют на повышение биологической ценности и вкусовые показатели готовой продукции.

Снижение крепости экстрагента и интенсификация экстрагирования с помощью ферментных препаратов осуществляют в условиях, благоприятных для деятельности окислительных ферментов (рН 5...6), вследствие чего происходит окисление, полимеризация, разрушение биологически активных соединений ПАРС.

При втором способе – ускорение процесса экстрагирования при повышенной температуре приводит к ухудшению их качества, так как при нагревании выше 40 °С интенсифицируются реакции меланоидинообразования, окисления и полимеризации термолабильных биологически активных соединений, появляется травянистый, лекарственный вкус, изменяется цвет.

Известные способы интенсификации экстрагирования за счет использования электрофизических воздействий (СВЧ-энергия, ультразвуковая и гидродинамическая кавитация) сопровождаются повышением температуры экстрагируемой смеси, что также отрицательно сказывается на качестве конечного продукта.

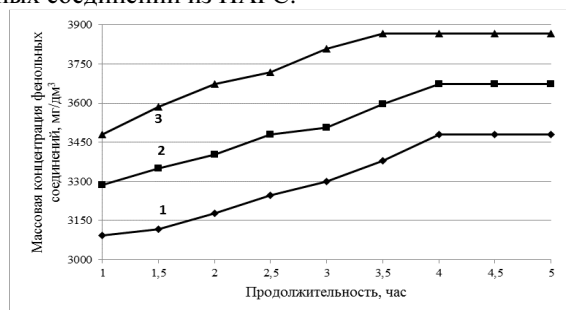
Оптимизация процесса экстрагирования, позволяющая максимально сохранить в неизменном виде биологически активные вещества ПАРС – проблема, требующая решения.

Цель данного исследования – обоснование оптимальных параметров экстрагирования фенольных соединений из ПАРС.

Объектом исследования является технология экстрактов с повышенным содержанием фенольных соединений. Предмет исследования – листья черной смородины и цветки липы.

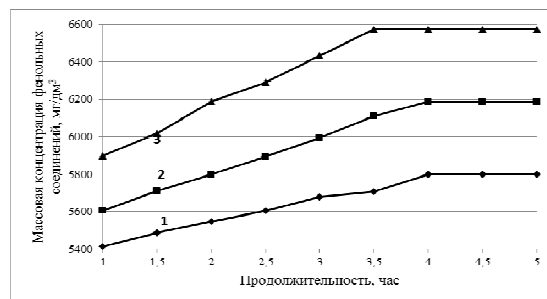
Для исследований использовали воздушно-сухое сырье, измельченное до размера частиц 0,5 мм. В качестве экстрагентов использовали воду, этиловый спирт и его водные растворы с объемной долей спирта 20–80 %. Значение гидромодуля составляло 1:30. Экстрагирование проводили в диапазоне температур 20–60 °С.

На рис. 1–2 приведены результаты исследования зависимости влияния условий экстрагирования (тип экстрагента, продолжительность процесса, температура экстрагирования) на степень извлечения фенольных соединений из ПАРС.



1 – температура экстрагирования 20 °С;  
2 – температура экстрагирования 40 °С;  
3 – температура экстрагирования 60 °С

**Рис. 1 – Кинетика экстрагирования фенольных соединений из листьев черной смородины водой**

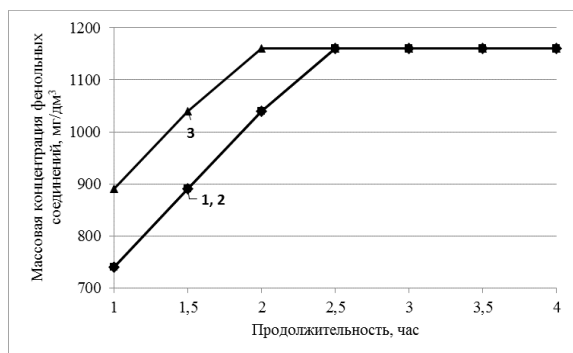


1 – температура экстрагирования 20 °С;  
2 – температура экстрагирования 40 °С;  
3 – температура экстрагирования 60 °С

**Рис. 2 – Кинетика экстрагирования фенольных соединений из листьев черной смородины водно-спиртовым раствором с объемной долей этилового спирта 40 %**

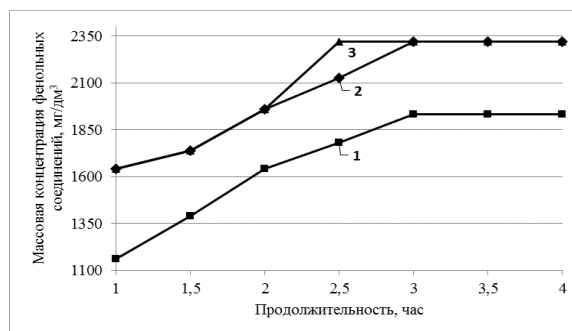
Из данных, представленных на рис. 1–2, следует, что продолжительность экстрагирования до достижения равновесной концентрации фенольных соединений в экстрактах составила 3,5–4,0 ч. Повышение температуры проведения процесса экстракции и объемной доли этилового спирта в экстрагенте приводят к повышению степени извлечения фенольных соединений из ПАРС, незначительно сокращая продолжительность процесса.

На рис. 3–4 приведены результаты аналогичных исследований для цветков липы.



1 – температура экстрагирования 20 °С;  
2 – температура экстрагирования 40 °С;  
3 – температура экстрагирования 60 °С

**Рис. 3 – Кинетика экстрагирования фенольных соединений из цветков липы водой**

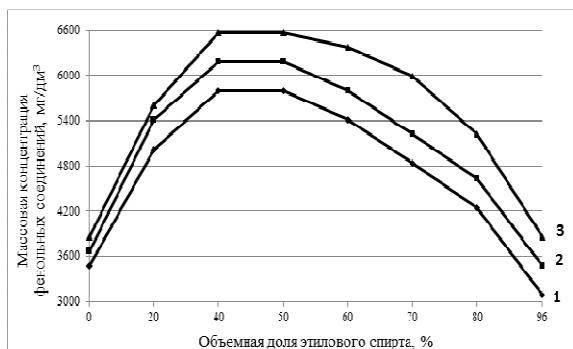


1 – температура экстрагирования 20 °С;  
2 – температура экстрагирования 40 °С;  
3 – температура экстрагирования 60 °С

**Рис. 4 – Кинетика экстрагирования фенольных соединений из цветков липы водно-спиртовым раствором с объемной долей этилового спирта 40 %**

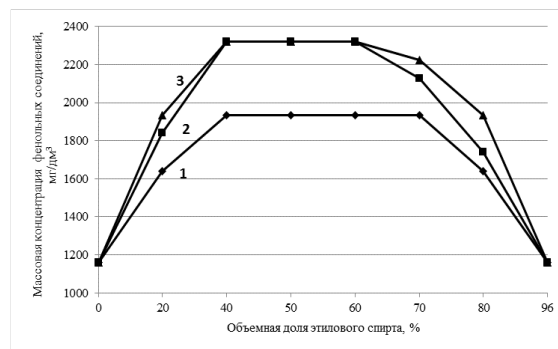
Из данных, представленных на рис. 3-4, следует, что продолжительность экстрагирования до достижения равновесной концентрации фенольных соединений в водных экстрактах составила 2,0–2,5 ч, в водно-спиртовых – 2,5–3,0 ч. Повышение температуры процесса не влияло на степень извлечения фенольных соединений из сырья водой, но приводило к существенному увеличению концентрации фенольных соединений в водно-спиртовых экстрактах.

Используя установленную оптимальную продолжительность, были проведены исследования влияния температуры процесса и крепости экстрагента в более широком диапазоне ее значений на извлечение фенольных соединений из ПАРС (рис. 5–6).



1 – температура экстрагирования 20 °С;  
2 – температура экстрагирования 40 °С;  
3 – температура экстрагирования 60 °С

**Рис. 5 – Зависимость извлечения фенольных соединений из листьев черной смородины от температуры и объемной доли этилового спирта в экстрагенте**



1 – температура экстрагирования 20 °С;  
2 – температура экстрагирования 40 °С;  
3 – температура экстрагирования 60 °С

**Рис. 6 – Зависимость извлечения фенольных соединений из цветков липы от температуры и объемной доли этилового спирта в экстрагенте**

Как следует из рис. 5, максимальное количество фенольных соединений из листьев черной смородины в диапазоне температур 20–60 °С извлекают водно-спиртовые растворы с объемной долей этилового спирта 40–50 %. Повышение температуры процесса экстрагирования приводит к незначительному увеличению концентрации фенольных соединений в водных экстрактах и к более существенному (до 19 %) – в водно-спиртовых.

Из цветков липы (рис. 6) при 20 °С максимальное количество фенольных соединений извлекают водно-спиртовые растворы с объемной долей этилового спирта 40–70 %, а в температурном диапазоне 40–60 °С – водно-спиртовые растворы с объемной долей этилового спирта 40–60 %. Повышение температуры экстрагирования приводит к увеличению (до 20 %) концентрации фенольных соединений.

Для предотвращения окислительной полимеризации фенольных соединений, снижающей биологическую активность полученных экстрактов, к экстрагентам добавляли лимонную кислоту.

В табл. 1 представлены результаты проведенных исследований.

**Таблица 1 – Зависимость концентрации фенольных соединений в настоях и экстрактах из листьев черной смородины от условий экстрагирования, мг/дм<sup>3</sup>**

Температура экстрагирования, °С	Массовая доля лимонной кислоты, %						
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
Экстрагент – вода							
20	3479	3595	3750	3866	3866	3866	3866
40	3673	3789	3912	4059	4059	4059	4059
60	3866	3912	3982	4059	4059	4059	4059
Экстрагент – 40 % водно-спиртовой раствор							
20	5799	6150	6430	6572	6572	6572	6572
40	6186	6572	6766	6959	6959	6959	6959
60	6572	6766	6870	6959	6959	6959	6959

Из данных, приведенных в табл. 1, следует, что с повышением кислотности экстрагента (как водного, так и водно-спиртового) до 1,5 % и более в диапазоне значений температур 20–60 °С увеличивается выход фенольных соединений из листьев черной смородины. Повышение температуры до 60 °С не эффективно. По концентрации фенольных соединений настои и экстракты, полученные путем добавления не менее 1,5 % лимонной кислоты к экстрагентам, не уступают настоям и экстрактам, полученным при температуре 60 °С.

В табл. 2 приведены результаты аналогичных исследований для цветков липы.

**Таблица 2 – Зависимости концентрации фенольных соединений в настоях и экстрактах из цветков липы от условий экстрагирования, мг/дм<sup>3</sup>**

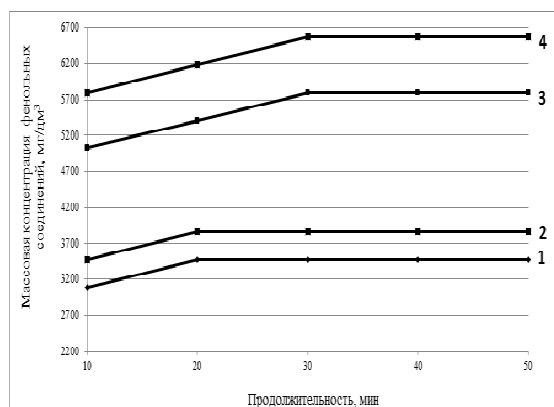
Температура экстрагирования, °С	Массовая доля лимонной кислоты, %								
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Экстрагент – вода									
20	1160	1546	1740	1933	2126	2126	2126	2126	2126
40	1160	1546	1740	1933	2126	2126	2126	2126	2126
60	1160	1546	1740	1933	2126	2126	2126	2126	2126
Экстрагент – 40 %-ный водно-спиртовой раствор									
20	1933	2126	2320	2513	2706	2900	3093	3093	3093
40	2320	2513	2706	2900	3093	3286	3479	3479	3479
60	2320	2513	2706	2900	3093	3286	3479	3479	3479

Из данных, приведенных в табл. 2, следует, что с повышением кислотности водного экстрагента до 2 % в диапазоне значений температур 20–60 °С увеличивается выход фенольных соединений из цветков липы. Повышение температуры не влияет на выход фенольных соединений.

При использовании в качестве экстрагента водно-спиртового раствора, максимальная концентрация фенольных соединений в экстрактах наблюдается при массовой доле лимонной кислоты в экстрагенте, составляющей 3 %. Повышение температуры до 40 °С и 60 °С при такой кислотности экстрагента в одинаковой степени влияет на извлечение фенольных соединений. Добавление лимонной кислоты к экстрагенту и для цветков липы является более предпочтительным технологическим приемом по сравнению с применением высокой температуры.

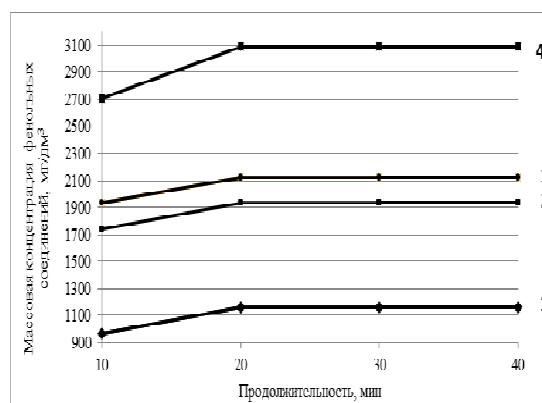
Для определения возможности уменьшения продолжительности экстрагирования была проведена серия исследований процесса в динамическом режиме (при постоянном перемешивании экстрагируемой смеси). Полученные результаты представлены на рис. 7–8.

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что продолжительность экстрагирования водой и 40 % водно-спиртовым раствором в динамическом режиме до достижения равновесной концентрации фенольных соединений в экстрактах из листьев черной смородины составляет 20 мин и 30 мин соответственно. Продолжительность экстрагирования фенольных соединений из ПАРС до их равновесного состояния в экстрактах из цветков липы для водного и водно-спиртового экстрагентов составляет 20 мин. Эффективность экстрагирования в динамическом режиме по продолжительности повышается в 6–12 раз по сравнению со статическим режимом.



1 – водой; 2 – водой с добавлением лимонной кислоты; 3 – водно-спиртовым раствором с объемной долей этилового спирта 40 %; 4 – водно-спиртовым раствором с объемной долей этилового спирта 40 % с добавлением лимонной кислоты

**Рис. 7 – Кинетика экстрагирования фенольных соединений из листьев черной смородины**



1 – водой; 2 – водно-спиртовым раствором с объемной долей этилового спирта 40 %; 3 – водой с добавлением лимонной кислоты; 4 – водно-спиртовым раствором с объемной долей этилового спирта 40 % с добавлением лимонной кислоты

**Рис. 8 – Кинетика экстрагирования фенольных соединений из цветков липы**

Добавление лимонной кислоты к экстрагентам, способствуя большему извлечению фенольных соединений из ПАРС, не влияет на скорость процесса.

Органолептические исследования показали, что экстракты, полученные с добавлением лимонной кислоты, обладали более свежим, приятным и специфическим ароматом, свойственным исходному пряно-ароматическому растительному сырью. Повышение температуры до 60 °С приводит к потемнению экстрактов и приобретению уваренных тонов в аромате и вкусе.

**Выводы.** Для максимального извлечения фенольных соединений из листьев черной смородины экстракцию целесообразно проводить водно-спиртовыми растворами с объемной долей этилового спирта 40-50 %, а из цветков липы – водно-спиртовыми растворами с объемной долей этилового спирта 40–70 %. Продолжительность процесса экстрагирования фенольных соединений из листьев черной смородины и цветков липы в динамическом режиме при степени измельчения 0,5 мм составляет 20–30 мин. Добавление лимонной кислоты к экстрагентам приводит к увеличению степени извлечения фенольных соединений из сырья. Максимальное количество фенольных соединений из листьев черной смородины извлекается при добавлении к экстрагенту 1,5 % лимонной кислоты, а из цветков липы – 3 % кислоты. Полученные по разработанным параметрам экстракты содержат от 3479 до 6959 мг/дм<sup>3</sup> фенольных соединений, обуславливающих высокую биологическую активность. Их можно использовать для создания напитков различных типов, а также для обогащения растительными антиоксидантами традиционных и инновационных пищевых продуктов.

#### Литература

1. Бакулина О.Н. Идеи от природы – чайные экстракты / О.Н. Бакулина // Пищевая пром-сть. – 2005. – № 6. – С. 78-79.
2. Максютин Н.П. Растительные антиоксиданты, их свойства и использование в профилактике заболеваний / Н.П. Максютин // Биологически активные добавки и биопродукты. – К.: 2000. – С. 9-21.
3. Осипова Л.А. Функциональные напитки. Монография / Л.А. Осипова, Л.В. Капрельянц, О.Г. Бурдо. – Одеса: «Друк», 2007. – 288 с.
4. Филипцова Г.Г. Основы биохимии растений: Курс лекций / Г.Г. Филипцова, И.И. Смолич. – Мн.: БГУ, 2004. – 136 с.
5. Минина С.А. Химия и технология фитопрепаратов. Учебник для вузов / С.А. Минина, И.Е. Каухова. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2004. – 560 с.