

УДК 66-9

Профессор Ю.И. Шишацкий, инженер С.Ю. Плюха,
аспирант С.С. Иванов, доцент С.А. Никель
(Воронеж. гос. ун. инж. техн.) кафедра промышленной энергетики. тел. (473) 279-98-22
E-mail: d.pluxa@yandex.ru

Professor Iu.I. Shishatskii, engineer S.Iu. Plukha,
post graduate S.S. Ivanov, assistant professor S.A. Nikel'
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of industrial energetic.
phone. (473) 279-98-22
E-mail: d.pluxa@yandex.ru

Практические предложения как результат теоретических и экспериментальных исследований процесса экстрагирования из сырья растительного происхождения

Practical proposals as a result of theoretical and experimental studies of the process of extraction from raw materials of plant origin

Реферат. Выполнены теоретические и экспериментальные исследования процессов экстрагирования из сырья растительного происхождения: ячменя, желудей и цикория жидким диоксидом углерода, а также люпина подсырной сывороткой. Определены качественные показатели экстрактов и шротов. Установлено, что они являются перспективными сырьевыми источниками для обогащённых и функциональных продуктов, поскольку содержат аминокислоты, витамины и микроэлементы. Молочно-растительный экстракт люпина, например, содержит 17 аминокислот, в том числе незаменимые, а также витамины и микроэлементы. Исследования качества шротов ячменя, желудей, цикория и люпина показало целесообразность их использования для обогащения пищевых продуктов. Показатели качества шротов представлены в данной работе в виде таблиц. Изложенное выше послужило основанием для разработки аппаратно-технологических схем получения CO₂-экстрактов и их использования. Аппаратно-технологическая схема получения CO₂-экстрактов из ячменя, желудей и цикория включает целый ряд оборудования: автотранспорт для доставки сырья на предприятие, скребковый гидротранспортёр, моечную машину, фотосепаратор для удаления некачественного сырья и посторонних примесей, обдувочную машину для удаления поверхностной влаги с сырья, моечную машину для очистки от кожуры, резательную машину, аппарат для сушки и обжарки, дробилку, вальцевой станок и установку для экстрагирования. Аппаратурное оформление технологии йогурта, обогащённого аминокислотами, микроэлементами и витаминами, которые содержатся в молочно-растительном экстракте в основном отличается от изложенного выше тем, что в качестве экстракта используется подсырная сыворотка, а извлечение целевого компонента осуществляется в вибрационном экстракторе. Аппаратно-технологическая схема составлена в соответствии с отечественной технологией йогурта и дополнена оборудованием для подачи молочно-растительного экстракта в продукт. Это виброэкстрактор, сборник для экстракта, кожухотрубчатый теплообменник и холодильник. Изложены предпосылки при выборе теплообменника. Предложенная схема может быть использована при производстве других кисломолочных продуктов. Таким образом, разработанные авторами аппаратно-технологические схемы вносят определённый вклад в решение комплексной переработки вторичного сырья растительного происхождения, которая является экономически и экологически целесообразной.

Summary. Theoretical and experimental researches of extraction processes from plant origin raw materials: barley, acorns and chicory with liquid carbon dioxide, as well as lupin with cheese whey were carried out. Quality indicators of extracts and secondary raw materials are defined. It is established that they are perspective raw sources for the enriched and functional products as they contain amino acids, vitamins and microelements. The dairy-vegetative lupine extract, for example, contains 17 amino acids, including the essential as well as vitamins and minerals. The studies of secondary raw materials, barley, acorns, chicory and lupine quality showed the expediency of their use for foods enrichment. Quality indicators of secondary raw materials are presented in the tables form in the given work. It formed the basis for the development of hardware-technological schemes of obtaining CO₂-extracts and their use. The hardware-technological scheme of obtaining CO₂-extracts from barley, acorns and chicory includes a number of equipment units: motor transport for raw materials delivery to the enterprise, the scraper hydroconveyor, the jet washer, a photo-separator for of poor-quality raw materials and impurities removal, a blowing machine for removing surface moisture from the raw materials, a jet washer for peeling, a cutter, drying and frying device, a crusher, a roller machine tool and an extracting unit. Hardware providing for yoghurt technology enriched with amino acids, microelements and vitamins which are present in a dairy-plant extract differs from the mentioned above one in the following. The extract used is a cheese whey, and the extraction of a target component is carried out in a vibrating extractor. The hardware-technological scheme is made according to Russian technology of yoghurt and furnished with the equipment for dairy-vegetative extract feeding into a product. It includes the following: a vibrating extractor (not shown in fig. 2), the extract collector, the cover and tube heat exchanger and the refrigerator. Prerequisites reconitions are stated at a heat exchanger choice. The offered scheme can be used in the manufacture of other fermented milk products. Thus, the hardware-technological schemes developed by the authors contribute to the complex processing of secondary raw materials of plant origin which is economically and ecologically expedient.

Ключевые слова: аппаратно-технологическая схема, молочно-растительный экстракт, химический состав шрота.

Keywords: hardware- and technological scheme, dairy-plant extract, secondary raw material chemical composition.

© Шишацкий Ю.И., Плюха С.Ю.,
Иванов С.С., Никель С.А., 2014

Выполненные исследования процессов экстрагирования из ячменя, желудей и цикория жидким диоксидом углерода, а также из люпина подсырной сывороткой, определение качественных показателей экстрактов и шротов, показали, что они являются перспективными сырьевыми источниками для обогащённых и функциональных продуктов, поскольку содержат аминокислоты, витамины и микроэлементы.

Так, молочно-растительный экстракт люпина содержит 17 аминокислот, в том числе незаменимые (валин, триптофан, фенилаланин и др.), витамины, микроэлементы [2].

Химический состав шротов ячменя, желудей и цикория представлен таблицах 1, 2 [3].

Т а б л и ц а 1

Химический состав шрота (г в 100 г продукта, %)

Наименование показателей, единицы измерения	Значение показателей			НД на методы испытания
	Ячмень	Желуди	Цикорий	
М.д. сырого протеина, %	11,37	7,21	6,67	ГОСТ 13496.4
М.д. сырого жира %	3,93	9,21	3,28	ГОСТ 13496.15
Аминокислоты, %:				МВИ М 04-38-2009
аргинин	0,253	0,297	0,0131	
лизин	0,0614	0,0468	0,0394	
тирозин	0,117	0,063	0,0182	
фенилаланин	0,685	0,472	0,348	
гистидин	0,0634	0,0627	0,136	
лейцин	0,139	0,0981	0,068	
изолейцин	0,067	0,0318	0,031	
метионин	0,042	0,0156	0,0178	
валин	0,081	0,0621	0,0519	
пролин	0,314	0,146	0,138	
треонин	0,078	0,057	0,043	
серин	0,0751	0,0692	0,029	
аланин	0,094	0,058	0,037	
глицин	0,157	0,071	0,086	
цистин	0,012	менее 0,01	менее 0,01	
глутаминовая кислота	2,836	1,213	0,951	
аспарагиновая кислота	0,962	0,827	0,383	

Т а б л и ц а 2

Содержание микроэлементов в шроте

Наименование показателей, единицы измерения	Значение показателей			НД на методы испытания
	Ячмень	Желуди	Цикорий	
М.д. калия, мг/кг	2,07	3,36	2,18	ПНД Ф 14.1:2.4.167-2000
М.д. кальция, %	0,84	0,97	1,27	ГОСТ 26570
М.д. фосфора, %	1,68	1,63	2,53	ГОСТ 26657
Содержание железа, мг/кг	54,33	23,41	162,57	ГОСТ 26928

Изложенное выше послужило основанием для разработки аппаратурно-технологических схем получения экстрактов и их использования.

Результаты исследования показали, что эффективное получение CO₂-экстрактов возможно из измельченного в крупку или лепесток сырья. Предпочтительным по величине выхода экстрактивных веществ является ле-

пестковая форма тела вследствие более развитой поверхности контакта фаз и очень малой толщиной лепестка, которая определяет уменьшение извилистости капилляров.

Нами разработана аппаратурно-технологическая схема получения CO₂-экстрактов из зёрен ячменя, жёлудя и корней цикория (рисунок 1).

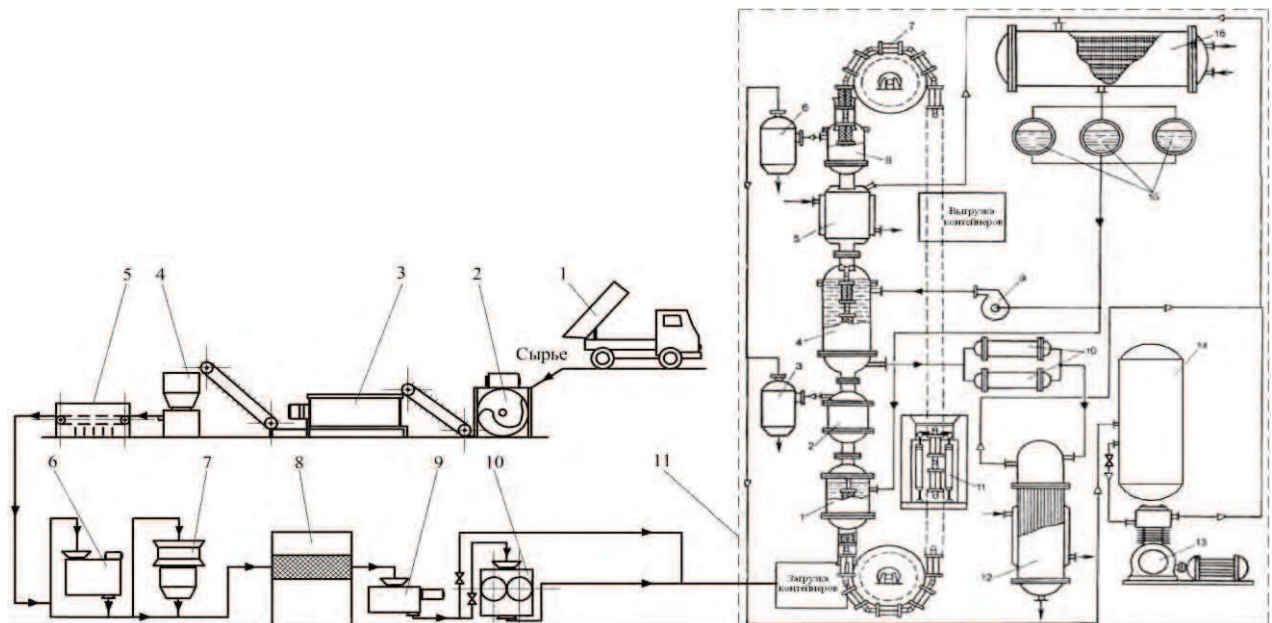


Рисунок 1. Аппаратурно-технологическая схема производства CO_2 -экстрактов: 1-автотранспорт; 2-скребковый гидротранспортёр; 3-моечная машина; 4-фотосепаратор; 5-обдувочная машина; 6-машина для очистки от кожуры; 7-резательная машина; 8-аппарат для сушки и обжарки; 9-дробилка; 10-вальцовый станок; 11- установка для экстрагирования: 1-камера пропитки; 2, 8-камеры пониженного давления; 3, 6-циклоны; 4-экстрактор; 5-камера с паровой рубашкой; 7- контейнер с кассетой; 9-насос; 10-фильтры; 11-транспортирующий узел; 12-дистиллятор; 13-компрессор; 14-газгольдер; 15-сборные емкости; 16-конденсатор. (Позиции установки 11 набраны мелким шрифтом).

Привезённое сырьё (рисунок 1) автотранспортом 1 поступает на скребковый гидротранспортёр 2, а затем в моечную машину 3. После мойки оно подаётся в фотосепаратор 4 для удаления брака и посторонних примесей. В обдувочной машине 5 удаляется поверхностная влага. Жёлуди направляются в машину для очистки от кожуры 6, а затем в резательную машину 7 и в аппарат для сушки и обжарки 8. Корни цикория, минуя машину 6, также изрезаются в машине 7, после чего сушатся и обжариваются. Зёрна ячменя направляются на сушку и обжарку непосредственно из обдувочной машины 5. После тепловой обработки сырьё измельчается в крупку в дробилке 9, а затем в лепесток на вальцовом станке 10. Затем сырьё направляется в экстракционную установку 11.

Экстракционная установка 11 работает следующим образом [4].

Измельчённое растительное сырьё загружается в сетчатые кассеты 7, которые устанавливаются в контейнеры и поступают в камеру 1.

Герметизация аппаратов 1, 2, 4, 5, 8, 10, 12, 16 осуществляется за счет уплотнения фторопластовыми элементами, расположенными во всех разъёмных соединениях. В камере 1 происходит пропитка растительного сырья жидким растворителем, который подается из сборников 15. Пропитанное растворителем сырьё направляется в камеру 2, где поддерживается пониженное давление. Из-за резкого изменения давления рас-

творитель, находящийся в сырье, меняет агрегатное состояние, превращается в пар, вызывая разрушение структуры сырья и понижение его температуры. Пары растворителя через циклоны 3 и 6 отводятся в газгольдер 14.

Растительное сырьё подается в экстрактор 4, где осуществляется контакт сырья с растворителем. Растворитель насосом 9 подается в экстрактор 4 из сборника 15. Получаемая мисцелла отводится через фильтры 10 в дистиллятор 12. Газообразный растворитель из дистиллятора направляют в конденсатор 16. Готовый продукт (экстракт) периодически отбирается из нижней части дистиллятора 12.

Проэкстрагированный материал (шрот) из экстрактора 4 через разделительный цилиндр перемещается в камеру с паровой рубашкой 5, где происходит отгонка остатков растворителя. После выхода контейнеров из камеры пониженного давления 8 происходит разгрузка шрота.

Предложенное техническое решение является универсальным, поскольку возможно эффективно реализовать процессы извлечения целевых компонентов, протекающие в телах растительного происхождения простейших геометрических форм. К таким формам относятся неограниченная пластина, неограниченный цилиндр, шар и др.

Аппаратурное оформление получения молочно-растительного экстракта люпина отличается от изложенного выше тем, что в ка-

честве экстрагента используется подсырная сыворотка, а извлечение целевого компонента осуществляется в вибрационном экстракторе, одно из достоинств которого – существенное сокращение времени экстрагирования. Вследствие этого аппаратурно-технологическая схема для получения молочно-растительного экстракта в этой работе не приводится.

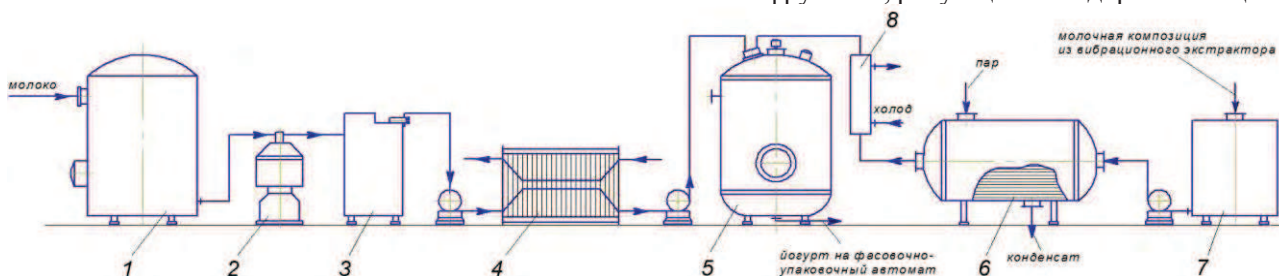


Рисунок 2. Аппаратурно-технологическая схема производства йогурта: 1 - ёмкость для нормализации молока; 2 - сепаратор-молокоочиститель; 3 - гомогенизатор; 4 - пастеризационно-охлаждающая установка; 5 - ёмкость для заквашивания и сквашивания смеси; 6 - кожухотрубчатый теплообменник; 7 - сборник для молочно-растительного экстракта; 8 - холодильник.

Аппаратурно-технологическая схема (рисунок 2) составлена в соответствии с отечественной технологией йогурта и дополнена оборудованием для подачи в продукт молочно-растительного экстракта. Нормализация молока проводится в ёмкости 1, далее молочная смесь очищается в сепараторе-молокоочистителе 2 при температуре $43 \pm 2^\circ\text{C}$ и гомогенизируется (позиция 3) при нормированном давлении и температуре $45-48^\circ\text{C}$. Молочная смесь пастеризуется при температуре $85-87^\circ\text{C}$ с выдержкой 10-15 мин или при $92 \pm 2^\circ\text{C}$ с выдержкой 2-8 мин с последующим охлаждением до температуры $40-42^\circ\text{C}$ в пастеризационно-охлаждающей установке 4. После термообработки и охлаждения смесь поступает в ёмкость 5 на заквашивание с последующим сквашиванием в течение 3-4 ч при $t = 40-42^\circ\text{C}$ до образования сгустка. В этой же ёмкости сгусток перемешивается и охлаждается ледяной водой в течение 30-60 мин. Непрерывное перемешивание продолжается до образования однородной консистенции продукта, после чего последний перемешивается периодически до охлаждения сгустка до заданной температуры. В частично ($25-30^\circ\text{C}$) или полностью (6°C) охлаждённый сгусток вносят плодово-ягодные наполнители. Охлаждённый (позиция 8) молочно-растительный экстракт также подаётся в ёмкость 5.

Предварительно он поступает из экстрактора (не показан) в сборнике 7, затем перекачивается насосом в кожухотрубчатый теплообменник 6. В теплообменнике молочно-растительный экстракт движется во внутритрубном пространстве, а пар в межтрубном. Пастеризуется экстракт кратковременно при температуре 72°C . В результате разрушаются

Рассмотрим аппаратурное оформление технологии йогурта, обогащённого аминокислотами, микроэлементами и витаминами, которые содержатся в молочно-растительном экстракте.

А.И. Тамим и Р.К. Робинсон отмечают [5], что среди кисломолочных продуктов только йогурт распространился по всему миру вследствие приятного аромата и вкуса, идеального сочетания с фруктами, репутации как здоровой пищи.

все патогенные микроорганизмы, а вкус и сывороточные белки экстракта не изменяются.

После тщательного перемешивания йогурта в ёмкости 5 его подают на фасовочно-упаковочный автомат. При выборе кожухотрубчатого теплообменника исходим из следующих предпосылок [1]:

1. Кожухотрубчатые теплообменники предназначены для быстрой пастеризации молока в потоке. Поскольку молочно-растительный экстракт максимально приближен по химическому составу, физическо-химическим свойствам, массовой доле сухих веществ и другим показателям к цельному молоку, то в нашем случае оправдано пастеризовать экстракт в выбранном рекуперативном теплообменнике.

2. Возможно получение высоких значений коэффициентов теплопередачи при оптимальных скоростях теплоносителей, а также когда коэффициент теплоотдачи с внутренней стороны стенки не является лимитирующим, термическое сопротивление стенки и вероятность отложений накипи и загрязнений малы.

3. В теплообменнике возможно создать чистый противоток, аппарат имеет простое устройство и доступен для периодической чистки.

Предложенная схема может быть также использована при производстве других кисломолочных продуктов.

Таким образом, разработанные авторами аппаратурно-технологические схемы вносят определённый вклад в решение комплексной переработки вторичного сырья растительного происхождения, которая является экономически и экологически целесообразной.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1995. 400 с.
- 2 Мельникова Е.И., Богданова Е.В., Бурцева М.И., Иванов С.С. Молочно-растительный экстракт люпина – сырье для функциональных продуктов питания // Пищевая промышленность. 2014. №5. С. 70-72.
- 3 Плюха С.Ю., Иванов С.С., Шишацкий Ю.И. О целесообразности использования шротов как вторичного сырья растительного происхождения // Материалы международной научно-технической конференции «Биотехнологические системы в производстве пищевого сырья и продуктов. Инновационный потенциал и перспективы развития». Воронеж: ВГУИТ, 2011. С. 448-450.
- 4 Плюха С.Ю., Шишацкий Ю.И. Аппаратурно-технологическая схема получения CO₂-экстрактов из сырья растительного происхождения // Материалы международной научно-технической конференции «Биотехнологические системы в производстве пищевого сырья и продуктов. Инновационный потенциал и перспективы развития». Воронеж: ВГУИТ, 2011. С. 243-246.
- 5 Тамим А.Й., Робинсон Р.К. Йогурт и аналогичные молочные продукты: научные основы и технологии. СПб.: Профессия, 2003. 664 с.

REFERENCES

- 1 Dytnerskii Yu.I. Protsessy i apparaty khimicheskoi tekhnologii [Process and devices of chemical technology], Moscow, Khimiia, 1995. 400 p. (In Russ.).
- 2 Mel'nikova E.I., Bogdanova E.V., Burtseva M.I., Ivanov S.S. Dairy an extract lupin - raw materials for functional foodstuff. *Pishchevaia promyshlennost'*. [The food-processing industry], 2014, no. 5, pp. 70-72. (In Russ.).
- 3 Pliukha S. Iu., Ivanov S.S. About expediency of use seed meal as secondary raw materials of a phytogenesis Materialy mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii "Biotekhnologicheskie sistemy v proizvodstve pishchevogo syr'ia i produktov. Innovatsionnyi potentsial i perspektivy razvitiia" [Materials of the international scientific and technical conference «Biotechnological systems in manufacture of food raw materials and products. Innovative potential and development prospects»], Voronezh, 2011. pp.448-450. (In Russ.).
- 4 Pliukha S. Iu., Shishatskii Yu.I. Hardware the scheme of reception CO₂-extracts from raw materials of a phytogenesis Materialy mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii "Biotekhnologicheskie sistemy v proizvodstve pishchevogo syr'ia i produktov. Innovatsionnyi potentsial i perspektivy razvitiia" [Materials of the international scientific and technical conference «Biotechnological systems in manufacture of food raw materials and products. Innovative potential and development prospects»], Voronezh, 2011. pp. 243-246. (In Russ.).
- 5 Tamim A.I., Robinson R.K. Iogurt i analogichnye molochnye produkty: nauchnye osnovy i tekhnologii [Yoghurt and similar dairy products: scientific foundations and technologies]. Saint Petersburg, Professiiia, 2003. 664 p. (In Russ.).