

9. ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции: утв. Решением № 880 от 9.12.2011 Комиссии Таможенного союза; действ. с 01.07.2013.

Literatura

1. Nauchnye principy obogashhenija pishhevyykh produktov mikronutrientami / A. A. Kuharenko, A. N. Bogatyrev, V. M. Korotkij [i dr.] // Pishhevaja promyshlennost'. – 2008. – № 5. – S. 62–64.
2. Osnovy gosudarstvennoj politiki Rossijskoj Federacii v oblasti zdorovogo pitaniya naselenija na period do 2020 goda / Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 25.10.2010 № 1873. – 4 s.
3. Kalenik T.K., Fedjanina L.N., Smertina E.S. Mediko-biologicheskoe obosnovanie polozhitel'nogo jeffekta funkcional'nogo ingredienta v sostave hlebobulochnyykh izdelij // Vestnik KrasGAU. – 2011. – № 12. – S. 224–226.
4. Suhoveeva M.V. Promyslovyje vodorosli i travy morej Dal'nego Vostoka: biologija, rasprostranenie, zapasy, tehnologija pererabotki. – Vladivostok: TINRO-centr, 2006. – 243 s.
5. Patent № 2528898. MPK A 61 K35/02, A61 R 1/16. Gepatoprotektoornoe sredstvo iz morskikh vodoroslej / Sprygin. V.G., Kushnerova N.F., Fomenko S.E., Momot T.V. // Bjul. izobretenij i poleznykh modelej. – 2014. – № 26.
6. Rudolf V.V. Sbornik tehnologicheskikh instrukcij, pravil, metodicheskikh ukazanij i normativnykh materialov po bezalkogol'noj promyshlennosti. T. 2. – 5-e izd., ispr. i dop. – M., 1991. – 324 s.
7. Pishhevye ingredienty v sozdanii sovremennykh produktov pitaniya / pod red. V.A. Tutel'jana, A.P.Nechaeva. – M.: DeLi pljus, 2014. – 520 s.
8. ISO 11035:1994. Organolepticheskij analiz. Identifikacija i vybor deskriptorov dlja ustanovlenija organolepticheskikh svojstv pri mnogostoronnem podhode. – Vved. 1994-12-22. – 26 s.
9. TR TS 021/2011. O bezopasnosti pishhevoj produkcii: utv. Resheniem № 880 ot 9.12.2011 Komissii Tamozhennogo sojuza; dejstv. s 01.07.2013.

УДК 664.664

Е.В. Мельникова

РАЗРАБОТКА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ХЛЕБА, ГАЛЕТ И САХАРНОГО ПЕЧЕНЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ ОРЛЯКА ОБЫКНОВЕННОГО (*PTERIDIUM AQUILINUM*)

Е.В. Mel'nikova

THE DEVELOPMENT OF THEORETICAL MODEL IMPROVEMENT OF MAKING BREAD, BISCUITS, AND SUGAR COOKIES TECHNOLOGY WITH THE USE OF SEMI-FINISHED PRODUCTS OF BRACKEN (*PTERIDIUM AQUILINUM*)

Предложены классификация и научная гипотеза энергоэффективности технологических линий производства хлебобулочных и мучных кондитерских изделий с использованием полуфабрикатов из растительного сырья *Pteridium aquilinum*. Цель данной работы – создать теоретическую модель совершенствования технологий производства хлеба, галет и сахарного печенья, адаптированных к использованию полуфабрикатов из *Pteridium aquilinum*. Используются методы системного анализа, математического моделирования, технологические регламенты на хлебобулоч-

ные и мучные кондитерские изделия. Предлагается использовать такую ранговую шкалу, при которой более сложной технологии присваивается более высокий ранг. В качестве первого критерия классификации для ранжирования будем использовать максимальное количество технологических операций: производству галет присваиваем ранг 3. Далее технологии хлеба и сахарного печенья могут получить лишь ранги 2 или 1. По второму критерию для ранжирования – максимум продолжительности технологического процесса, производство хлеба получает ранг 2. Остав-

шейся технологии сахарного печенья присваивается ранг 1. Наибольшую сложность по двум критериям получила технология галет с рангом 3, наименьшую сложность – технология сахарного печенья с рангом 1. Удельные энергетические затраты по видам изделий и выполняемым технологическим операциям распределяются в диапазоне от 0,01 до 0,62 кВт/кг и связываются с рангами от 1 до 3, при этом продолжительность технологического цикла варьируется в диапазоне от 1,75 до 3,50 ч, а время выпечки – от 0,07 до 0,83 ч. Для определения тесноты связи удельных энергетических затрат с режимными и технологическими параметрами составлена корреляционная матрица. Разработана теоретическая модель совершенствования технологий производства хлеба, галет и сахарного печенья с использованием папоротникового полуфабриката. Дана классификация технологических систем. Предложена и обоснована научная гипотеза энергоэффективности технологий получения хлеба, галет и сахарного печенья с добавлением папоротникового полуфабриката.

Ключевые слова: технологическая система, классификация, научная гипотеза, уровень сложности, сопряжение, изделия.

*Classification and scientific hypothesis of process efficiency lines for production of bread and flour confectionery products using semi-finished products from vegetable raw materials *Pteridium aquilinum* are suggested. The purpose of this study was to create a theoretical model for improving the technology of production of bread, biscuits, and sugar cookies, adapted to the use of semi-finished products from bracken (*Pteridium aquilinum*). Methods of system analysis, mathematical modeling and technological regulations for bakery and pastry were used. It was proposed to use a ranking scale in which more complex technologies were given a higher rank. As a first classification criterion for ranking we used the maximum of the number of technological operations: the production of biscuits was assigned grade 3. Further the technology of bread and sugar cookies can obtain only grades of 2 or 1. According to the second criterion for ranking – the maximum duration of the technological process, the production of bread got rank 2. The re-*

maining technology sugar cookie was assigned a rank of 1. The greatest difficulty in two criteria received technology of biscuits with grade 3, the lowest difficulty was the technology of sugar cookies with the grade 1. The specific energy costs of products and carrying out technological operations were distributed in the range from 0.01 to 0.62 kW/kg and were associated with grades 1 to 3, wherein the length of the production cycle varied in the range from 1.75 to 3.50 hours and baking time is from 0.07 to 0.83 h. To determine the tightness of the connection, the specific energy consumption with operational and technological parameters of the correlation matrix was composed. The theoretical model of improvement technologies of making bread, biscuits and sugar cookies was developed using a ferny semi-finished product. The classification of technological systems was given. The scientific hypothesis of energy efficiency of making bread, biscuits and sugar cookies technologies with addition of a ferny semi-finished product is offered and proved.

Keywords: technological system, classification, scientific hypothesis, level complexity, coupling, products.

Введение. Для выработки управляющих решений в современных пищевых производствах необходимо модельное представление о том, к каким последствиям приведёт реализация этих решений. Поэтому прогнозирование этих последствий в рамках теоретической модели, определяющей взаимодействие различных технологических циклов и тем самым состояние технологической системы в целом [6], имеет важное значение.

Совершенствование технологий получения хлеба, галет и сахарного печенья, адаптированных к использованию полуфабрикатов из дикорастущего растительного сырья, обеспечивается следующими структурными уровнями: регулирование дозировки сырья в соответствии с разработанной рецептурой; измерение материальных потоков тестовых заготовок с использованием разработанных полуфабрикатов; регулирование температуры и времени выпечки, продолжительности технологического цикла; выбор эффективных режимов эксплуатации технологического оборудования в производстве данных изделий.

Цель работы. Разработать теоретическую модель совершенствования технологий производства хлеба, галет и сахарного печенья, адаптированных к использованию полуфабрикатов из орляка обыкновенного (*Pteridium aquilinum*).

Задачи исследований: разработать теоретическую модель совершенствования технологий производства хлеба, галет и сахарного печенья с использованием папоротникового полуфабриката; предложить и обосновать научную гипотезу энергоэффективности технологий получения хлеба, галет и сахарного печенья посредством сопряжения технологических циклов с использованием системных понятий уровневой и временной сложности.

Объекты и методы исследований. Объектом настоящего исследования являлись технологические системы производства хлеба, галет и сахарного печенья, адаптированных к использованию полуфабрикатов из *Pteridium aquilinum*.

Исследования проводились путем обобщения данных научно-исследовательской лаборатории кондитерской фабрики ЗАО «Минусинская кондитерская фабрика» (г. Минусинска).

Использованы методы системного анализа, математического моделирования, технологические регламенты на хлебобулочные и мучные кондитерские изделия [1, 3, 5].

Результаты исследований и их обсуждение. В хлебобулочных и мучных кондитерских производствах важное значение имеют физико-химические показатели сырья, полуфабрикатов, режимы эксплуатации оборудования, квалификация персонала, технологические регламенты и другие особенности управляемого поведения.

Следовательно, технологическим системам в хлебобулочных и мучных кондитерских производствах присущи признаки сложных систем [2, 4, 7–9].

Предлагаемая классификация технологических линий производства хлебобулочных и мучных кондитерских изделий с использованием полуфабрикатов из растительного сырья позволяет структурировать исследуемые элементы и сама является структурной моделью объекта. Уровневую сложность технологического цикла предлагается определить исходя из количества технологических операций и продолжительности процесса.

В производстве хлеба продолжительность технологического процесса составляет 3,50 ч, а количество технологических операций по уровням 14 шт. Продолжительность технологического процесса у галет меньше на 1,28 ч, а количество технологических операций на 2 шт. больше, чем в производстве хлеба. В производстве сахарного печенья количество операций такое же, как у хлеба, но продолжительность технологического процесса меньше на 1,75 ч. Технологический процесс представляется как последовательная смена состояний или операций.

Предлагается использовать такую ранговую шкалу, при которой более сложной технологии присваивается более высокий ранг. В качестве первого критерия для ранжирования будем использовать максимум количества технологических операций: производству галет присваиваем ранг 3. Далее, технологии хлеба и сахарного печенья могут получить лишь ранги 2 или 1. По второму критерию для ранжирования – максимум продолжительности технологического процесса – производство хлеба получает ранг 2. Оставшейся технологии сахарного печенья присваивается ранг 1. Наибольшую сложность по двум критериям получила технология галет с рангом 3, наименьшую – технология сахарного печенья с рангом 1.

Удельные энергетические затраты по видам изделий и выполняемым технологическим операциям распределяются в диапазоне от 0,01 до 0,62 кВт/кг и связываются с рангами от 1 до 3, при этом продолжительность технологического цикла варьируется в диапазоне от 1,75 до 3,50 ч, а время выпечки – от 0,07 до 0,83 ч. Для определения тесноты связи удельных энергетических затрат с режимными и технологическими параметрами составлена корреляционная матрица.

При указанном подходе учитываются компоненты и связи по уровням производства хлеба, галет и сахарного печенья с разработанным полуфабрикатом. Коэффициенты корреляции с показателями цикличности процесса x_2 (время выпечки) и x_5 (продолжительности технологического цикла) оказались наиболее высокими (больше 0,9) среди всех технологических параметров. Этим обосновано существенное влияние продолжительности циклов и, как следствие, их взаимодействия на удельные энерге-

тические затраты. Отношение продолжительности «большого цикла» к продолжительности «малого цикла» характеризует сопряжение.

Предлагаемый коэффициент сопряжения технологических циклов определим как отношение продолжительности полного цикла по выходу изделия (x_5 , ч) к продолжительности цикла его выпечки (x_2 , ч)

$$\gamma = \frac{x_5}{x_2}.$$

Очевидно, что коэффициент сопряжения равен отношению частот

$$\gamma = \frac{\omega_2}{\omega_5},$$

$$\omega_2 = \frac{Q}{x_2} \quad \text{и} \quad \omega_5 = \frac{Q}{x_5}.$$

Поэтому коэффициент сопряжения γ показывает «вписываемость» малого цикла в большой цикл системы, согласованность циклов по частоте.

Таким образом, удельные энергетические затраты целесообразно представлять посредством взаимодействия режимных технологических показателей с показателями сложности производственного процесса, то есть через коэффициент сопряжения технологических циклов.

Предлагаемая научная гипотеза. Энергоэффективность технологий получения хлеба, галет и сахарного печенья с использованием дикорастущего сырья существенно зависит от соотношения продолжительностей технологических циклов, при этом имеет место устойчивая тенденция уменьшения удельных энергетических затрат при увеличении коэффициента сопряжения.

Непосредственно из выполненной классификации технологических систем по временной и уровневой сложности следует возможность распределения показателей энергетической эффективности по операциям (табл.). Изменение удельных энергетических затрат на единицу продукции (y , кВт/кг) теоретически определим исходя из режимных технологических показателей (температур выпечки x_1 , °С; время выпечки x_2 , ч; потребляемая мощность печи x_3 , кВт-ч; производительность печи x_4 , кг/ч) и показателей сложности технологического процесса (продолжительность технологического цикла x_5 , ч; уровневой сложности x_6 и ранга x_7) в виде функциональной зависимости (рис. 1–2)

$$y = f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7) = b_0 + b_1 \ln \gamma + b_2 \ln^2 \gamma + b_3 \ln^3 \gamma + b_4 \ln^4 \gamma + b_5 \ln^5 \gamma + \varepsilon(x_1, x_3, x_4, x_6, x_7),$$

где $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$ – числовые коэффициенты; $\varepsilon(x_1, x_3, x_4, x_6, x_7)$ – достаточно малое случайное возмущение [10–12].

В данной предметной области хлеба, галет и сахарного печенья с использованием папоротниковых полуфабрикатов значения коэффициентов

$$b_0 = 5,832; b_1 = -7,735; b_2 = 3,956; b_3 = -0,909; b_4 = 0,077; b_5 = 0,001$$

определены методом наименьших квадратов с использованием компьютерного пакета регрессионного анализа DataFit. Относительная погрешность приближения по остатку $\varepsilon(x_1, x_3, x_4, x_6, x_7)$ определена также с использованием пакета DataFit, она не превосходит 8 %.

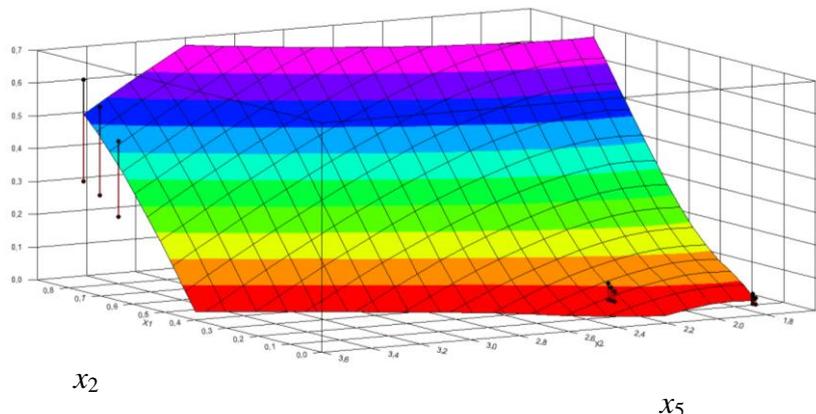


Рис. 1. Распределение удельных энергетических затрат по уровням в зависимости от времени выпечки x_2 , (ч) и продолжительности технологического цикла x_5 , (ч)

Распределение удельных энергетических затрат по уровням сложности, режимным и технологическим параметрам

Технологическая линия	Температура выпечки, °С	Время выпечки, ч	Потребная мощность печи, кВт·ч	Производительность печи, кг/ч	Продолжительность технологического цикла, ч	Уровневая сложность технологического цикла	Ранг технологической линии	Коэффициент сопряжения	Удельные энергетические затраты, кВт/кг
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	$\gamma = x_5 x_2^{-1}$	y
Печенье	340,00	0,08	80,00	415,66	1,75	14	1	21,87	0,01
Печенье	350,00	0,07	80,00	467,62	1,75	14	1	25,00	0,01
Печенье	330,00	0,08	80,00	374,10	1,75	14	1	21,87	0,02
Галеты	240,00	0,17	80,00	412,75	2,22	16	3	13,05	0,03
Галеты	250,00	0,16	80,00	434,47	2,22	16	3	13,87	0,03
Галеты	260,00	0,15	80,00	458,61	2,22	16	3	14,80	0,03
Печенье	340,00	0,08	334,00	722,30	1,75	14	1	21,87	0,03
Печенье	340,00	0,08	190,00	419,67	1,75	14	1	21,87	0,03
Печенье	350,00	0,07	334,00	812,59	1,75	14	1	25,00	0,03
Печенье	350,00	0,07	190,00	472,13	1,75	14	1	25,00	0,03
Печенье	330,00	0,08	334,00	650,07	1,75	14	1	21,87	0,04
Печенье	330,00	0,08	190,00	377,70	1,75	14	1	21,87	0,04
Галеты	260,00	0,15	334,00	796,95	2,22	16	3	14,80	0,06
Галеты	260,00	0,15	190,00	462,93	2,22	16	3	14,80	0,06
Галеты	250,00	0,16	334,00	755,01	2,22	16	3	13,87	0,07
Галеты	250,00	0,16	190,00	438,57	2,22	16	3	13,87	0,07
Галеты	240,00	0,17	334,00	717,26	2,22	16	3	13,05	0,08
Галеты	240,00	0,17	190,00	416,64	2,22	16	3	13,05	0,08
Хлеб	300,00	0,72	80,00	248,10	3,50	14	2	4,86	0,23
Хлеб	290,00	0,78	80,00	226,98	3,50	14	2	4,48	0,28
Хлеб	280,00	0,83	80,00	213,37	3,50	14	2	4,21	0,31
Хлеб	300,00	0,72	334,00	523,99	3,50	14	2	4,86	0,46
Хлеб	300,00	0,72	190,00	298,47	3,50	14	2	4,86	0,46
Хлеб	290,00	0,78	334,00	479,39	3,50	14	2	4,48	0,55
Хлеб	290,00	0,78	190,00	273,06	3,50	14	2	4,48	0,55
Хлеб	280,00	0,83	334,00	450,63	3,50	14	2	4,21	0,62
Хлеб	280,00	0,83	190,00	256,68	3,50	14	2	4,21	0,62

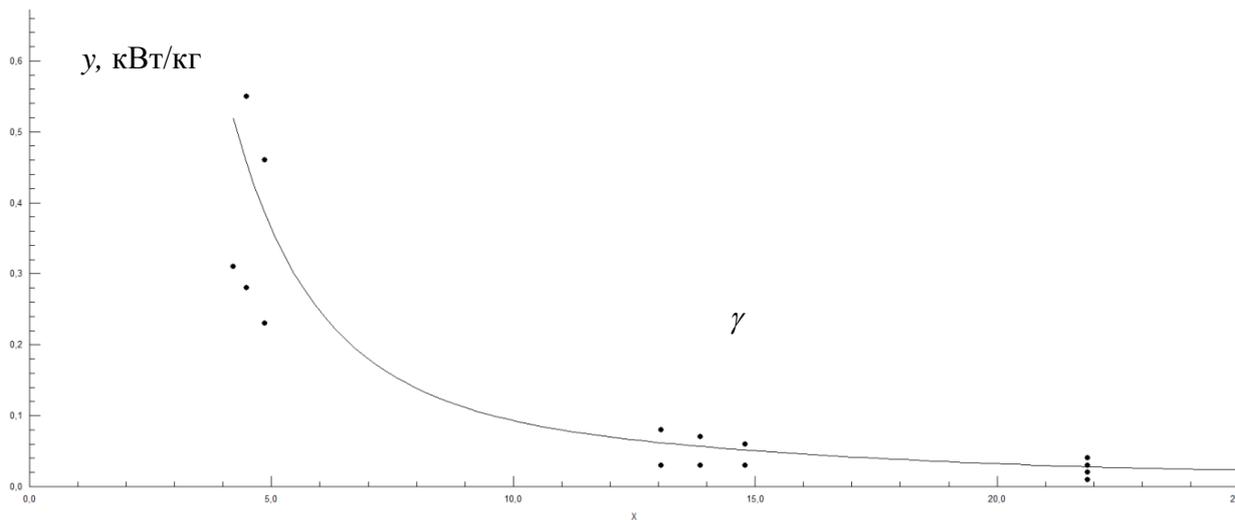


Рис. 2. Изменение удельных энергетических затрат в зависимости от коэффициента сопряжения $\gamma = x_5 x_2^{-1}$, продолжительности технологического цикла и процесса выпечки

Для рассмотренной предметной области хлеба, галет и сахарного печенья с добавлением папоротникового полуфабриката научная гипотеза не противоречит опытным данным и статистически доказана [10–12]. Для других наименований изделий и видов дикорастущего растительного сырья требуются дополнительные исследования.

Выводы

1. Разработанная на основе выявленного механизма взаимодействия технологических и режимных параметров теоретическая модель совершенствования технологий производства хлеба, галет и сахарного печенья с использованием папоротниковых полуфабрикатов позволяет прогнозировать выработку управляющих решений, направленных на формирование качества продуктов и энергоэффективность процесса.

2. Предложенная и обоснованная научная гипотеза энергоэффективности технологий получения хлеба, галет и сахарного печенья с добавлением папоротниковых полуфабрикатов позволяет статистически доказать, что при увеличении коэффициента сопряжения имеет место устойчивая тенденция на снижение удельных энергетических затрат.

Литература

1. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства: учеб. / под общ. ред. Л.И. Пучковой. – 9-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Профессия, 2005. – 416 с.
2. Боулдинг К.Э. Общая теория систем – скелет науки // Исследования по общей теории систем. – М.: Наука, 1969.
3. Головань Ю.П. Технологическое оборудование хлебопекарных предприятий. – М.: Агропромиздат, 1988. – 382 с.
4. Гришин А.С., Полтораки М.И. Комплексная механизация и автоматизация производственных процессов на хлебозаводах. – М.: Пищ. пром-сть, 1976. – 280 с.
5. Кузнецова Л.С., Сиданова М.Ю. Технология приготовления мучных кондитерских изделий. – М.: Пищ. пром-сть, 2001. – 207 с.
6. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981. – 448 с.
7. Поваров Г.Н. Об уровнях сложности систем // Методологические проблемы кибернетики: мат-лы Всесоюз. конф. – М., 1970. – Т. 2.
8. Флейшман В.С. Основы системологии. – М.: Радио и связь, 1982. – 342 с.
9. Цыганова Т.Б. Технология и организация производства хлебобулочных изделий. – М.: Академия, 2006. – 448 с.
10. Draper, Norman R., and Smith, Harry. Applied Regression Analysis. – 3rd ed. – New York: Wiley, 1998.

11. *Montgomery, Douglas C.* Introduction to Statistical Quality Control. – 2nd ed. – New York: John Wiley & Sons, 1991.
12. *Stuart, Alan and Ord, Keith.* Kendall's Advanced Theory of Statistics. Distribution Theory. – London: Edward Arnold, 1998. – 6th ed. – Vol. 1.
5. *Kuznecova L.S., Sidanova M.Ju.* Tehnologija prigotovlenija muchnyh konditerskih izdelij. – M.: Pishh. prom-st', 2001. – 207 s.
6. *Moiseev N.N.* Matematicheskie zadachi sistemnogo analiza. – M.: Nauka, 1981. – 448 s.
7. *Povarov G.N.* Ob urovnjah slozhnosti sistem // Metodologicheskie probleme kibernetiki: matly Vsesojuz. konf. – M., 1970. – Т. 2.
8. *Fleishman V.S.* Osnovy sistemologii. – M.: Radio i svjaz', 1982. – 342 s.
9. *Cyganova T.B.* Tehnologija i organizacija proizvodstva hlebobulochnykh izdelij. – M.: Akademiya, 2006. – 448 s.
10. *Draper, Norman R., and Smith, Harry.* Applied Regression Analysis. – 3rd ed. – New York: Wiley, 1998.
11. *Montgomery, Douglas C.* Introduction to Statistical Quality Control. – 2nd ed. – New York: John Wiley & Sons, 1991.
12. *Stuart, Alan and Ord, Keith.* Kendall's Advanced Theory of Statistics. Distribution Theory. – London: Edward Arnold, 1998. – 6th ed. – Vol. 1.

Literatura

1. *Aujerman L.Ja.* Tehnologija hlebopekarnogo proizvodstva: ucheb. / pod obshh. red. L.I. Puchkovej. – 9-e izd., pererab. i dop. – SPb.: Professija, 2005. – 416 s.
2. *Boulding K.Je.* Obshhaja teorija sistem – skelet nauki // Issledovanija po obshhej teorii sistem. – M.: Nauka, 1969.
3. *Golovan' Ju.P.* Tehnologicheskoe oborudovanie hlebopekarnykh predpriyatij. – M.: Agropromizdat, 1988. – 382 s.
4. *Grishin A.S., Poltorak M.I.* Kompleksnaja mehanizacija i avtomatizacija proizvodstvennykh processov na hlebozavodah. – M.: Pishh. prom-st', 1976. – 280 s.

УДК 664.65

Лю Янься

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР И ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБА С ПОРОШКОМ ИЗ ЖМЫХА КЕДРОВЫХ ОРЕХОВ

Lyu Yan'sya

THE DEVELOPMENT OF RECIPES AND TECHNOLOGY OF BREAD WITH THE CAKE PINE NUTS POWDER

Целью исследования явилась разработка оптимальной рецептуры и технологии получения хлеба с использованием порошка из кедрового жмыха. Органолептическая и физико-химическая оценка хлеба проводилась по общепринятым методикам на кафедре «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств» Красноярского государственного аграрного университета. Была исследована возможность замены части муки порошком из жмыха кедровых орехов при производстве хлеба из пшеничной муки. Для разработки рецептуры хлеба использовался порошок из жмыха кедровых орехов в дозировках 5 %, 10, 15, 20, 25, 30 % к муке. Дегустационная оценка образцов готового хлеба проводилась по тридцатибалльной системе по методу Н.И. Ковалева, включающей оценку таких качественных характеристик, как вкус и запах, структура и консистенция, цвет, внеш-

ний вид, форма. В результате оценки было выявлено, что хлеб с добавлением 15 % порошка из кедрового жмыха обладает наилучшими показателями. Данный образец набрал наибольшее количество баллов. Анализ и сравнение удельного объема и пористости показали, что при добавлении кедрового порошка с долей 15 % удельный объем составил 2,90 см³/г, а пористость – 75,5 %.

Ключевые слова: хлеб, порошок из жмыха, кедровые орехи, рецептура, технология.

The aim of the study was the development of an optimal formulation and technology of bread with a powder made of cedar oil cake. Organoleptic and physico-chemical evaluation of bread was carried out by conventional methods at the department "Technology of bakery and confectionery industries" of Krasnoyarsk State Agrarian University. We investigated the possibility of replacing the part of