

дукции Российской академии сельскохозяйственных наук. – Рыбное, 2011.

#### Literatura

1. Issledovanie rabocheho processa izmel'chitelya pergovyh sotov / D.N. Byshov, D.E. Kashirin, N.V. Ermachenkov [i dr.] // Vestn. KrasGAU. – 2015. – № 8. – S. 155–159.
2. Haritonova M.N., Haritonov N.N., Burmistrova L.A. Dinamika fiziko-himicheskikh pokazatelej pergi v processe hraneniya // Vestn. Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2012. – № 4 (16). – S. 77–83.
3. Haritonova M.N. Metody sushki i kachestvo pergi // Pchelovodstvo. – 2011. – № 8. – S. 56–57.
4. Haritonova M.N. Sovershenstvovanie tekhnologii polucheniya, hraneniya i pererabotki pergi: dis. ... kand. biol. nauk / Povolzhskij nauchno-issledovatel'skij institut proizvodstva i pererabotki myasomolochnoj produkcii Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk. – Rybnoe, 2011.

УДК 633.8.66.060

**Е.А. Струпан, О.А. Струпан,  
В.И. Полонский, Г.А. Демиденко**

### ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ, МУКИ И ИНУЛИНА ИЗ ДИКОРАСТУЩЕГО СЫРЬЯ

**Е.А. Strupan, O.A. Strupan,  
V.I. Polonsky, G.A. Demidenko**

#### TECHNOLOGY OF RECEIVING POWDERS, FLOUR AND INULIN FROM WILD-GROWING RAW MATERIALS

Целью исследования является обоснование применения в пищевых отраслях продуктов переработки многолетних травянистых растений семейств Asteraceae (Compositae): *Arstium lappa* L. – лопух большой, *Taraxacum officinale* Wigg – одуванчик лекарственный, *Achillea millefolium* L. – тысячелистник обыкновенный, а также семейства Rosaceae – *Sanguisorba officinalis* L. (*Sanguisorba glandulosa* Kom.) – кровохлебка лекарственная, – и разработка технологии мучных, кондитерских изделий, обогащенных биологически активными веществами, выделенными из дикорастущего сырья. Была разработана технология переработки и получения порошков, муки и инулина из дикорастущего сырья, произрастающего на территории Красноярского края. Выявлены особенности химического состава продуктов переработки различных видов дикорастущего сырья. В корнях лопуха большого и одуванчика лекарственного из полисахаридов преобладает инулин, количество которого составляет от 36,5 до 42 %; в корнях кровохлебки лекарственной содержание крах-

мала 120,4 %. Димерные фенольные соединения – флавоноиды (флавоны, флавонолы, флавонолы, лейкоантоцианы, катехины, ксантоны) содержатся во всех исследуемых растениях. Суммарное содержание флавоноидов изменяется в пределах от 2,8 до 6,9 % в зависимости от вида сырья и анатомических частей растений. Обнаружено в исследуемых растениях 15 соединений, принадлежащих к углеводородам, карбонильным соединениям, терпеноидам и изотерпеноидам; значительную часть составляет низкокипящая фракция терпеновых углеводов, состоящая из  $\alpha$ - и  $\beta$ -пиненов; основными компонентами являются: кариофиллен, линалилацетат, туйон, бизаболон и азулен. На рисунках показаны кинетические кривые сушки кружочков корней лопуха большого, одуванчика лекарственного, кровохлебки лекарственной, тысячелистника обыкновенного различной толщины.

**Ключевые слова:** лопух большой, одуванчик лекарственный, кровохлебка лекарственная, тысячелистник обыкновенный.

The aim of the study is justification of using the products of processing of perennial herbaceous plants of the families Asteraceae (Compositae): *Arstium lappa* L. great burdock, *Taraxacum officinale* Wigg – dandelion medicinal, *Achillea millefolium* L.) yarrow, as well as family Rosaceae-*Sanguisorba officinalis* L. (*Sanguisorba glanduloza* Kom.) – Burnet pharmaceutical in food industry and the development of technology of bakery, confectionery products, enriched with biologically active substances isolated from wild-growing raw materials. The technology was developed for processing and producing powders of flour and inulin from native raw materials, growing on the territory of Krasnoyarsk region. Peculiarities of the chemical composition of products of processing various kinds of wild-growing raw materials were found out. In the roots of burdock and dandelion dominated by polysaccharides from the inulin, which ranges from 36, 5 to 42 %; in the roots of Burnet starch it was 120, 4 %. Dimeric phenolic compounds, i.e. flavonoids (flavones, flavanone, flavonols, leucoanthocyanins, catechins, xanthones) can be present in all the studied plants. The total content of flavonoids varies from 2,8 to 6,9 % depending on feedstock type and anatomical parts of plants. In the investigated plants 15 compounds were found to belong to hydrocarbons, carbonyl compounds, and terpenoids isotertinoin; a significant part is low-boiling fraction of terpene hydrocarbons consisting of  $\alpha$ - and  $\beta$ -pinens; the main components are: caryophyllene, minalrestat, thuyone, bisabolol and azulene. In the figures the kinetic curves of drying slices of the roots of burdock, dandelion, Burnet, yarrow, having different thickness are shown.

**Key words:** burdock, dandelion, Burnet drug, yarrow.

**Введение.** В реализации концепции государственной политики в области здорового питания населения Российской Федерации особая роль отводится созданию качественно новых пищевых продуктов, обогащенных биологически активными веществами, способными корректировать процессы метаболизма в организме человека, повышать его защитные механизмы, снижать риск развития алиментарнозависимых заболеваний. В настоящее время получены принципиально новые данные в отношении важной роли для человека так называемых минорных биологически активных веществ

(БАВ), к которым относятся различные полисахариды, органические кислоты, фенольные соединения, микроэлементы, витамины и витаминоподобные вещества. Накопленные в области нутрициологии данные свидетельствуют о том, что в современных условиях жизни человека невозможно адекватное обеспечение потребности организма всеми необходимыми для поддержания его жизнедеятельности пищевыми и минорными биологически активными компонентами за счет традиционного питания [1]. Необходимы альтернативные источники, к которым относятся дикорастущие съедобные растения различных семейств, отличающиеся повышенным содержанием БАВ. Одним из путей решения проблемы создания пищевых продуктов заданного химического состава является использование экологически безопасных нетрадиционных сырьевых ресурсов растительного происхождения, в частности дикорастущего растительного сырья, широко распространенного во многих регионах нашей страны, в том числе и в Красноярском крае. Особое место занимают многолетние растения семейства Asteraceae (Compositae): *Arstium lappa* L. – лопух большой, *Taraxacum officinale* Wigg. – одуванчик лекарственный, *Achillea millefolium* L. – тысячелистник обыкновенный, а также семейства Rosaceae (Compositae) – *Sanguisorba officinalis* L. (*Sanguisorba glanduloza* Kom.) – кровохлебка лекарственная, которые являются ценными источниками БАВ и разрешены Министерством здравоохранения и социального развития РФ в качестве лекарственного и пищевого сырья [2–4, 7]. В связи с изложенным, исследование, направленное на решение важной народно-хозяйственной проблемы, создания качественно новых функциональных пищевых продуктов профилактического назначения, обогащенных биологически активными компонентами, выделенными из экологически безопасных дикорастущих многолетних травянистых растений семейств Asteraceae (Compositae) и Rosaceae (Compositae), являются актуальными и имеют важное социально-экономическое значение [4, 7, 2, 3].

**Цель исследования:** обоснование применения продуктов переработки многолетних травянистых растений семейств Asteraceae (Compositae): *Arstium lappa* L. – лопух большой, *Taraxacum officinale* Wigg. – одуванчик лекар-

ственный, *Achillea millefolium* L. – тысячелистник обыкновенный, а также семейства *Rosaceae* – *Sanguisorba officinalis* L. (*Sanguisorba glandulosa* Kom. – кровохлебка лекарственная, в пищевых отраслях и разработка технологии мучных, кондитерских изделий, обогащенных биологически активными веществами, выделенными из дикорастущего сырья.

**Задачи исследования:** исследовать и разработать технологии продуктов переработки дикорастущего сырья, обеспечивающих минимальные потери биологически активных веществ; изучить показатели безопасности дикорастущего сырья и продуктов его переработки; исследовать биологически активные вещества в сырье и продуктах его переработки в процессе хранения; исследовать антиоксидантные и антимикробные свойства продуктов переработки дикорастущего сырья.

**Объекты и методы исследования.** В качестве объектов исследования были выбраны продукты переработки многолетних травянистых растений семейств *Asteraceae* (*Compositae*): *Arstiumlappa* L. – лопух большой (ЛБ), *Taraxacum officinale* Wigg. – одуванчик лекарственный (ОЛ), *Achillea millefolium* L. – тысячелистник обыкновенный (ТО), а также семейства *Rosaceae* – *Sanguisorba officinalis* L. (*Sanguisorba glandulosa* Kom.) – кровохлебка лекарственная (КЛ).

Используя различные физико-химические и органолептические методы исследования в свежем и высушенном сырье и продуктах его переработки определяли углеводную фракцию, фенольные соединения, макро- и микроэлементы, водорастворимые витамины и эфирные масла. Макро- и микроэлементы определяли методом атомно-адсорбционной спектроскопии на спектрофотометре ААС-30. Аскорбиновую кислоту анализировали методом Тильманса, витамин РР – флуориметрическим методом. Дикорастущее сырье сушили в ИК-установке «Феруза-2» [2, 3, 5], в которой изменяли мощность теплового потока от 600 до 1000 Вт.

Корни и корневища сушили при температуре 50÷55 °С, листья и соцветия – при 35÷40 °С. Для интенсификации сушки подбирали размер частиц такой, чтобы лучи проникали в материал на возможно большую глубину, что зависит как от пропускающей способности высушиваемого сырья, так и от длины ИК-лучей: чем

меньше длина волны, тем больше проникающая способность лучей [1].

**Результаты исследования и их обсуждение.** Основным технологическим процессом получения порошков является сушка, поэтому при обосновании способов и параметров этого процесса учитывали не только интенсивность испарения влаги, но и необходимость максимального сохранения биологически активных веществ, содержащихся в свежем сырье. Важно отметить, что при сушке сырья учитывалась малая проницаемость частиц, в результате которой может произойти быстрое высушивание поверхностного слоя, возникнут значительные градиенты температур  $\Delta t$  и влажности  $\Delta W$  внутри частиц сырья, приводящие к растрескиванию корней и, как следствие, к ухудшению качества порошков. При выборе размера частиц и толщины слоя учитывали также, что с понижением влажности высушиваемых образцов и уменьшением толщины слоя проницаемость сырья увеличивается.

В связи с тем, что содержание абсолютно сухого вещества в процессе сушки остается постоянным, а влажность изменяется, изучаемым параметром является влагосодержание. Влажностные характеристики свежего дикорастущего сырья представлены в таблице 1.

На рисунке 1 приведены кинетические кривые сушки исследуемого сырья.

По кривым сушки в периоде постоянной скорости определена максимальная скорость этого процесса ( $V_{\max}$ , % мин<sup>-1</sup>) корней ЛБ, нарезанных на кружочки толщиной  $\delta$ ; мм, 2,4 и 6 мм (см. рис. 1), а также кружочков корней  $\delta = 2$  мм ЛБ, ОЛ, КЛ и надземной части ТО, нарезанной на пластины размером 3–5 мм. Значение  $V_{\max}$  в периоде постоянной скорости сушки определяли из выражения  $V_{\max} = \operatorname{tg} \alpha = (d \omega / d \tau)_{\max}$ , где  $\tau$  – отрезок на оси абсцисс, отсекаемый прямой при ее продолжении до пересечения с осью абсцисс. Как следует из рисунка 1, скорость сушки зависит от толщины сырья. Для кружочков корней ЛБ толщиной 2,4 и 6 мм  $V_{\max}$  составляет 5,3; 4,8 и 3,9 % мин<sup>-1</sup> соответственно. На основании экспериментальных данных для сушки корней выбрано значение  $\delta = 2$  мм. Из рисунка 2 видно, что скорость сушки зависит от вида сырья. Так, при сушке корней ЛБ, ОЛ, КЛ и надземной части ТО и ЛБ значение  $V_{\max}$  составляют 5,3; 4,6; 5,0; 8,1; 5,6 соответственно [5].

Влажностные характеристики свежего дикорастущего сырья

Сырье		W, %	M <sub>c</sub> , %	ω, %
Корни	ЛБ	89,90 ± 0,18	10,20 ± 0,09	880
	ОЛ	91,40 ± 0,16	8,60 ± 0,07	1062
Корни с корневищами	КЛ	89,77 ± 0,18	10,23 ± 0,08	877
Надземная часть	ЛБ	88,7 ± 0,15	11,3 ± 0,07	784
	ТО	90,86 ± 0,17	9,14 ± 0,07	994

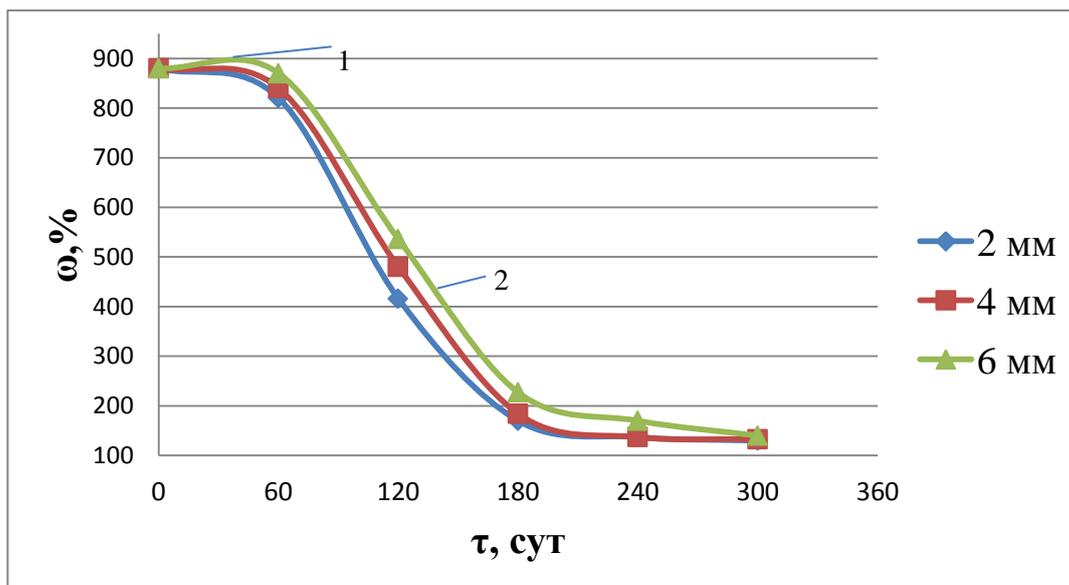


Рис. 1. Кинетические кривые сушки кружочков корней лопуха большого (ЛБ) различной толщины (ω – влажность, %; τ – продолжительность сушки, сут)

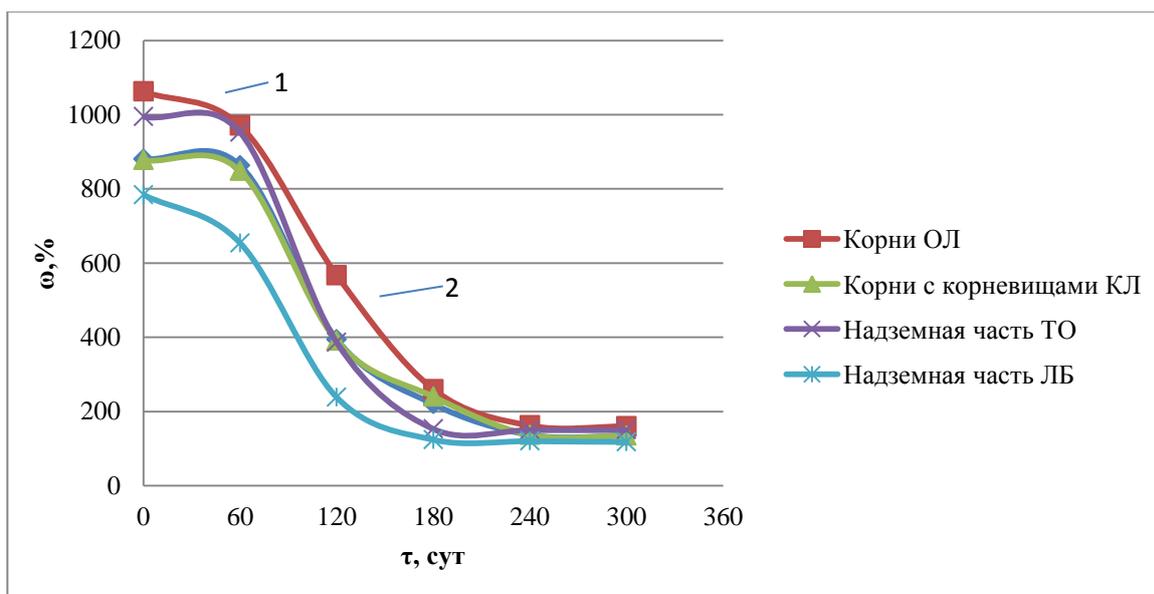


Рис. 2. Кинетические кривые сушки дикорастущего сырья (ω – влажность, %; τ – продолжительность сушки, сут)

На данных кривых можно выделить следующие участки: участок 1, характеризующийся периодом подогрева сырья и незначительным изменением влагосодержания. Затем наблюдается период постоянной скорости сушки – участок 2, отличающийся постоянными скоростью уменьшения влагосодержания и температурой образцов, равной температуре мокрого термометра сушильного агента. В этот период интенсивность процесса сушки определяется только параметрами сушильного агента и не зависит от влагосодержания высушиваемого материала и его физико-химических свойств. Период постоянной скорости сушки продолжается до тех пор, пока не наступит критическое влагосодержание  $\omega_k$ . Значение  $\omega_k$  является границей между периодом постоянной и падающей скоростями сушки. Для корней ЛБ, ОЛ, КЛ и надземной части ТО и ЛБ  $\omega_k$ , %, равно 385; 374; 368; 270; 294 соответственно. В периоде падающей скорости сушки скорость этого процесса уменьшается по мере снижения влагосодержания высушиваемого сырья [3, 5]. Температура сырья увеличивается и приближается к концу периода к температуре воздуха как сушильного агента. Процесс сушки сырья продолжается до достижения равновесного влагосодержания (рис. 1, 2) и в дальнейшем удаление влаги прекращается. Исследуемое сырье сушили до постоянной влажности не более 14 %. Различие кривых сушки для исследуемого сырья, очевидно, связано с содержанием в нем влаги и формами ее связи с компонентами высушиваемых образцов. По П.А. Ребендеру формы связи классифицируются на основе энергии, затраченной на нарушение связи воды со скелетом твердого тела при сушке материала. Очевидно, что в период постоянной скорости сушки удаляется капиллярно- и осмотически связанная вода, в период падающей скорости сушки удаляется частично адсорбционно-связанная вода и не испаряется химически связанная вода. Как следует из рисунка 2, продолжительность сушки составила для корней ЛБ – 210 мин; ОЛ – 240; корней и корневищ КЛ – 220; листьев и соцветий ТО – 150 мин. Такое различие во времени сушки можно объяснить химическим составом сырья, отличающимся содержанием высокомолекулярных соединений, в основном углеводов: крахмала, инулина, клет-

чатки, – обладающих различной влагоудерживающей способностью. В процессе исследования влияния мощности теплового потока, изменяемого в пределах от 700 до 1000 Вт, на скорость сушки и органолептические показатели качества высушенного сырья установлено, что при мощности более 900 Вт происходит потемнение паренхимных тканей корней, а при мощности меньше 700 Вт – очень низкая скорость ИК-сушки. Для частиц толщиной 2–4 мм рекомендуется тепловой поток мощностью 700–900 Вт. Таким образом, для интенсификации процесса сушки рекомендуется коротковолновое инфракрасное излучение длиной волны 1,8–2 мкм, мощностью теплового потока 700–900 Вт, размер кружочков или пластин корней – толщиной 2–3 мм, температура – 50–55 °С – для корней и 35–40 °С – для надземной части ТО и ЛБ. Высушенные корни и корневища измельчали до порошкообразного состояния на вальцовой мельнице. Порошки представляют собой однородную сыпучую массу, отличающуюся по вкусу, запаху и цвету и незначительно – по плотности. Физическая плотность порошков ЛБ, ОЛ, КЛ, ТО составляет кг/м<sup>3</sup>: 0,563; 0,0,568; 0,530; 0,500 соответственно. Порошки из надземной части ТО имели светло-зеленый цвет, а из корней и корневищ ЛБ, ОЛ, КЛ – серый цвет с запахом, свойственным данным растениям. По результатам определения гранулометрического состава порошков установлено, что основная фракция (96 %) состояла из частиц размером от 60 до 180 мкм. Эта фракция вторично измельчалась до получения размера частиц менее 60 мкм в виде тонкоизмельченного порошка (муки). Полученные тонкоизмельченные порошки (мука) в дальнейшем использовались в технологии мучных изделий (патент № 2355171). В порошках, полученных из корней ЛБ и ОЛ, содержится до 42,5 % инулина, который, как известно, рекомендуется для больных сахарным диабетом и может использоваться как заменитель сахара при производстве мучных изделий, заменитель жира при изготовлении отделочных полуфабрикатов, а также в качестве пищевых волокон и пробиотиков [6, 8]. В связи с этим из корней данных растений выделяли чистый инулин по модифицированному автором методу. Инулин экстрагировали водой при температуре 70÷80 °С до

полного извлечения. В полученном экстракте инулин осаждали 96 %-м этиловым спиртом при температуре минус 14 °С, затем его подвергали повторной перекристаллизации, сушили, получали порошок, который использовали в технологии отделочных полуфабрикатов и мучных изделий в качестве заменителя сахара (патенты № 2351166 и № 2360927). Опытную партию мелкоизмельченных порошков из исследуемого сырья хранили в герметичных полимерных упаковках по 3–5 кг при температуре  $20 \pm 5$  °С и относительной влажности воздуха  $70 \pm 5$  %.

В процессе хранения порошков определяли внешний вид, запах, цвет, консистенцию по пятибалльной шкале. В течение 18 месяцев хранения органолептические показатели качества порошков оценивались дегустационной комиссией на 5 баллов. Влажность порошков в процессе хранения в течение 24 месяцев не изменилась и составила  $13,6 \pm 0,3$  %. По результатам органолептических, физико-химических и микробиологических показателей срок годности порошков при данных условиях составляет 18 месяцев.

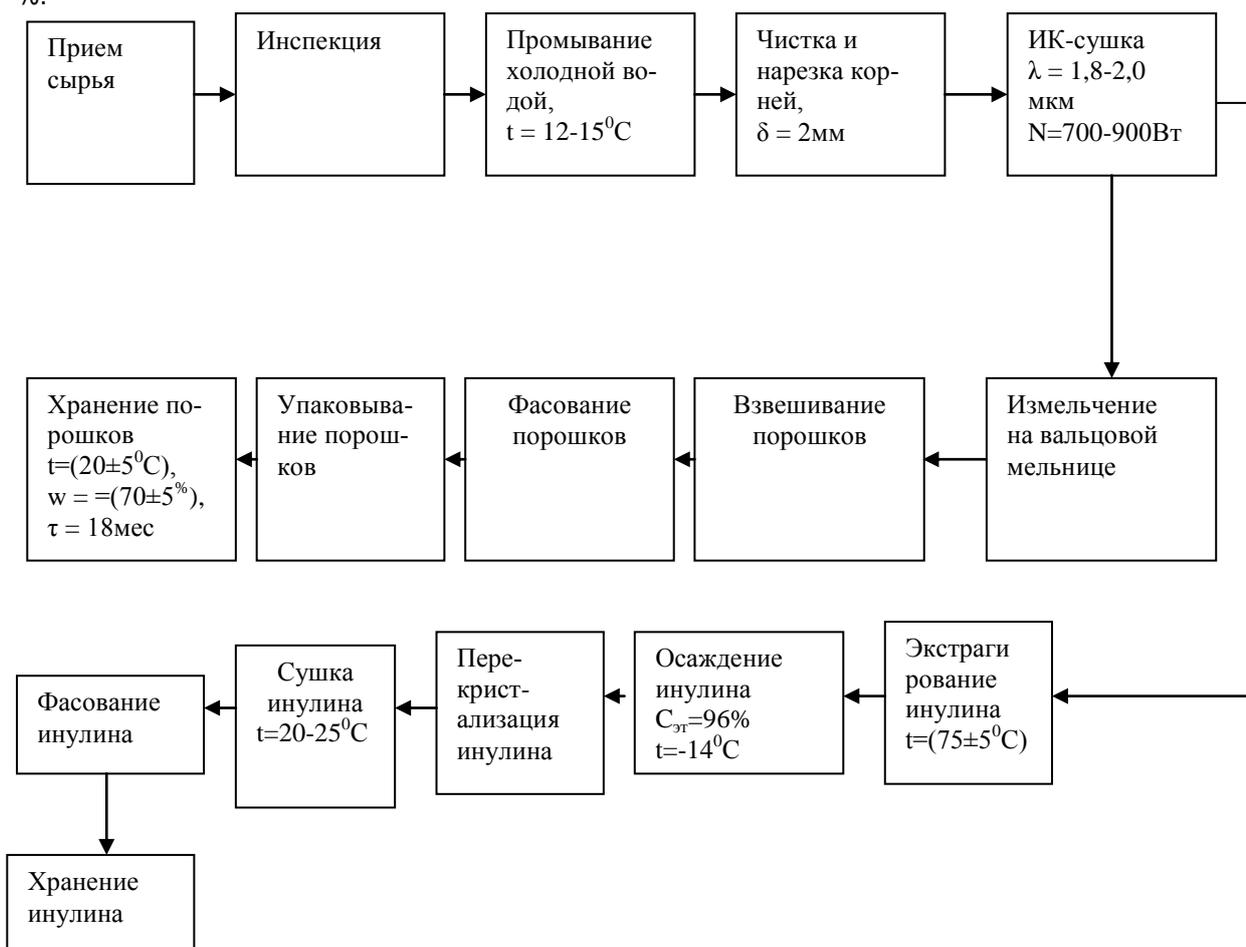


Рис 3. Принципиальная схема производства порошков, муки и инулина из дикорастущего сырья

### Выводы

1. На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований обосновано применение продуктов переработки многолетних травянистых растений семейств *Asteraceae* (*Compositae*): *Arstium lappa* L. – лопух большой, *Taraxacum officinale* Wigg. – одуван-

чик лекарственный, *Achillea millefolium* L. – тысячелистник обыкновенный, а также семейства *Rosaceae* – *Sanguisorba officinalis* L. (*Sanguisorba glandulosa* Kom.) – кровохлебка лекарственная, – в пищевых отраслях и решена одна из важнейших народнохозяйственных проблем, связанных с разработкой широкого ассортимента мучных изделий профилактического

назначения, обогащенных биологически активными веществами, выделенными из дикорастущего сырья. Установлено, что исследуемое дикорастущее сырье и продукты его переработки отличаются высоким содержанием пищевых волокон, биофлавоноидов, водорастворимых витаминов, макро- и микроэлементов.

2. Разработана принципиальная схема продуктов переработки дикорастущего сырья (порошки, инулин), рекомендованы параметры сушки корней лопуха большого, одуванчика лекарственного с корневищами кровохлебки лекарственной и надземной части тысячелистника обыкновенного с использованием инфракрасных коротковолновых лучей ( $\lambda = 1,8 \div 2,0$  мкм), мощностью теплового потока  $N = 700 \div 900$  В.

3. Построены кинетические кривые сушки дикорастущего сырья (корней лопуха большого, одуванчика лекарственного с корневищами кровохлебки лекарственной и надземной части тысячелистника обыкновенного).

### Литература

1. Биохимия растительного сырья / В.Г. Лобанов, Т.Н. Прудников [и др.]. – М.: Колос, 2009. – С. 276.
2. Черняева Г.Н., Перишкина Г.И. Фенольные соединения коры *Abiessibirica* Ledeb // Растительные ресурсы. – 2008. – Т. 34. – Вып. 2. – С. 51–55.
3. Черняева Г.Н. Экстрактивные вещества древесных пород средней Сибири. – Красноярск, 2007. – 137 с.
4. Черняева Г.Н., Долгодворова С.Я., Степень Р.А. Утилизация древесной биомассы. – Красноярск: Изд-во ИЛИД СО, 2007. – С.166.
5. Спектрометрический метод количественной оценки содержания полифенолов в сухом экстракте из надземной части донника лекарственного / И.И. Челесова, С.Л. Чубарова, Е.И. Саканян [и др.] // Растительные ресурсы. – 2005. – № 1. – С. 12–18.
6. Шматков Д.А., Беляков К.В., Попов Д.М. Определение инулина в корнях лопуха большого // Фармация. – 2008. – № 6. – С. 3–7.
7. Шаззо Р.И., Ильина И.А., Овчарова Г.П. Общая концепция и приоритеты научного обеспечения создания продуктов функционального назначения // Наука Кубани. – 2009. – № 5. – С. 17–21.

8. Шевелева С.А. Пребиотики и пробиотические продукты. Современное состояние вопроса // Вопросы питания. – 1999. – № 2. – С. 32–39.

### Literatura

1. Biohimiya rastitel'nogo syr'ya / V.G. Lobanov, T.N. Prudnikov [i dr.]. – M.: Kolos, 2009. – S. 276.
2. Chernyaeva G.N., Peryshkina G.I. Fenol'nye soedineniya kory *Abiessibirica* Ledeb // Rastitel'nye resursy. – 2008. – T. 34. – Vyp. 2. – S. 51–55.
3. Chernyaeva G.N. Ekhstraktivnye veshchestva drevesnyh porod srednej Sibiri. – Krasnoyarsk, 2007. – 137 s.
4. Chernyaeva G.N., Dolgodvorova S.YA., Stepen' R.A. Utilizaciya drevesnoj biomassy. – Krasnoyarsk: Izd-vo IliD SO, 2007. – S.166.
5. Spektrometricheskij metod kolichestvennoj ocenki soderzhaniya polifenolov v suhom ehkstrakte iz nadzemnoj chasti donnika lekarstvennogo / I.I. Chelesova, S.L. Chubarova, E.I. Sakanyan [i dr.] // Rastitel'nye resursy. – 2005. – № 1. – S. 12–18.
6. Shmatkov D.A., Belyakov K.V., Popov D.M. Opredelenie inulina v kornyah lopuha bol'shogo // Farmaciya. – 2008. – № 6. – S. 3–7.
7. Shazzo R.I., Il'ina I.A., Ovcharova G.P. Obshchaya koncepciya i priorityety nauchnogo obespecheniya sozdaniya produktov funkcionaln'nogo naznacheniya // Nauka Kubani. – 2009. – № 5. – S. 17–21.
8. Sheveleva S.A. Prebiotiki i probioticheskie produkty. Sovremennoe sostoyanie voprosa // Voprosy pitaniya. – 1999. – № 2. – S. 32–39.