

ПЕРАПРАЦОЎКА І ЗАХАВАННЕ СЕЛЬСКАГАСПАДАРЧАЙ ПРАДУКЦЫІ

УДК 664.681:577.152.34:613.22

И. И. КОНДРАТОВА¹, К. Н. ГЕРШОНЧИК¹, В. П. КУРЧЕНКО², Н. В. ГАВРИЛЕНКО²

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОТЕОЛИТИЧЕСКОГО ФЕРМЕНТА И ВИДА ПШЕНИЧНОЙ МУКИ НА ПРОЦЕСС ПРОТЕОЛИЗА КОНДИТЕРСКОГО ТЕСТА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ РАСТВОРИМОГО ПЕЧЕНЬЯ ДЛЯ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ

¹Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию

²Белорусский государственный университет

(Поступила в редакцию 14.02.2012)

Введение. Гармоничное развитие ребенка возможно только при организации рационального питания, которое повышает его иммунитет и выносливость при воздействии неблагоприятных факторов внешней среды и способствует нормальному психомоторному развитию. Рациональное питание предусматривает поступление в организм пищевых веществ не только в достаточных количествах, но и определенного состава, соответствующего адаптационным возможностям желудочно-кишечного тракта ребенка и уровню его обменных процессов.

В возрасте 4–6 месяцев у ребенка значительно возрастает потребность в витаминах, минеральных веществах и энергии в связи с интенсивной двигательной активностью, быстрым ростом и ежемесячной прибавкой массы тела. Грудное молоко уже не в состоянии удовлетворить эти потребности, несмотря на сбалансированность питания кормящей матери, в связи с этим ребенку вводят прикорм [1].

Одним из продуктов прикорма является растворимое печенье. Для детей с 6 месяцев печенье предварительно растворяют в теплом молоке и кормят ребенка из бутылочки или с ложечки. Для детей старше 7 месяцев этот продукт используют в качестве дополнения к основным блюдам без предварительного растворения, при этом он рекомендуется также для тренировки и развития навыков жевания.

Растворимое печенье для детского питания является новым продуктом как на рынке Республики Беларусь, так и на рынке стран СНГ. В отличие от сахарного и затяжного печенья намокаемость растворимого печенья в 1,5–2,5 раза выше. Реологические характеристики теста и структура готовых изделий обуславливают его намокаемость и растворимость. Косвенной характеристикой структуры печенья является плотность, с понижением которой увеличивается пористость и хрупкость продукта и, как следствие, повышаются его намокаемость и растворимость.

При изготовлении мучных кондитерских изделий (затяжное печенье, крекер) находят применение ферментные препараты протеолитического действия, которые позволяют корректировать свойства муки, снижать упругоэластичные свойства теста, ускорять набухаемость белков, улучшать качества готовой продукции. Кроме того, ферментные препараты протеолитического действия обеспечивают протеолиз высокомолекулярных белков до более простых, которые легко поддаются перевариванию в желудочно-кишечном тракте ребенка. Ферменты в процессе выпечки инактивируются, так как являются веществами белковой природы, поэтому для изготовления растворимого печенья с целью повышения намокаемости и снижения плотности целесообразно использовать ферментный препарат протеолитического действия.

Важным фактором, обуславливающим качество мучных кондитерских изделий, является качество используемой муки. Изучению влияния муки на качество различных видов мучных кондитерских изделий посвящены многочисленные исследования А. Л. Соколовского, А. В. Зубченко, Г. А. Маршалкина и др. При изготовлении мучных кондитерских изделий преимущественно используют муку пшеничную. В своем составе пшеничная мука содержит от 7,0 до 26,0% белков, фракционный состав которых представлен альбуминами, глобулинами, глиадинами и глютеинами. Уникальными свойствами глиадиновой и глютеиновой фракции белков пшеницы, в отличие от белков семян других растений, является способность набухать с образованием упругой пластичной массы, называемой клейковиной.

Технологическое значение клейковины заключается в ее способности образовывать тесто. В результате процессов брожения или химического разрыхления образуются газы, которые растягивают клейковину. Разрыхленное тесто, состоящее из огромного количества пузырьков, стенки которых образованы в основном клейковиной, закрепляется в таком виде при выпечке, образуя характерную пористую структуру готового продукта [2, 3].

Основополагающими технологическими свойствами пшеничной муки являются содержание клейковины и ее качество, которые характеризуют состояние белково-протеиназного комплекса и в значительной степени определяют структурно-механические свойства теста и качество готовых изделий.

В Республике Беларусь муку пшеничную изготавливают по СТБ 1666 «Мука пшеничная. Технические условия», согласно которому количество сырой клейковины в муке в зависимости от сорта может составлять от 20 до 34%, причем для повышения содержания клейковины мука может быть обогащена сухой пшеничной клейковиной. Муку пшеничную высшего сорта в зависимости от содержания клейковины классифицируют на 4 вида: 23, 25, 28 и 32%.

Учитывая определяющую роль клейковины в образовании структуры мучных кондитерских изделий, научный интерес и практическую значимость представляет изучение отечественной муки для получения растворимого печенья с требуемыми показателями качества.

Цель настоящей работы – изучение влияния ферментного препарата и вида пшеничной муки с различным содержанием клейковины на качество растворимого печенья для детского питания.

Материалы и методы исследования. Исследования проводили в Научно-практическом центре НАН Беларуси по продовольствию в 2011 г. Для проведения исследований использовали ферментный препарат протеолитического действия Нейтразу 1,5 MG (далее по тексту – ФП) и муку пшеничную высшего сорта производства ОАО «Лидяхлебопродукт» с содержанием клейковины 25, 28 и 32%, при этом количество белка в муке составило 10,2, 10,3 и 10,5% соответственно. Качество клейковины исследуемых видов муки составляет 70–79 усл. ед., мука с содержанием клейковины 25 и 32% относится к первой группе качества (хорошая), а с содержанием клейковины 28% – ко второй (удовлетворительно слабая).

Для оценки органолептических и физико-химических показателей качества пшеничной муки и печенья использовали общепринятые методы анализа.

Степень протеолиза белка растворимого печенья анализировали методом SDS-электрофореза в полиакриламидном геле. Принцип метода основан на движении заряженных молекул белков в электрическом поле, которые на электрофореграмме группируются в зависимости от молекулярной массы. В качестве стандартов молекулярных масс использовали следующие: 14,2 кДа (α -лактоальбумин); 18,3 кДа (β -лактоглобулин); 34,5 кДа (пепсин); 40 кДа (пероксидаза хрена); 66 кДа (бычий сывороточный альбумин); 80 кДа (лактоферрин). Для оценки электрофореграмм применяли графический редактор Adobe Photoshop. По интенсивности окраски дорожек электрофореграммы судили о степени протеолиза.

Результаты и их обсуждение. На первом этапе работы из каждого образца муки изготавливали печенье с добавлением ФП и без его внесения (контроль). ФП вносили в количестве 0,006, 0,018 и 0,03% к массе муки на стадии замеса теста. Ферментацию теста осуществляли в течение 30 мин при температуре 35 °С.

По результатам органолептической оценки печени можно сделать выводы, что все образцы имеют правильную круглую форму, вкус и запах – свойственные печени, без постороннего. С увеличением дозировки ФП улучшается состояние поверхности печени: снижается количество трещин, поверхность становится более гладкой, при этом цвет печени за счет накопления продуктов протеолиза, вступающих в реакцию меланоидинообразования, изменяется от светло-серого до желтого и светло-коричневого. Печень приобретает более пористую и хрупкую структуру за счет снижения упругоэластичных свойств клейковины. Самый интенсивный цвет имеют образцы, изготовленные из муки с содержанием клейковины 32%, что связано с более высоким содержанием белка в муке. Влажность исследуемых образцов печени находится в пределах 7–10%.

Для оценки влияния ФП и количественного содержания клейковины на увеличение намокаемости и снижение плотности печени использовали графическую систему Statgraphics Plus for Windows. В качестве исследуемых факторов выбрали дозировку ФП (фактор А) и содержание клейковины (фактор В). Критерием оценки влияния выбранных факторов на качество растворимого печени являются функции отклика: намокаемость U_1 и плотность U_2 .

Для проверки адекватности модели использовали карту Парето (рис. 1), которая графически отражает влияние каждого из оцениваемых факторов и их взаимодействий. Длина столбца за соответ-

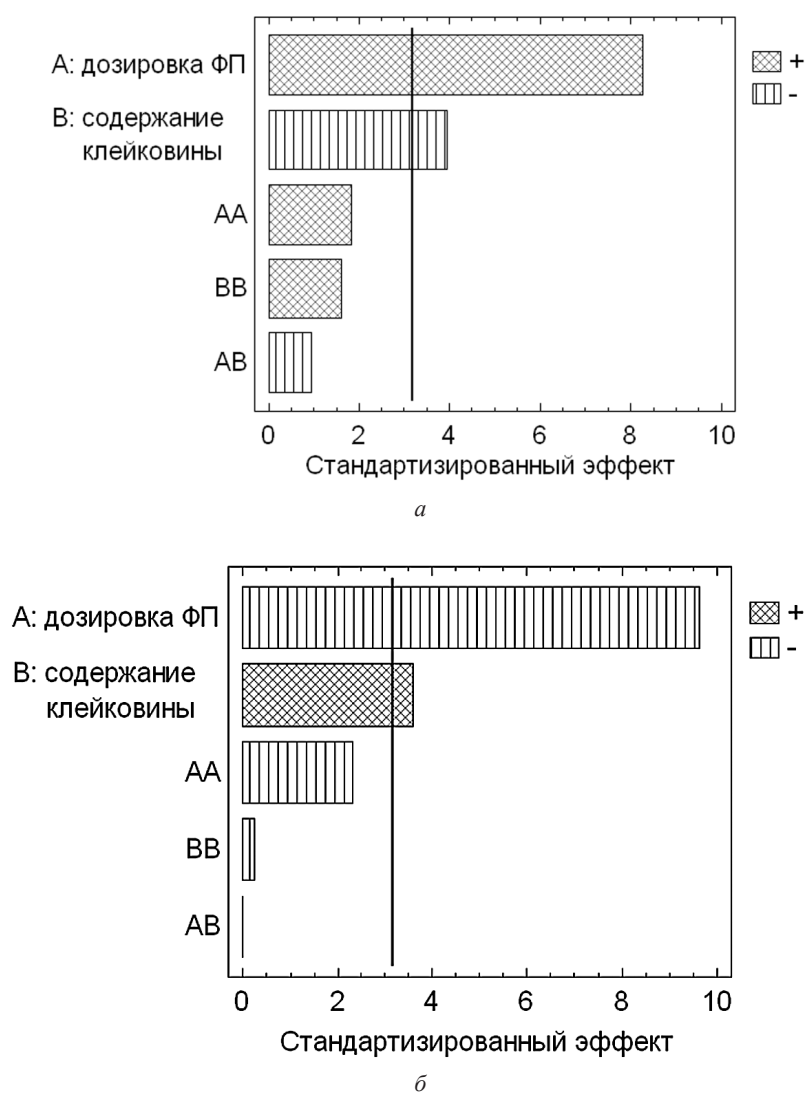


Рис. 1. Карта Парето для переменных намокаемость (а) и плотность (б)

ствующей буквой пропорциональна стандартизированному эффекту данного фактора. Вертикальная черта служит для оценки значимости: если столбец перекрывает ее, то влияние фактора на функцию отклика статистически значимо, в противном случае фактор статистически не значим.

Исследования показали, что на увеличение намокаемости печени и на уменьшение его плотности статистически значимое влияние оказывают оба фактора.

На рис. 2 представлены поверхности отклика, которые отражают влияние ФП и муки с различным содержанием клейковины на намокаемость и плотность печени. Так, с увеличением дозировки ФП намокаемость всех образцов печени увеличивается. Печенье, изготовленное из муки с содержанием клейковины 28 и 32%, имеет близкие значения намокаемости: от 195% (при дозировке ФП 0,006%) до 282% (при дозировке ФП 0,03%), контрольные образцы печенья (без добавления ФП) – 172 и 168% соответственно. Максимальную намокаемость имеет печенье, изготовленное из муки с содержанием клейковины 25%: от 214% (при дозировке ФП 0,006%) до 315% (при дозировке ФП 0,03%), что на 10–45% выше, чем у аналогичных образцов с более высоким содержанием клейковины, при этом намокаемость контрольного образца печенья составила 174%.

С увеличением дозировки ФП плотность печенья (рис. 2, б) снижается, причем минимальную плотность (0,61–0,53 г/см³) имеет печенье с содержанием клейковины в муке 25% (0,69 г/см³ в контрольном образце). Плотность печенья, изготовленного из муки с содержанием клейковины 28 и 32%, изменяется от 0,63 до 0,54 г/см³ (в контрольных образцах 0,70–0,72 г/см³).

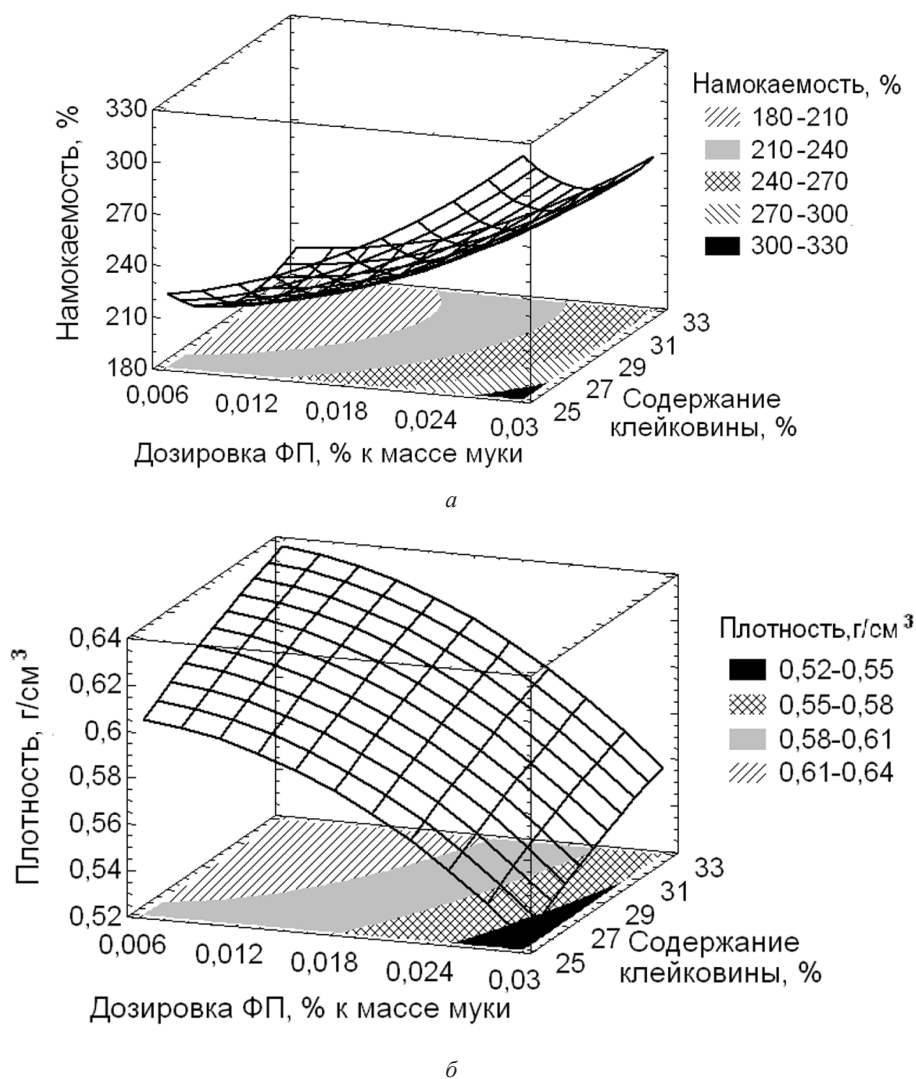


Рис. 2. Влияние дозировки ФП и содержания клейковины в муке на намокаемость (а) и плотность печенья (б)

Получены уравнения регрессии, устанавливающие зависимость намокаемости и плотности печенья от дозировки ФП и количества клейковины в муке:

$$Y = k_0 + k_a A + k_b B + k_{aa} A^2 + k_{ab} AB + k_{bb} B^2, \quad (1)$$

где A – дозировка ФП, % к массе муки; B – содержание клейковины в муке, %.

Значения коэффициентов в уравнении регрессии (1), представленные в табл. 1, близки к 100%, а значит подобранные модели адекватны и с высокой точностью описывают исследуемый процесс.

Т а б л и ц а 1. Значения коэффициентов в уравнении регрессии (1)

Переменная Y	Значение коэффициента						Коэффициент корреляции
	k_0	k_a	k_b	k_{aa}	k_{ab}	k_{bb}	
Намокаемость, %	1249,67	3571,43	–70,85	114583	–142,86	1,18	96,8
Плотность, г/см ³	0,38	0,83	0,01	–115,74	0	–0,0001	97,4

Наряду с достижением необходимых физико-химических показателей качества растворимого печенья немаловажным является увеличение усвояемости продукта за счет увеличения количества низкомолекулярных белков. Проведен электрофорез исследуемых образцов печенья, по результатам которого можно сделать вывод, что с увеличением дозировки ФП происходит незначительный протеолиз белка. В то же время отличий между образцами печенья, изготовленного из различных видов муки, не установлено, что может быть связано с тем, что содержание белка в исследуемых образцах муки имеет близкие значения – от 10,2 до 10,5%. Результаты электрофореза показывают, что с целью увеличения количества низкомолекулярных белков дозировку ФП необходимо увеличить.

Для определения оптимальной дозировки ФП проведены лабораторные выпечки печенья из муки пшеничной высшего сорта с содержанием клейковины 25%, в которых дозировку ФП увеличили до 0,3% к массе муки с интервалом 0,03%.

С увеличением дозировки ФП до 0,24% снижаются упругие свойства теста, оно становится более эластичным, легко поддающимся прокатке и формованию. При дозировке ФП 0,24–0,30% тесто становится липким, что затрудняет формование тестовых заготовок и снижает качество готовых изделий.

Анализ органолептических показателей качества печенья показал, что с увеличением дозировки ФП цвет продукта изменяется от светло-серого до коричневого, увеличивается его хрупкость, печенье приобретает более пористую структуру. При использовании ФП в количестве до 0,24% вкус и запах – свойственные печенью, без постороннего. При дозировке ФП более 0,24% печенье приобретает горечь во вкусе, что обусловлено образованием пептидов, обладающих горьким вкусом. Влажность исследуемых образцов печенья находится в пределах 7,6–9,3%.

Влияние дозировки ФП на намокаемость и плотность печенья представлено на рис. 3. Так, анализ физико-химических показателей качества печенья показывает, что увеличение дозировки ФП от 0 до 0,15% к массе муки способствует увеличению намокаемости печенья от 174 до 396% и снижению плотности с 0,69 до 0,49 г/см³. Дальнейшее увеличение дозировки ФП приводит к некоторому снижению намокаемости печенья – до 338–372%, плотность при этом изменяется незначительно и составляет 0,47–0,49 г/см³.

Электрофореграмма белков растворимого печенья, изготовленного с различной дозировкой ФП, и результаты количественного обсчета электрофореграммы представлены на рис. 4, 5. Так, с увеличением количества ФП содержание глиадиновой и глютеениновой фракции и нерастворимых белков пшеничной муки в образцах печенья заметно снижается. Наряду с этим возрастает количество низкомолекулярных компонентов. Наиболее существенное изменение белкового комплекса происходит при дозировке ФП 0,15% к массе муки, при этом количество продуктов гидролиза и белков с молекулярной массой 15 кДа и 20 кДа увеличивается в 2 раза по сравнению с их первоначальным количеством, белков с молекулярной массой более 80 кДа (глютенины)

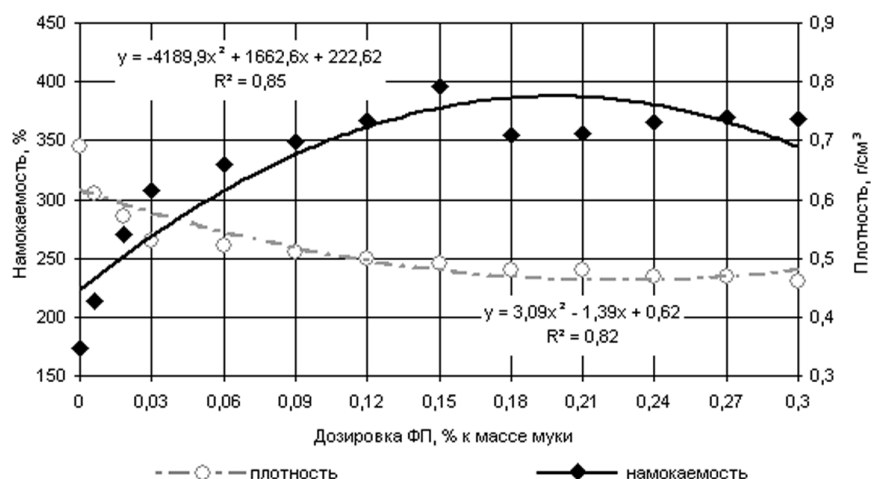


Рис. 3. Влияние дозировки ФП на намокаемость и плотность печенья

снижается в 7 раз, глиадинов и нерастворимых белков – в 2 раза, при этом глютеин расщепляется в полной степени и его протеолиз происходит быстрее в отличие от протеолиза глиадина. Дальнейшее увеличение дозировки ФП не приводит к существенному изменению контролируемых показателей.

Подобраны уравнения регрессии, описывающие зависимость степени протеолиза белка от дозировки ФП:

$$Y = k_0 + k_1x + k_2x^2, \quad (2)$$

где Y – состав продуктов протеолиза, % от контроля; x – дозировка ФП, % к массе муки, k_0, k_1, k_2 – коэффициенты в уравнении регрессии.

Значения коэффициентов в уравнении регрессии (2) представлены в табл. 2.

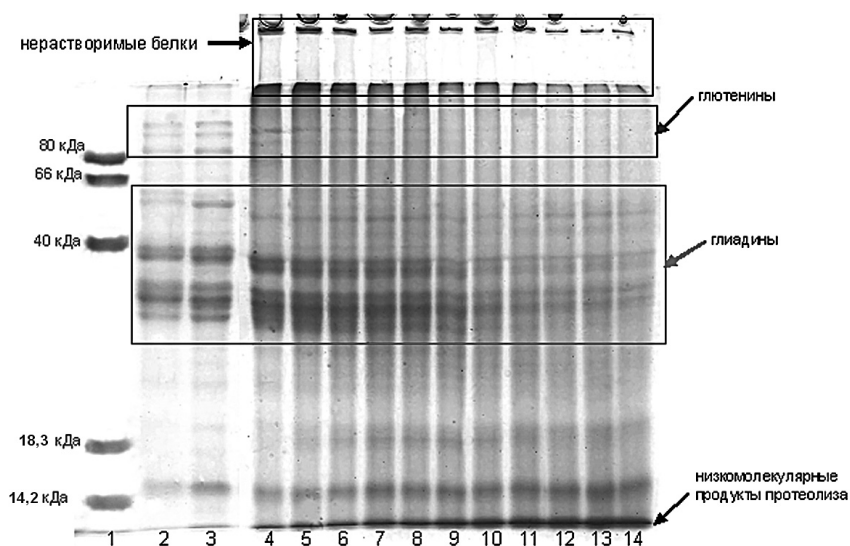


Рис. 4. Электрофореграмма белков растворимого печенья, изготовленного с различной дозировкой ФП: 1 – стандарты молекулярных масс; 2 – пшеничная клейковина; 3 – мука пшеничная высшего сорта; 4 – контроль: (печенье без ФП); 5 – 0,006% ФП; 6 – 0,018% ФП; 7 – 0,03% ФП; 8 – 0,06% ФП; 9 – 0,09% ФП; 10 – 0,12% ФП; 11 – 0,15% ФП; 12 – 0,24% ФП; 13 – 0,27% ФП; 14 – 0,3% ФП

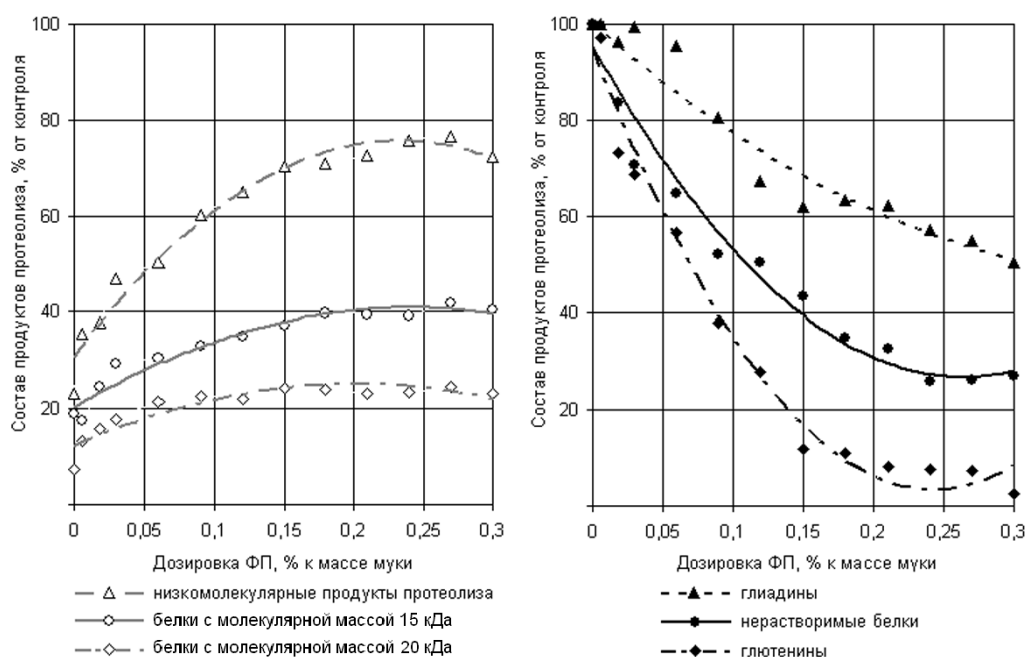


Рис. 5. Состав продуктов протеолиза печени в зависимости от дозировки ФП

Т а б л и ц а 2. Значения коэффициентов в уравнении регрессии (2)

Фракционный состав белка	Значение коэффициента			Коэффициент корреляции
	k_0	k_1	k_2	
Глиадины	100	-256,61	311,88	0,95
Глютенины	94,89	-752,75	1548,4	0,98
Нерастворимые белки	95,36	-519,29	983,57	0,97
Низкомолекулярные продукты протеолиза	30,62	358,81	-825,87	0,97
Белки с молекулярной массой 15 кДа	20,32	171,24	-356,04	0,95
Белки с молекулярной массой 20 кДа	12,20	129,03	-320,84	0,85

Проверку адекватности уравнений регрессии определяли по критерию Фишера. Уравнения регрессии адекватно описывают экспериментальные данные при уровне значимости 5%.

Выводы

1. Использование ферментного препарата протеолитического действия при изготовлении растворимого печенья позволяет увеличить его намокаемость и снизить плотность, что положительно отражается на органолептических показателях качества готовых изделий.

2. Полученные математические зависимости позволяют прогнозировать показатели качества и степень протеолиза белка растворимого печенья в зависимости от вида используемой муки и дозировки ферментного препарата.

3. Установлено, что для изготовления растворимого печенья целесообразно использовать муку пшеничную высшего сорта с содержанием клейковины 25%, оптимальная дозировка ферментного препарата составляет 0,15% к массе муки, при этом обеспечивается необходимый протеолиз белков, высокая намокаемость (396%) и низкая плотность (0,49 г/см³) готовых изделий.

Литература

1. Технология продуктов детского питания / Н. В. Попова [и др.]; под общ. ред. Э. С. Токаева. – Минск, 2009. – С. 37–38.

2. Зубченко, А. В. Физико-химические основы технологии кондитерских изделий / А. В. Зубченко. – 2-е изд. – Воронеж, 2001. – С. 323.
3. Козаков, Е. Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов / Е. Д. Козаков, Г. П. Карпиленко. – СПб., 2005. – С. 83–84.

I. I. KONDRATOVA, K. N. HERSHONCHIK, V. P. KURCHENKO, N. V. GAVRILENKO

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF PROTEOLYTIC ENZYME AND WHEAT FLOUR ON PROTEOLYSIS OF CONFECTIONARY DOUGH WHILE PRODUCING SOLUBLE BISCUITS FOR BABY FEEDING

Summary

The influence of proteolytic enzyme Neutrase and content of gluten in wheat flour on organoleptic and physical and chemical indices of the quality of soluble biscuits, and the level of protein proteolysis in ready made products is studied. It is found that for production of soluble biscuits with required indices of quality it is necessary to use wheat flour of superior quality with 25% gluten content, the optimal quantity of proteolytic enzyme is 0.15% of the mass of wheat flour.