

УДК 664.696.2

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРОДУКТА С ПРИМЕНЕНИЕМ КОЛЛАГЕНОВОГО ГИДРОЛИЗАТА

Пашенко В.Л., Сторублевцев С.А.

ГОУ ВПО «Воронежская государственная технологическая академия»,
Воронеж, e-mail: plp_vgta@mail.ru

Обоснован способ биотехнологического выделения фракций коллагена для нужд пищевой промышленности на основе целенаправленного применения ферментных препаратов заданной специфичности. Оценены перспективы использования полученного гидролизата в технологии функционального продукта – бисквита в качестве рецептурного компонента при замене части меланжа, определена рациональная дозировка. Показано влияние замены на качественные показатели готового изделия.

Ключевые слова: коллагеновый гидролизат, функциональный продукт

В соответствии с приоритетами развития в области переработки растительного и животного сырья, обозначенными правительством РФ, намечены мероприятия по улучшению структуры питания населения с одновременным обеспечением безопасности пищевых продуктов и существенным ростом здоровья населения.

Дефицит традиционных источников пищевых ресурсов для создания биологически безопасных и полноценных продуктов питания требует новых источников сырья. При этом, опираясь на принципы пищевой комбинаторики, весьма актуально сочетание ингредиентов растительного и животного происхождения для взаимного обогащения конечного продукта эссенциальными веществами.

Один из реальных и эффективных подходов в решении поставленной задачи – это создание функциональных ингредиентов и разработка на их основе функциональных продуктов [1].

Для достижения поставленной цели нами проведены исследования по совместному использованию растительного сырья и коллагенового гидролизата.

Потенциальным источником коллагена является мясоперерабатывающая промышленность, в которой при переработке сель-

скохозяйственных животных скапливается до 16% соединительной ткани.

Однако в нативном состоянии и в рамках традиционных технологий вовлечение соединительно-тканых белков в производство пищевых продуктов не привело к положительным результатам из-за их низких функциональных свойств, плохой переваримости и усвояемости.

Биомодификация коллагена с целью получения коллагенового гидролизата и повышения его биологической ценности – даст нам новый функциональный продукт – коллагеновый гидролизат, доступный в отличие от нативного коллагена действию пищеварительным ферментам человека.

На кафедре «Технология мяса и мясных продуктов» ВГТА разработан способ получения коллагенового гидролизата, включающий следующие технологические операции: приемку коллагенсодержащего сырья (отходы жиловки мяса), удаление видимых прирезей мышечной и жировой ткани, промывку его водой в течение 5–10 мин, измельчение на волчке с диаметром отверстий решетки 2–3 мм [2, 3].

Для удаления неколлагеновых белков проводили ферментативный гидролиз препаратом «Нейтраза 1.5. МГ» в виде

водного раствора при различных дозировках и оптимальном уровне остальных факторов: температура 55 °С, pH = 6, гидромодуль 1:2, при продолжительности процесса от 0 до 210 мин. Полученные данные, характеризующие динамику накопления водорастворимых продуктов гидролиза в жидкой фракции гидролизата, свидетельствует о том, что наилучший эффект процесса достигается при дозировке препарата 4 ед. ПА/ г.

$$y(\tau) = -393,448 \cdot e^{-0,022 \cdot \tau} + 363,448 \cdot e^{-0,024 \cdot \tau} + 30.$$

Оптимальная продолжительность гидролиза составила 170 мин.

После ферментативной обработки коллагенсодержащего сырья Нейтразой 1.5 MG полученную массу промывали проточной водой для удаления балластных веществ и ферментов в течение 5 мин и затем дезагрегировали соединительную ткань «Коллагеназой пищевой». Цель такой операции – определение оптимального фракционного состава коллагенового продукта, обеспечивающего высокие функциональные свойства.

При этих параметрах достигается максимальное содержание водорастворимых белков – 30 мг/см³.

Для оценки влияния продолжительности гидролиза на эффективность процесса проводили моделирование с использованием среды программирования MathCad 12. Критерием оценки приняли накопление пептидов и аминокислот в процессе гидролиза. Результатом моделирования является описание процесса очистки от балластных белковых фракций уравнением вида

За критерий функциональности принимали влагосвязывающую и эмульгирующую способности, во многом определяющие качество мучных кондитерских изделий, в частности, бисквитов.

При модификации соединительной ткани «Коллагеназой пищевой» фиксировали в динамике накопление белковых фракций, отличающихся по растворимости и содержанию белков, пептидов, аминокислот в зависимости от продолжительности гидролиза (табл. 1, 2).

Таблица 1

Накопление продуктов гидролиза при модификации соединительной ткани в результате действия фермента «Коллагеназа пищевая»

Состав белковых фракций	Продолжительность гидролиза, ч			
	1,5	3	4,5	6
Белок общий, % к общей массе	91,2	84,3	82,2	79,4
Растворимый белок, % к общему белку				
в водной среде	2,1	8,1	27,4	24,7
в солевом растворе	2,5	4,7	9,4	16,1
в щелочном растворе	95,4	87,2	63,2	59,2
Продукты гидролиза по массе, % к общему белку				
белки	98,4	84,5	58,4	49,4
пептиды	1,4	9,3	29,3	31,3
аминокислоты	0,2	6,2	12,3	19,3

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод, что оптимальная продолжительность процесса гидролиза «Коллагеназой пищевой» составляет 4,5 ч, так как

заданные функциональные показатели – влагосвязывающая (17,6 см³·г на 1 г препарата) и эмульгирующая способности (68%) максимальны.

На основании экспериментальных данных предложена технологическая схема получения функционального гидролизата коллагена (рис. 1).

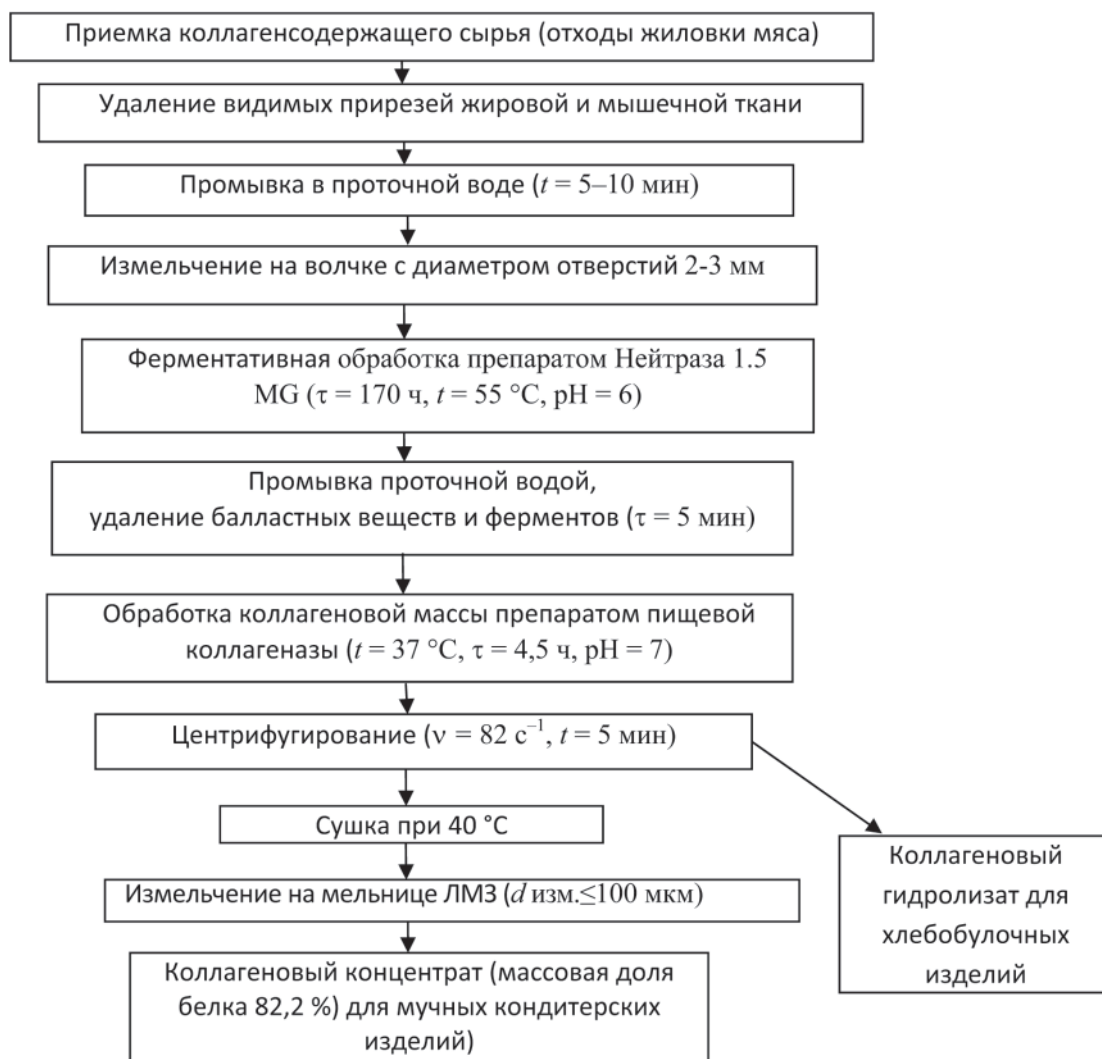


Рис. 1. Технологическая схема получения функционального коллагенового гидролизата

В разработанной схеме новым является то, что гидролиз ведется поступательно с применением двух ферментных препаратов, каждый из которых действует на свой специфический субстрат при оптимальных параметрах. В результате был получен гидролизат коллагена с максимальными влагосвязывающей и эмульгирующей способностями.

Состав аминокислот (см. табл. 2) коллагенового гидролизата отличается высоким содержанием глицина, гидроксипролина и глутаминовой кислоты. Это свидетельствует

о том, что полученная субстанция является продуктом гидролиза коллагена.

Отсутствие в гидролизате триптофана и низкое содержание метионина свидетельствуют о высокой очистке коллагенсодержащего субстрата от балластных белковых фракций. При этом следует отметить, что в гидролизате содержится, % к общему белку: жир – 0,30, минеральные вещества – 1,70.

По органолептическим показателям коллагеновый гидролизат представляет гомогенную массу белого цвета, без за-

пах, рН = 6,3 динамическая вязкость, табл. 1 (продолжительность гидролиза суб- Па·с – 5660. Состав гидролизата приведен в страта 4,5 ч).

Таблица 2

Состав аминокислот коллагенового гидролизата, г/100 г продукта

Аминокислоты	Идеальный белок, г/100 г белка	Содержание, г/100 г продукта	Скор, %	Аминокислоты	Содержание, г/100 г продукта
Треонин	4,0	3,74	93,50	Аспарагиновая кислота	4,21
Валин	5,0	4,05	81,00	Серин	2,35
Метионин	3,5	0,68	19,43	Глутаминовая кислота	6,13
Изолейцин	4,0	1,55	38,75	Пролин	6,86
Лейцин	7,0	1,77	25,29	Гидроксипролин	8,25
Фенилаланин	6,0	2,19	36,50	Глицин	7,10
Лизин	5,5	5,94	108,00	Аланин	6,76
БЦ		48,82		Тирозин	1,34
КРАС		51,18		Гистидин	1,02
				Аргинин	7,11

Полученный гидролизат применяли в технологии бисквита, в котором за основу принята рецептура № 1 [4]. В этой рецептуре часть меланжа – (25, 30, 35 %) заменяли на новый полуфабрикат.

Экспериментально установлено, что наилучший результат получен при замене меланжа в рецептуре №1 на коллагеновый гидролизат на 30 %.

Исследования по влиянию коллагенового гидролизата на свойства яично-сахарно-белковой массы и бисквитного теста показали, что удельный объем взбитой массы и бисквитного теста контрольной пробы, приготовленной по рецептуре №1 (контроль) и с заменой 30% меланжа, идентичны: 55 и 23% соответственно (табл. 3).

Коллагеновый гидролизат несколько снижает вязкость теста, что облегчает отсадку теста в формы.

При оценке структуры пены выявили, что пузырьки воздуха в каждой из проб представлены тремя группами: большого диаметра, среднего и малого (табл. 4, рис. 2).

Из представленного экспериментального материала (см. табл. 4, рис. 2 а, б) следует, что в опытной пробе с 30%-й заменой меланжа на коллагеновый гидролизат, дисперсность более однородна и расположение пузырьков во всем её объеме более равномерное, что обеспечит получение бисквита с развитой тонкостенной пористостью.

Пробные выпечки оправдали наше предположение. Так, пористость выпеченного бисквита с 30%-й заменой меланжа составляет 68%, а у контроля 63. Остальные пробы идентичны контрольной. Аналогичная зависимость отмечена по показателям удельного объема, см³/100 г (рис. 3).

Таблица 3

Физические характеристики полуфабрикатов

Наименование показателей	Показатели качества полуфабрикатов			
	Контроль	Проба 1 (КГ-25)	Проба 2 (КГ-30)	Проба 3 (КГ-35)
Взбитая масса	55	51	55	55
Удельный объём воздушной фазы, %				
Плотность взбитой массы, кг/м	337	361	339	346
Начало расслоения, мин	6	7	9	11
Доля отстоявшейся жидкости через 3 ч после сбивания %	19	17	20	23
Бисквитное тесто	23	23	23	21
Удельный объём воздушной фазы, %				
Плотность, кг/м ³	596	585	579	588
Влажность, %	39	38	37	36
Кислотность, град	1,2	1,6	1,6	1,6

*КГ-коллагеновый гидролизат, %

Таблица 4

Морфологическая характеристика пены

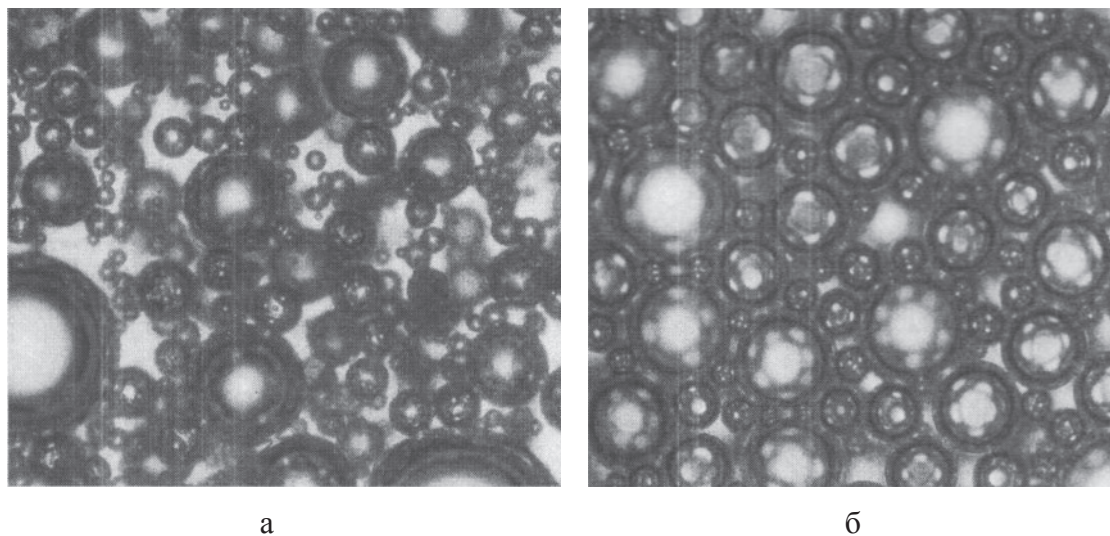
Объект	Диаметр пузырьков, мкм	Число пузырьков к общему количеству, %
Контроль	1,91–2,74	1,6 ± 0,72
	1,07–1,90	12,5 ± 0,83
	0,22–1,06	85,9 ± 1,22
Проба (30 % замены меланжа на коллагеновый гидролизат)	3,35–4,82	16,3 ± 0,43
	1,89–3,35	42,4 ± 0,52
	0,42–1,88	41,3 ± 0,89

Из этого следует, что несмотря на некоторые различия функциональных свойств меланжа и коллагенового гидролизата, ухудшающего действия последний при замене первого до 25–30% не оказывает.

Необходимо выяснить роль нового полуфабриката на химический состав и энергетическую ценность бисквитов «Бусинка» (табл. 5).

По всем определяемым показателям лучшим является бисквит, в котором осуществлена 30%-я замена меланжа на коллагеновый гидролизат, при этом следует отметить, что он был лучшим и по биологической ценности (табл. 6).

Внешний вид контрольной и опытной пробы бисквита представлен на рис. 4.



а

б

Рис. 2. Структура пены состава:
 а – меланж+сахар. Увеличение $\times 200$;
 б – меланж (70%)+коллагеновый гидролизат (30%) + сахар. Увеличение $\times 200$.

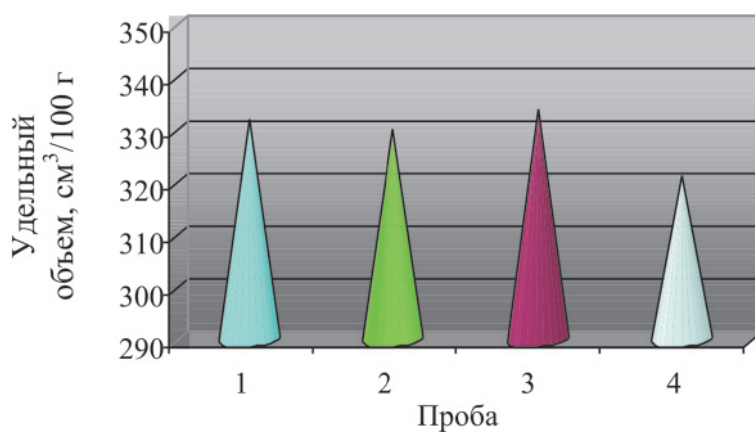


Рис. 3. Удельный объем бисквитов:
 1 – проба 1 (контроль); 2, 3, 4 – пробы, приготовленные с 25%-й; 30 и 35%-й
 заменой меланжа на коллагеновый гидролизат соответственно

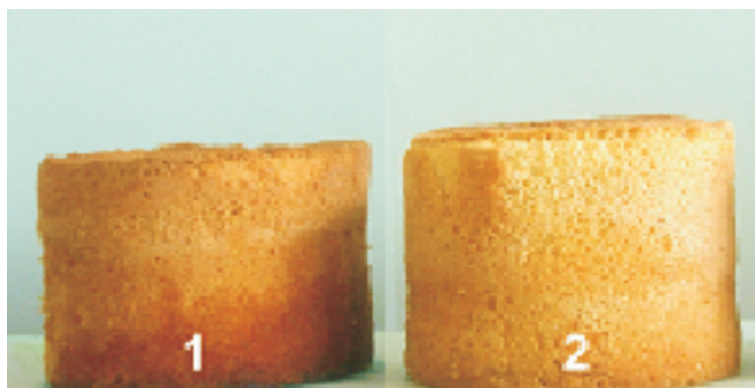


Рис. 4. Внешний вид бисквитов:
 1 – контроль; 2 – проба с 30%-й заменой меланжа на коллагеновый гидролизат

Таблица 5

Состав и энергетическая ценность бисквитов

Наименование компонентов	Значения			
	контроль (бисквит по рецептуре №1)	пробы с заменой меланжа на коллагеновый гидролизат на:		
		25 %	30 %	35 %
Вода, г	20,70	21,80	22,00	22,20
Белки, г	10,26	10,77	10,87	10,98
Жиры, г	6,90	5,28	4,96	4,63
Углеводы, г	79,34	61,33	61,31	61,29
Зола, г	0,75	0,85	0,88	0,89
Минеральные вещества, мг:				
Na	44,65	34,39	32,34	28,28
K	124,90	102,78	98,36	93,92
Ca	40,35	32,39	31,31	29,21
Mg	35,74	27,93	26,37	24,80
P	16,54	109,79	104,45	99,08
Fe	2,00	1,61	1,53	1,46
Витамины, мкг:				
β-каротин	20	15	14	13
B1	90	50	50	50
B2	250	210	200	190
PP	450	420	420	410
Энергетическая ценность, кДж	1393,36	1377,06	1375,14	1370,58

Таблица 6

Содержание незаменимых аминокислот в бисквитах

Незаменимые аминокислоты	Бисквит №1		Бисквит «Бусинка»	
	мг/1 г белка	скор, %	мг/1 г белка	скор, %
Валин	45,7	91,4	47,41	94,82
Изолейцин	41,72	104,3	35,84	89,60
Лейцин	78,33	111,9	64,27	91,81
Лизин	24,31	44,2	45,67	83,04
Метионин + цистин	34,27	97,9	20,84	59,54
Треонин	30,2	75,5	34,62	86,55
Триптофан	9,7	97	14,24	142,4
Фенилаланин+тирозин	72,84	121,4	40,72	67,87
КРАС, %	49,00		29,91	
БЦ, %	51,00		70,09	

Поверхность и форма выпеченных полуфабрикатов гладкая без подрывов. Пористость равномерная, тонкостенная. Цвет мякиша светло-желтый. Вкус и запах, свойственный данному виду изделий, без посторонних. Проба 2 обладала показателями качества, несколько лучше контрольной пробы, поэтому рациональная дозировка коллагенового гидролизата в рецептуре бисквита №1 обеспечивает 30%-ю замену меланжа.

Под действием пищеварительных ферментов белковые вещества расщепляются на отдельные фрагменты (аминокислоты и пептиды), которые проникают через стенку кишечника и ассимилируются организ-

мом. Биоактивность характеризует способность продукта стимулировать процессы внутреннего обмена веществ, секреторную функцию. Таким образом, соотносительная зависимость между биологической ценностью белков и их аминокислотным составом может быть справедлива лишь при условии достаточно высоких скоростей переваривания ферментами пищеварительного тракта, усвояемости компонентов и их биоактивности.

На рис. 5 представлены зависимости перевариваемости нового продукта – бисквита «Бусинка» – системой желудочных ферментов пепсин – трипсин.

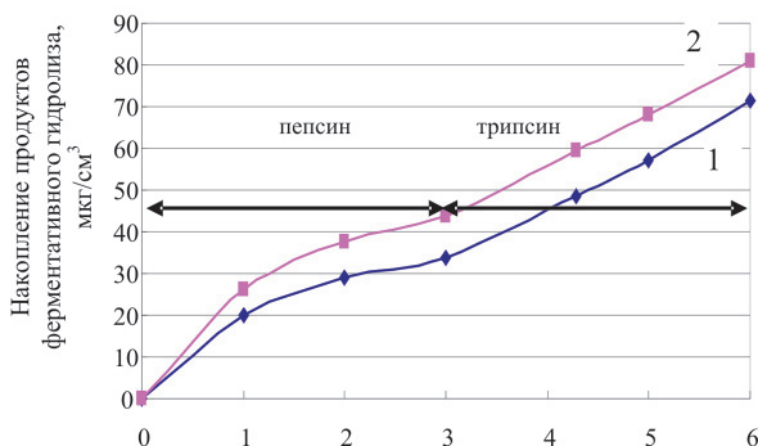


Рис. 5. Перевариваемость белков бисквита системой пепсин-трипсин:
1 – контроль; 2 – бисквит «Бусинка»

При действии пепсина на субстрат гидролиз проходил более интенсивно в бисквите «Бусинка», а при воздействии трипсина – примерно с одинаковой скоростью. В конце 6-го часа концентрация продуктов гидролиза была выше в опытной пробе (80 мкг/см³ тирозина), по сравнению с контрольной (72 мкг/см тирозина). Увеличение степени гидролиза белков бисквита «Бусинка» обусловлено, видимо, улучшением структурно-механических свойств изделия, в частности, повышением пористости, и следовательно, доступности компонентов действию пищеварительных ферментов.

Реализация предложенного способа приготовления бисквита «Бусинка» в про-

мышленных условиях производится с помощью оборудования, имеющегося на предприятии. Замес бисквитного теста осуществляется периодическим способом.

Список литературы

- 1 Пашенко Л.П. О возможных холдинговых взаимосвязях между мясной и хлебопекарной отраслью / Л.П. Пашенко, Л.В. Антипова, В.Л. Пашенко // Хлебопродукты. – 2010. – №9. – С. 28–30.
- 2 Сторублёвцев С.А. Изучение процесса ферментативной обработки коллагенсодержащих тканей и оценка биологической безвредности продукта биомодификации // Вестник Воронежской государственной технологической академии. – 2009. – №3 (41). – С. 20–23.

3 Сторублёвцев С.А. Технологические аспекты получения функционального коллагенового продукта, его характеристика и свойства // Живые системы и биологическая безопасность населения: Материалы VI Международной научной конференции студентов и молодых ученых. – М., 2007. – С. 122.

4 Сборник рецептур на торты, пирожные, кексы, рулеты, печенье, пряники, коврижки и сдобные булочные изделия: сборник технических нормативов / под ред. А.П. Антонова. – Ч.3. – М.: Хлебпродинформ, 2000. – 720 с.

5. Пашенко Л.П., Ильина Т.Ф., Вдовина Н.В., Пашенко В.Л. Способ приготовления бисквита «Бусинка»: Патент России № 2366187 2009. Бюл. № 25.

Рецензенты:

Шевцов А.А., д.т.н, профессор, зав кафедрой технологии хранения и переработки зерна ГОУ ВПО «Воронежская государственная технологическая академия», Воронеж;

Ковалева Т.А., д.б.н, профессор кафедры биофизики и биотехнологии ГОУ ВПО «Воронежский государственный университет», Воронеж.

WORKING OUT OF THE FUNCTIONAL PRODUCT TECHNOLOGY WITH THE COLLAGEN HYDROLYSATE APPLICATION

Pashchenko V.L., Storublevtsev S.A.

Voronezh state technological academy, Voronezh, e-mail: plp_vgta@mail.ru

The way of biotechnological allocation of collagen fractions for food-processing industry needs on a basis of ferment preparations applications is proved. Prospects of use of the received product in technology of a biscuit in quality compounding a component are estimated at replacement of a part of melange, the rational dosage is defined. Influence of replacement on finished article quality indicators is shown.

Keywords: collagen hydrolysate, functional product