

УДК 664.6:664.641.2:002

С.М. Доценко, О.В. Скрипко, Г.В. Кубанкова, Е.Б. Обухов, А.О. Коршенко**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЕЛКОВО-УГЛЕВОДНОЙ МУКИ ИЗ ВТОРИЧНОГО СОЕВОГО СЫРЬЯ**

Приведены результаты научных исследований по определению фракционного состава вторичного соевого сырья от производства необезжиренной соевой муки, разработке технологии муки из отдельных фракций, их композиций и комбинаций.

В результате исследований разработана технология производства соевой белково-углеводной муки из вторичного соевого сырья для дальнейшего ее использования в технологии хлеба и мучных кондитерских изделий. Путем математического моделирования установлены оптимальные параметры процесса получения муки, а также приведены характеристики органолептических и физико-химических показателей полученной муки.

Вторичное соевое сырье, соевая белково-углеводная мука, хлеб и мучные кондитерские изделия.

Введение

Важнейшей и актуальной проблемой во всем мире на сегодняшний день является проблема дефицита белка в пище, а также других физиологически ценных ингредиентов.

Одним из путей восполнения дефицита белка и физиологически ценных ингредиентов в пище является повышение эффективности использования сырьевых ресурсов за счет внедрения ресурсосберегающих и безотходных технологий, ликвидации производственных потерь, привлечения для выработки пищевых продуктов новых компонентов из вторичного сырья, богатого питательными веществами, безвредного и легко поддающегося различным видам переработки [1, 2].

В настоящее время известна технология получения термообработанного соевого продукта в виде крупки, включающая пропаривание и прожаривание соевого зерна с помощью комплекта оборудования КПСМ-850, а также его обрушивание с последующим рассевом на фракции путем поперечного пропуска полученного продукта через отверстия решет определенного диаметра [3, 4].

Недостатком такой технологии является низкая ее эффективность, связанная с отсутствием возможности подготовки к использованию термообработанных фракций – оболочка, зародыша и дробленых семядолей как составных частей семян сои и являющихся после соответствующей переработки биологически активными добавками, содержащими функционально ценные ингредиенты.

Целью работы являлось повышение эффективности работы комплекта технологического оборудования и применяемой технологии путем получения продуктов из вторичного сырья, использование которых в определенных соотношениях обеспечивает улучшенный состав и определенные свойства традиционным продуктам питания.

Объекты и методы исследований

Объектами исследований являлись: вторичное соевое сырье, получаемое при производстве соевой необезжиренной муки, в том числе его фракции: зародыш, оболочка, дробленые семядоли. Процесс приготовления белково-углеводной муки из вторичного соевого сырья. Хлеб и мучные кондитерские изделия

с использованием соевой белково-углеводной муки. В процессе исследований использовались следующие методы: определение массовой доли влаги – по ГОСТ 8764-73; определение массовой доли протеина – по ГОСТ 23327-78; определение массовой доли жира – по ГОСТ 13797.2-94; определение массовой доли углеводов; построение математических моделей и их анализ (программа Arpo1, метод Парето-оптимального решения (программа KPS)); определение аминокислотного состава сырья и готового продукта на аминокислотном анализаторе НИР 4250; определение индекса биологической ценности путем расчета аминокислотного сора; определение энергетической ценности с помощью коэффициентов Рубнера.

Результаты и их обсуждение

В соответствии с поставленной целью работа была направлена на получение композиций, содержащих оболочковую, зародышевую и семядолевую фракции, а также их комбинации, обладающие биологической активностью и физиологической ценностью.

Результат достигается тем, что расеву подвергают вторичное соевое сырье с получением оболочковой, семядолевой, зародышевой фракций, оболочково-зародышевой, оболочково-семядолевой и зародышево-семядолевой композиций, а также естественной композиции (оболочка+зародыш+дробленые семядоли) с последующим их доведением путем дробления до порошковой или мучной формы продукта. При этом обозначенные композиции формируют с заданными соотношениями фракций, обусловленными использованием композиций в качестве биологически активных добавок или физиологически ценных ингредиентов в следующих продуктах:

- хлебобулочных и мучных кондитерских изделиях специального назначения;
- молочно-кислых биопродуктах;
- мясных продуктах заданного состава и свойств;
- кондитерских изделиях повышенной биологической ценности;
- овощных продуктах повышенной пищевой ценности;
- пищевых концентратах повышенной пищевой и биологической ценности.

Согласно технологической, а также конструктивно-технологической схемам (рис. 1 и 2), соевое зерно

поступает в термоагрегат, состоящий из пропаривателя 1 и жаровни 2, где вначале пропаривается, а затем прожаривается при строго заданных параметрах и режимах, зависящих от сорта сои и ее технологических характеристик [2, 3].

Затем соевое зерно поступает в штифтовый измельчитель 3, где дробится с получением различных видовых и размерных фракций:

- крупных с диаметром $d_3^1 - d_3^5$;
- оболочковой (О);
- зародышевой (З);
- дробленых семядолей с диаметром d_3^6 менее

d_3^5 (С) (рис. 2);

- мучной.

Полученная таким способом первая фракция направляется в бункер-накопитель 4, а затем на рассев 6. Из бункера-накопителя 4 крупная фракция направляется в вихревую мельницу 9, а затем в бункер-накопитель муки 10. Вторая, третья и четвертая фракции направляются в бункер-накопитель 5, а затем на рассев 7.

На расसेве 7 происходит разделение вторичного соевого сырья на три фракции – оболочковую, семядолевую и зародышевую, которые после разделения направляются для формирования оболочково-зародышевой, оболочково-семядолевой и зародышево-семядолевой композиций (рис. 1 и 2).

Данные композиции направляются на дробление в измельчители 8, где превращаются в муку или порошок в зависимости от дальнейшего назначения. При этом соотношение фракций в композициях также зависит от каждого из конкретных вариантов приготовления пищевых продуктов и обусловлено многочисленными их рецептурами.

Данные композиции состоят из естественных частей семян сои, поэтому они содержат относительно высокое количество или белков, или липидов, или минеральных веществ, или витаминов и пищевых волокон, в совокупности являющихся комплексом незаменимых эссенциальных факторов питания. В частности, по данным [5–7], оболочковая фракция сортов Гармония, Лазурная, Соер-4 и других содержит: К (5–10 %), Mg (1,5–4,5 %), P (0,55–1,5 %), целлюлозу, пектин, лигнин, а зародышевая фракция сои богата токоферолами [9–11].

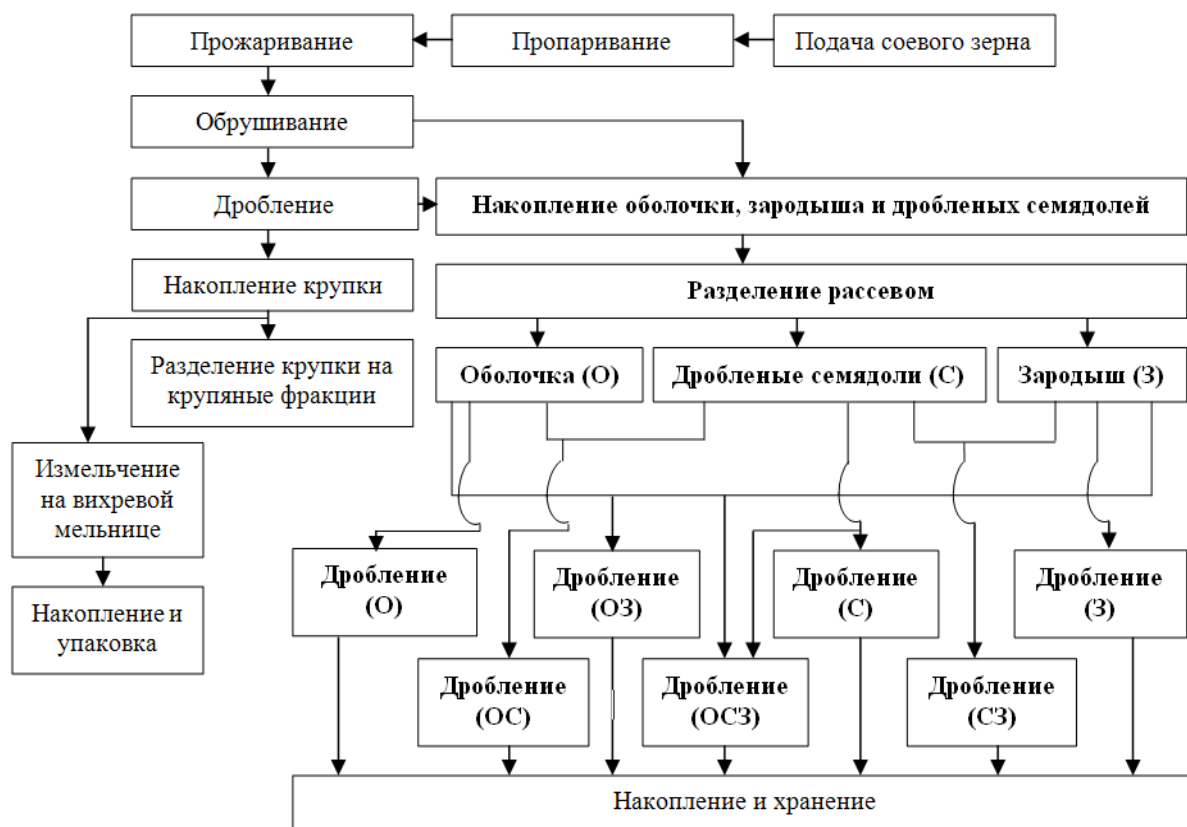


Рис. 1. Общая технологическая схема получения соевого компонента на основе вторичного соевого сырья

При этом химический состав композиции (О+З+С) на 100 г при содержании влаги 5,0–6,0 г представлен следующим количеством: белков – 24,3–25,6 г, липидов – 5,0–5,7 г, углеводов – 56,4–59,9 г; в том числе 44,0–45,0 г клетчатки, минеральных веществ – 3,9–4,2 г, витамина Е – 15,5 мг. При этом ее состав в значительной степени зависит от

сорта сои, условий ее произрастания, а также параметров и режимов получения соевой необезжиренной муки на агрегате КПСМ-850. Энергетическая ценность композиции составляет 368,1–393,66 ккал/100 г (табл. 1) [8].

В результате проведенных исследований установлено, что химический состав вторичного соевого

сырья может изменяться в зависимости от сорта сои и условий ее произрастания.

С целью обоснования параметров и режимов процесса приготовления белково-углеводной муки на основе вторичного соевого сырья проведен анализ факторов, существенно влияющих на процесс приготовления такой муки. На основе априорного ранжирования выделены основные факторы, к которым отнесены следующие: X_1 (d_3 , мм) – начальный раз-

мер частиц (усредненный); X_2 (q , кг/с) – подача соевого компонента в мельницу; X_3 (ω , c^{-1}) – угловая скорость вращения соевых частиц в мельнице.

При этом в качестве критериев оптимизации для данного процесса приняты следующие: Y_1 (λ) – степень измельчения и Y_2 (N_s , $\frac{kВт \cdot ч}{кг}$) – энергоёмкость процесса измельчения.

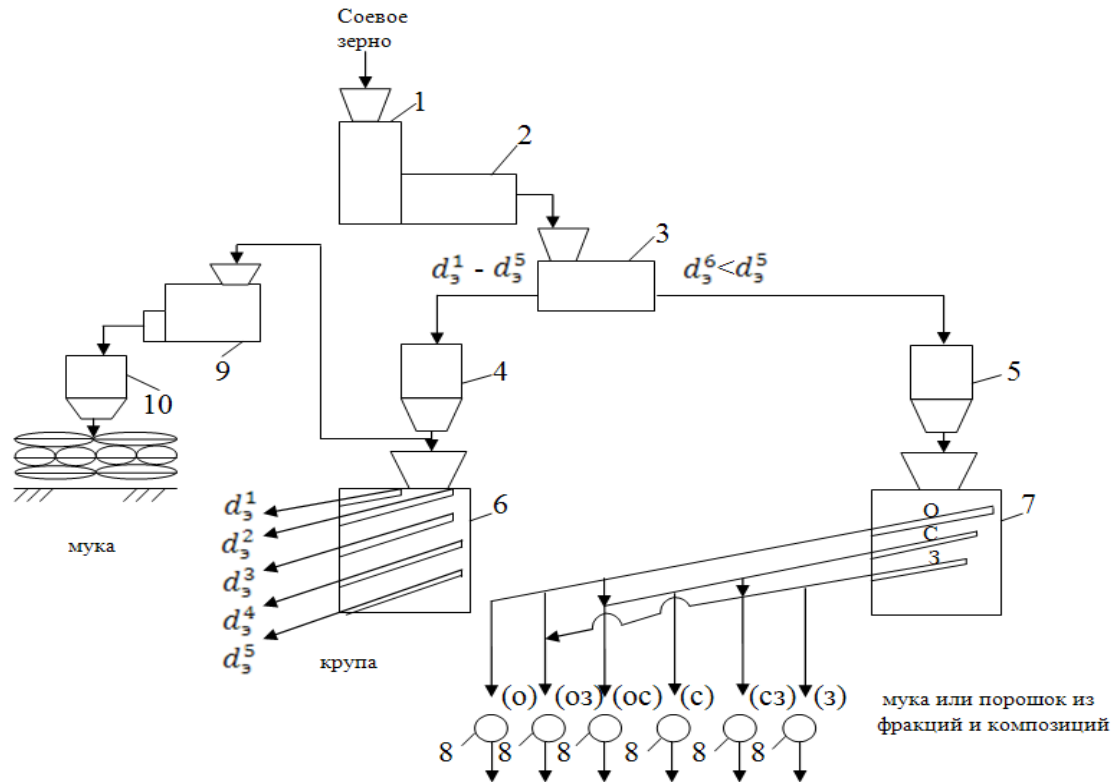


Рис. 2. Конструктивно-технологическая схема производства муки из фракций вторичного соевого сырья: (О) – оболочка; (З) – зародыш; (С) – дробленые семядоли

Факторы и уровни их варьирования представлены в табл. 2.

После реализации эксперимента по стандартной матрице планирования и получения данных проведена их обработка.

На основе проведенной математической обработки получены следующие математические модели, характеризующие процесс получения белково-углеводной муки в кодированной форме:

$$Y_1 = 100,956 - 1,734 \cdot X_2 + 4,813 \cdot X_3 - 7,518 \cdot X_1^2 - 7,179 \cdot X_1 \cdot X_2 - 5,147 \cdot X_3^2 \rightarrow \max; \quad (1)$$

$$Y_2 = 4,764 - 0,045 \cdot X_2 + 0,139 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,091 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,145 \cdot X_1^2 + 0,111 \cdot X_2^2 + 0,129 \cdot X_3^2 \rightarrow \min \quad (2)$$

$$\lambda = 0,00327 - 150,36 \cdot d_3 + 4,847 \cdot q + 8,167 \cdot \omega - 30,072 \cdot d_3^2 - 0,0028 \cdot q^2 - 0,01 \cdot \omega^2 \rightarrow \max; \quad (3)$$

$$N_s = 90,301 - 10,346 \cdot d_3 + 0,089 \cdot q - 0,220 \cdot \omega + 0,00535 \cdot d_3 \cdot q + 0,00915 \cdot d_3 \cdot \omega + 0,5803 \cdot d_3^2 + 0,000044 \cdot q^2 + 0,00032 \cdot \omega^2 \rightarrow \min. \quad (4)$$

Адекватность данных уравнений регрессии подтверждается неравенством, в котором критерий Фишера расчетный F_R больше табличного F_T , то есть $F_R > F_T = 11,77 > 4,77$ и $9,17 > 3,79$. При этом коэффициенты корреляции соответственно равны $R_1 = 0,941$ и $R_2 = 0,955$.

Перейдя от кодированных значений факторов (X_1 ; X_2 и X_3) к натуральным (d ; q и ω), получили следующие математические модели в их раскодированной форме:

Таблица 1

Фракционный и биохимический состав вторичного сырья от переработки семян сои на необезжиренную муку

Вид фракции	Содержание, %				
	Белки	Жиры	Углеводы, в т. ч. клетчатка	Минеральные вещества	Энергетическая ценность, ккал
Оболочка (40 %)	8,0–9,0	1,0–2,0	80,0–90,0	3,0–4,0	361,0–414,0
Зародыш (10 %)	40,0–50,0	11,0–12,0	42,0–45,0	4,0–5,0	457,0–488,0
Дробленые семядоли (50 %)	40,0–43,0	22,0–24,0	29,0–31,0	4,0–5,5	474,0–512,0
Естественная композиция, О+З+ДС	24,3–25,6	5,0–5,7	56,4–59,9/ 44,0–45,0	3,9–4,2	368,1–393,6

Таблица 2

Факторы и уровни их варьирования по изучению процесса получения белково-углеводной муки

Фактор	Факторы		
	началь- ный раз- мер час- тиц, X_1/d_3 , мм	подача соевого компо- нента в мельни- цу, X_2/q , кг/ч	уровень скорости вращения частиц в мельни- це, X_3/ω , c^{-1}
Верхний уровень	3,0	900,0	328,0
Основной уровень	2,5	850,0	308,0
Нижний уровень	2,0	800,0	288,0
Интервал варьирования	0,5	50,0	20,0

На основании проведенного анализа установлены оптимальные значения параметров процесса получения соевой белково-углеводной муки: $d_3 = 2,5–2,55$ мм; $q = 844–857$ кг/ч; $\omega = 307–317,4$ c^{-1} , при которых: $\lambda = 102,18$; $N_3 = 4,76 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{кг}}$.

Данная технология получения соевой белково-углеводной муки апробирована в производственных условиях на базе ООО «СоТех» (с. Тамбовка, Амурская область).

Исследования состава полученной муки из вторичного сырья от переработки сои на необезжиренную муку показали, что ее химический состав характеризуется показателями, значения которых представлены в табл. 3.

Анализ данных, представленных в табл. 3, показывает, что полученные в виде муки компоненты могут быть использованы для широкого ассортимента продуктов функционального назначения.

Таблица 3

Характеристика продуктов, полученных на основе вторичного соевого сырья ($\bar{X} \pm m$; $m \leq 0,05$)

Продукт	Содержание, г/100 г				Энергетическая ценность, ккал/100 г
	Белки	Жиры	Углеводы, в т. ч. клетчатка	Минеральные вещества	
Мука из естественной композиции: оболочка+зародыш+дробленые семядоли (ОЗС)	25,0	5,35	58,15/4,45	4,05	380,85
Мука из оболочки (О)	8,50	1,50	85,0	3,50	387,50
Мука из оболочки+дробленые семядоли (ОС)	26,81	13,30	54,47	4,10	444,80
Мука из оболочки+зародыш (ОЗ)	15,80	3,50	74,0	3,79	390,70
Мука из дробленых семядолей (С)	41,50	23,0	30,0	4,75	493,0
Мука из дробленых семядолей+зародыш (СЗ)	41,96	21,08	32,16	3,65	486,08
Мука из зародыша (З)	45,0	11,50	43,50	4,50	472,50

В табл. 4 представлены результаты по биологической ценности муки смешанного сырьевого состава.

Таблица 4

Аминокислотный состав (А) и скор (С) белков муки пшеничной и соево-зерновой мучной композиции

НАК	Норма ФАО/ВОЗ		Содержание					
			Мука пшеничная		Мука З+С		Мука ЗС+ мука пшеничная	
	А, г/100 г	С, %	А, г/100 г	С, %	А, г/100 г	С, %	А, г/100 г	С, %
Валин	5,0	100,0	5,50	110,0	7,20	130,0	5,66	113,0
Лейцин	7,0	100,0	8,13	116,0	11,90	170,0	7,84	112,0
Лизин	5,5	100,0	2,65	48,0	7,10	129,0	3,87	70,0
Метионин+цистин	3,5	100,0	4,00	114,0	3,08	88,0	3,56	102,0
Фенилаланин+тирозин	6,0	100,0	8,80	146,0	8,30	138,0	8,30	136,0
Триптофан	1,0	100,0	1,20	120,0	1,10	110,0	1,20	120,0
Изолейцин	4,0	100,0	5,30	132,0	4,70	117,0	5,22	130,0
Треонин	4,0	100,0	3,18	80,0	4,00	100,0	3,47	86,0
Σ НАК	36,0	100,0	38,76	107,0	47,38	131,6	39,12	108,0
Лимитирующая кислота	–	–	Лизин – 48 Треонин – 80		Метионин+цистин – 94		Лизин – 70 Треонин – 86	

Анализ данных, представленных в табл. 4, показывает, что данные композиции имеют более высокую биологическую ценность, при этом скор по метионину+цистину находится в пределах 102 %.

Полученная мука использовалась при производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий (табл. 5).

Таблица 5

Сравнительный химический состав и биологическая ценность продуктов без использования и с использованием муки из вторичного соевого сырья

Продукт	Содержание, г / 100 г							Энергетическая ценность, ккал/100 г
	Белки	Жиры	Углеводы/ клетчатка	% от РСНП* (по клетчатке)	Минеральные вещества, %	Витамин Е, мг/100 г	% от РСНП* (по витамину Е)	
Хлеб из муки пшеничной (аналог)	7,6	0,9	56,7/0,2	–	1,8	–	–	266,1
Хлеб с добавлением муки из соевой белково-углеводной муки (разработка)	9,3	1,5	54,0/4,5	18,0	2,1	5,5	27,5	266,7
Пряники из муки пшеничной-2 с «Ленинградской» по ГОСТ 15810-96 (аналог)	6,3	6,8	31,0/0,1	–	2,0	–	–	210,4
Пряники с добавлением муки из соевой белково-углеводной муки (разработка)	15,6	6,75	45,5/22,5	90,0	3,0	7,5	37,5	304,7
Печенье овсяное: мука пшеничная + мука овсяная по ОСТ-10061-95 (аналог)	5,3	5,2	76,1 2,5	10,0	2,0	–	–	428,0
Печенье овсяное с добавлением муки из соевой белково-углеводной муки (разработка)	9,09	5,4	68,0/13,5	54,5	3,0	4,65	23,2	357,0

*РСНП – рекомендуемая суточная норма потребления.

Анализ представленных в табл. 5 данных показывает, что использование соевой муки из вторичного соевого сырья позволяет повысить содержание белка в них на 2,3–9,3 %, клетчатки – на 4,3–22,4 %, а витамина Е – на 4,65–7,5 мг/100 г.

Таким образом, данный подход позволяет получить композиции на основе оболочковой, зародышевой и семядолевой фракций, а также их композиций и комбинаций, обладающих биологической активно-

стью и физиологической ценностью, так как содержат в своем составе пищевые волокна (клетчатку), соответствующий эталону ФАО/ВОЗ набор незаменимых аминокислот, эссенциальных макро- и микроэлементов, а также витамин Е.

В результате проведенных исследований разработан пакет нормативно-технической документации (ТУ и ТИ) на новый ассортимент пищевых продуктов общего и специального назначения.

Список литературы

1. Чижикова, О.Г. Соя. Пищевая ценность и использование / О.Г. Чижикова. – Владивосток, 2001. – 148 с.
2. Скурихин, И.М. Все о пище с точки зрения химика / И.М. Скурихин, А.П. Нечаев. – М., 1991. – 288 с.
3. Проблема дефицита белка и сои / С.М. Доценко, В.А. Тильба, С.А. Иванов, Е.А. Абрамкина // *Зерновое хозяйство*. – 2002. – № 6. – С. 16–18.
4. Производство крупы и муки из соевого зерна / С.М. Доценко, С.А. Иванов, В.А. Тильба, Е.А. Абрамкина // *Зерновое хозяйство*. – 2002. – № 7. – С. 8–9.
5. Скороходова, Е.В. Влияние биологически активной добавки из семенной оболочки сои на сохранение свежести хлеба / Е.В. Скороходова // *Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции* / СПТ. – 2012. – Вып. 11. – С. 138–140.
6. Скороходова, Е.В. Биотехнологические аспекты использования семенной оболочки сои сортов амурской селекции / Е.В. Скороходова, А.Н. Васюкова // *Вестник КрасГАУ*. – 2009. – № 12. – С. 205–209.
7. Рюмкина, Е.В. Перспективы использования семенной оболочки в производстве биологически активной добавки / Е.В. Рюмкина, А.Н. Васюкова // *Сборник материалов III Международной научно-практической конференции «Безопасность и качество товаров»*. – Саратов: Изд-во ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Вавилова», 2009. – С. 85–86.
8. Пат. 2452217 Российская Федерация МПК⁷ А 23 L 1/20, А 21 D 8/02, А 23 J 1/12. Способ получения функционального продукта / Доценко С.М., Скрипко О.В., Кубанкова Г.В., Ющенко Б.И., Кодирова Г.А., Иванов С.А.; заявитель и патентообладатель ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои Россельхозакадемии». – № 2010123616/10; заявл. 09.06.2010; опубл. 10.06.2012, Бюл. № 16. – 8 с.
9. Перкинс, Э.Г. Состав и физические характеристики соевых семян и соевых продуктов / Э.Г. Перкинс // *Руководство по переработке и использованию сои*: пер. с англ. – М.: Колос, 1998. – 45 с.
10. Иольсон, А.М. Соя. Химия. Технология и применение / А.М. Иольсон. – М.: Снабтехиздат, 1932. – 168 с.
11. Соя: качество, использование, производство / В.С. Петибская и др. – М.: Аграрная наука, 2001. – 64 с.

ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои Россельхозакадемии»,
675027, Россия, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 19.
Тел./факс: (4162)36-95-58
e-mail: amursoja@gmail.com

SUMMARY

S.M. Dotsenko, O.V. Skripko, G.V. Kubankova, E.B. Obuhov, L.O. Korshenko

FOUNDATIONS FOR TECHNOLOGY OF PROTEIN CARBOHYDRATE FLOUR FROM SOYBEAN RAW MATERIAL BY-PRODUCTS

The results of scientific investigations on determining the fraction composition of soybean raw material by-products from production of none-defatted soybean flour, elaborating the technology of flour from separate fractions their composition and combination are presented in the article.

The investigations resulted in the elaboration of production technology of soybean protein carbohydrate flour from secondary soybean raw materials for its further use in bread-making and confectionery. By means of mathematic modeling optimum parameters of the flour production process are determined and characteristics of organoleptic and physical-chemical indices for the flour are given.

Soybean raw materials, by-products, soybean albuminous carbohydrate flour, bread and confectionery.

SSI All-Russian scientific research institute of soybean of RAAS,
675027, Russia, Blagoveschensk, Ignatevskoe shosse, 19.
Tel/fax: (4162)36-95-58
e-mail: amursoja@gmail.com

