

**ПЕРАПРАЦОЎКА І ЗАХАВАННЕ  
СЕЛЬСКАГАСПАДАРЧАЙ ПРАДУКЦЫІ**

УДК 664.681.1:577.152.34:613.22

*З. В. ЛОВКИС<sup>1</sup>, И. И. КОНДРАТОВА<sup>1</sup>, К. Н. ГЕРШОНЧИК<sup>1</sup>,  
Н. В. ГАВРИЛЕНКО<sup>2</sup>, В. П. КУРЧЕНКО<sup>2</sup>*

**ВЛИЯНИЕ САХАРА И ЖИРА НА ПРОЦЕСС ПРОТЕОЛИЗА БЕЛКОВ  
В КОНДИТЕРСКОМ ТЕСТЕ ДЛЯ РАСТВОРИМОГО ПЕЧЕНЬЯ**

<sup>1</sup>*Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию, Минск, Республика Беларусь,  
e-mail: nrc-candy@tut.by*

<sup>2</sup>*Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь,*

*(Поступила в редакцию 04.12.2012)*

Продукты детского питания должны соответствовать возрастным особенностям детского организма и быть сбалансированы по содержанию белков, жиров, углеводов и энергетической ценности, что обеспечивается за счет определения соотношения основных рецептурных ингредиентов, используемых при изготовлении растворимого печенья.

Пищеварительная система у детей раннего возраста развита в недостаточной степени, поэтому активность пищеварительных ферментов невысока, кроме того, у детей слабая система иммунологической защиты, что в совокупности приводит к появлению пищевой аллергии. В связи с этим актуальной задачей является разработка продуктов детского питания, имеющих высокую усвояемость и низкий аллергенный потенциал.

Одним из видов детского питания является растворимое печенье, предназначенное для прикорма детей с 6 месяцев. Установлено, что использование ферментного препарата протеолитического действия при изготовлении растворимого печенья позволяет не только улучшить его органолептические и физико-химические показатели [1–2], но и увеличить усвояемость и снизить аллергенность. Это происходит за счет того, что в процессе ферментации теста высокомолекулярные белки гидролизуются с образованием низкомолекулярных соединений и свободных аминокислот, которые хорошо усваиваются детским организмом, а риск возникновения аллергии при употреблении продукта существенно снижается [3].

Известно, что сахар и жир, входящие в состав мучных кондитерских изделий, снижают активность ферментов [4]. В связи с этим целью данных исследований является изучение влияния сахара и жира на процесс протеолиза белков в кондитерском тесте для растворимого печенья.

**Материалы и методы исследования.** Исследования проводили в научно-исследовательской лаборатории отдела технологий кондитерской и масложировой продукции Научно-практического центра НАН Беларуси по продовольствию и в лаборатории прикладных проблем биохимии Белорусского государственного университета в 2010–2011 гг. Для проведения исследований использовали муку пшеничную высшего сорта с содержанием клейковины 25 % и ферментный препарат протеолитического действия Нейтразу 1,5 MG (далее по тексту – ФП) в количестве 0,15 % к массе муки, ферментацию теста осуществляли в течение 30 мин. при температуре 35 °С. В качестве жирового компонента использовали подсолнечное и крестьянское масло с соответствующим пересчетом по жиру.

Продукты ферментативного гидролиза белков печенья анализировали при помощи SDS-электрофореза в полиакриламидном геле. В качестве стандартов молекулярных масс использовали

следующие: 14,2 кДа ( $\alpha$ -лактоальбумин); 18,3 кДа ( $\beta$ -лактоглобулин); 34,5 кДа (пепсин); 40,0 кДа (пероксидаза хрена); 66,0 кДа (бычий сывороточный альбумин); 80,0 кДа (лактоферрин). Для оценки электрофореграмм применяли графический редактор Adobe Photoshop. Степень протеолиза определяли как относительное количество гидролизованного белка.

**Результаты и их обсуждение.** При изучении белкового комплекса клейковины и пшеничной муки было установлено, что типичными белковыми фракциями для них являются белки с молекулярными массами 15, 20, 30–33, 37–38, 50, 66, 100, 129, 151 кДа, а также низко- и высокомолекулярные (нерастворимые) белки, поэтому при оценке степени протеолиза белка растворимого печенья исследовали динамику изменения вышеперечисленных фракций.

В результате анализа унифицированных рецептур печенья [5] были отобраны те из них, которые соответствуют по пищевой и энергетической ценности требованиям, предъявляемым к продуктам детского питания. Установлено, что дозировки сахара и жира в данных рецептурах составляют 18–38 и 8–17 % к массе муки соответственно.

Проведены лабораторные выпечки образцов печенья, в которых содержание сахара изменяли от 18 до 38 % с шагом 5 %, жира – от 8 до 17 % с шагом 2,25 %.

Первоначально было изучено влияние сахара и жира на молекулярные массы белков в печенье, изготовленном без добавления ФП. Анализ электрофореграмм печенья показал, что фракционный состав белков данных образцов не отличается от контроля (без добавления сахара, жира и ФП). Это позволяет сделать вывод о том, что сахар и жир не оказывают влияния на молекулярные массы исследуемых белков.

Для изготовления растворимого печенья оптимальная дозировка ФП составляет 0,15 % к массе муки [1–2]. Фракционный состав белков растворимого печенья, изготовленного без ФП (контроль № 1) и с добавлением ФП в количестве 0,15 % (контроль № 2), представлен в табл. 1.

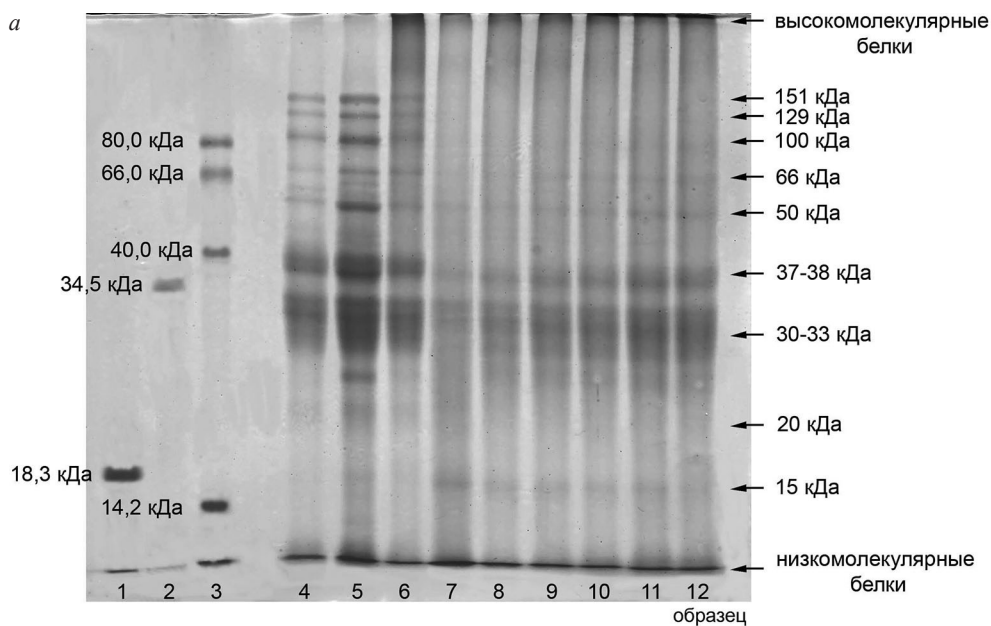
Т а б л и ц а 1. Фракционный состав белков растворимого печенья, %

Фракции белков	Контроль № 1 (без ФП)	Контроль № 2 (0,15% ФП)
Низкомолекулярные белки	23	70
Белки с молекулярной массой 15 кДа	19	37
Белки с молекулярной массой 20 кДа	7	24
Белки с молекулярной массой 30–33 кДа	100	69
Белки с молекулярной массой 37–38 кДа	100	61
Белки с молекулярной массой 50 кДа	100	66
Белки с молекулярной массой 66 кДа	100	61
Белки с молекулярной массой 100 кДа	100	41
Белки с молекулярной массой 129 кДа	100	42
Белки с молекулярной массой 151 кДа	100	38
Высокомолекулярные белки	100	43

Исследования показали, что при внесении ФП белки с молекулярной массой более 30 кДа гидролизуются на 31–62 % относительно их первоначального количества, при этом количество образующихся в результате протеолиза низкомолекулярных белков и белков с молекулярной массой 15 и 20 кДа увеличивается в 2,0–3,5 раза.

На следующем этапе работы изучали влияние сахара и жира, вносимых совместно с ФП, на степень протеолиза белка растворимого печенья.

Динамика содержания фракций белков растворимого печенья, изготовленного с различной дозировкой сахара (рис. 1), а также анализ данных (табл. 1) позволяют сделать вывод, что добавление сахара в растворимое печенье, изготовленное с применением ФП, значительно снижает активность последнего. При добавлении сахара в наибольшей степени снижается протеолиз белковых фракций с молекулярными массами 30–33 и 66 кДа: он замедляется на 17–52 % при добавлении сахара в количестве до 23 %, а при увеличении его дозировки до 28,0 % – не происходит. Схоже протекает процесс протеолиза белков с молекулярными массами 37–38 и 50 кДа: при до-



1–3 – стандарты молекулярных масс;  
 4 – пшеничная клейковина;  
 5 – мука с содержанием клейковины 25 %;  
 6 – контроль № 1: печенье без ФП и без сахара;  
 7 – контроль № 2: печенье, содержащее 0,15 % ФП, без сахара;  
 8–12 – печенье, содержащее 0,15 % ФП и 18,0, 23,0, 28,0, 33,0 и 38,0 % сахара соответственно

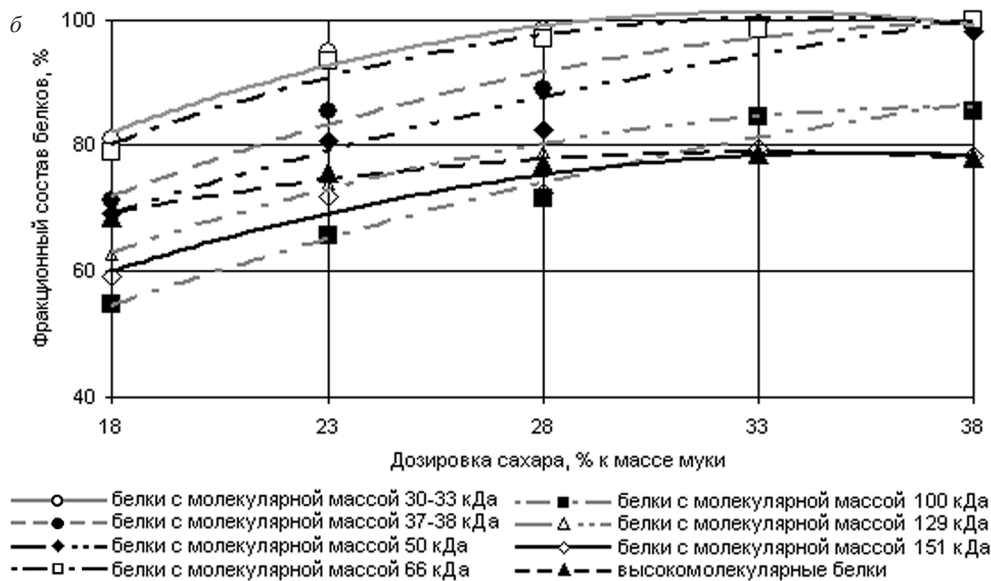


Рис. 1. Влияние сахара на протеолиз растворимого печенья: *a* – электрофореграмма растворимого печенья, изготовленного с различной дозировкой сахара; *б* – состав фракций белков растворимого печенья в зависимости от дозировки сахара

бавлении сахара до 28,0 % их количество снижается на 16–46 %, а с увеличением его дозировки до 33,0 % данные фракции не подвергаются гидролизу.

Протеолиз белков с молекулярной массой от 100 до 151 кДа и высокомолекулярных белков в присутствии сахара снижается в 1,3–2,0 раза, но инактивации фермента при этом не происходит, так как даже при максимальной дозировке сахара данные фракции гидролизуются на 14–22 %.

Получено уравнение второго порядка, описывающее зависимость степени протеолиза белков с молекулярными массами более 30 кДа от дозировки сахара:

$$Y = k_0 + k_1d + k_2d^2, \quad (1)$$

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

Значения коэффициентов в уравнении регрессии (1) представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. Значения коэффициентов в уравнении регрессии (1)

Белковые фракции растворимого печенья	$k_0$	$k_1$	$k_2$	Коэффициент корреляции
С молекулярной массой 30–33 кДа	9,0	5,57	–0,08	0,96
С молекулярной массой 37–38 кДа	5,23	4,78	–0,06	0,97
С молекулярной массой 50 кДа	20,64	3,23	–0,03	0,91
С молекулярной массой 66 кДа	8,91	5,37	–0,08	0,96
С молекулярной массой 100 кДа	0,38	3,64	–0,04	0,97
С молекулярной массой 129 кДа	2,68	4,37	–0,06	0,99
С молекулярной массой 151 кДа	1,18	4,37	–0,06	0,94
Высокомолекулярные белки	32,06	2,82	–0,04	0,97

Проверку адекватности уравнения регрессии определяли по критерию Фишера, поскольку оно адекватно описывает экспериментальные данные при уровне значимости 5 %.

Снижение скорости протеолиза высокомолекулярных белков при добавлении сахара приводит к уменьшению количества продуктов протеолиза – низкомолекулярных белков и белков с молекулярными массами 15 и 20 кДа. Анализ электрофореграммы (см. рис. 1) позволяет сделать вывод, что содержание низкомолекулярных белков, образующихся в результате протеолиза, уменьшается на 13–19 % по сравнению с контролем № 2, белков с молекулярной массой 15 кДа – на 32–54 %, а белков с молекулярной массой 20 кДа – на 17–42 %. Необходимо отметить, что снижение количества продуктов протеолиза происходит при минимальной дозировке сахара (18 %), а с увеличением его дозировки значительных изменений не наблюдается.

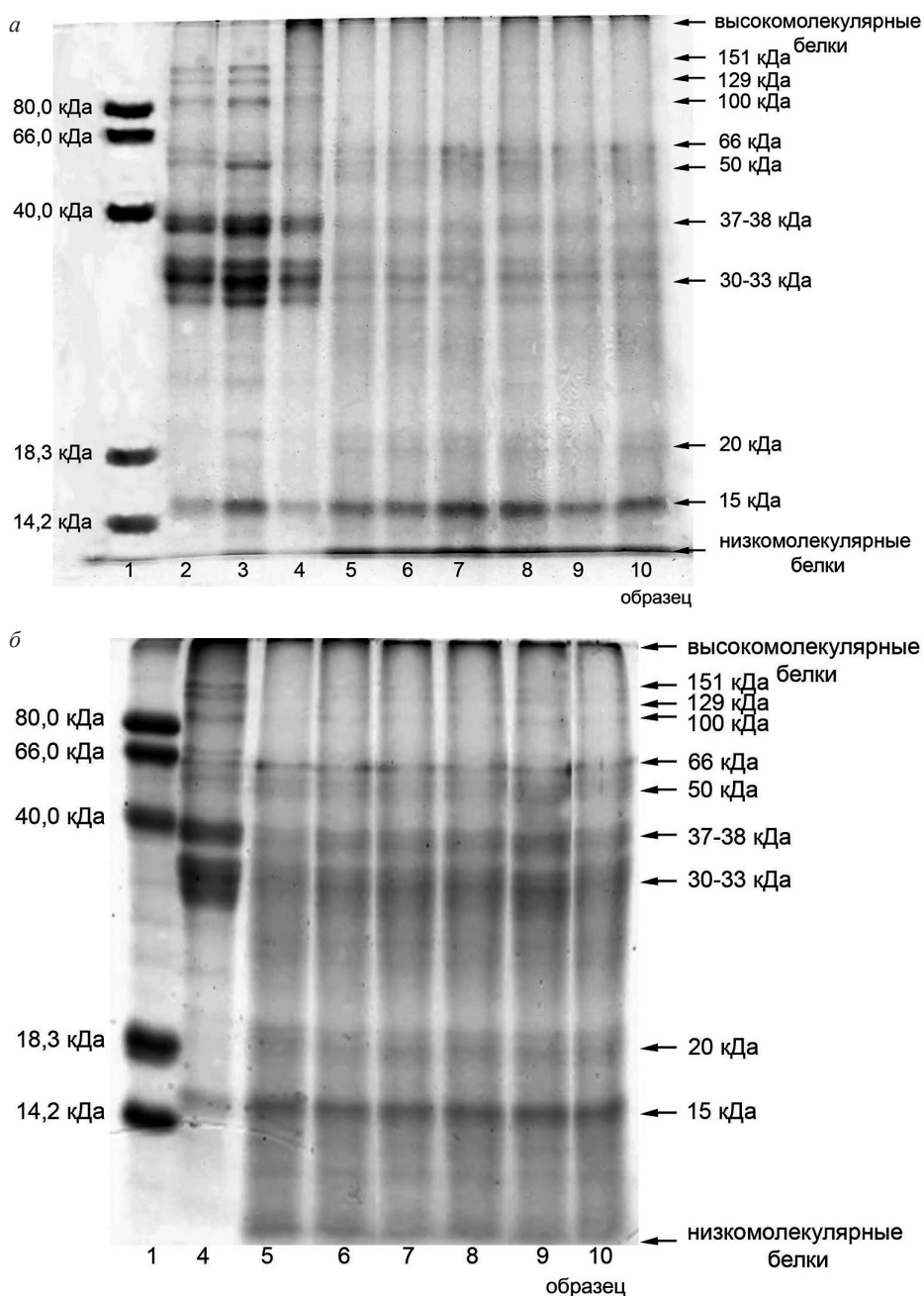
Таким образом, сахар в количестве более 28,0 % ингибирует действие протеолитического фермента, при этом протеолиз белков с молекулярными массами 100, 129, 151 кДа и высокомолекулярных белков снижается в 1,3–2,0 раза, а белки с молекулярными массами от 30 до 66 кДа не подвергаются гидролизу.

Результаты исследований о влиянии подсолнечного и крестьянского масла на процесс протеолиза и фракционный состав белков растворимого печенья представлены на электрофореграмме (рис. 2) и в табл. 3.

Т а б л и ц а 3. Фракционный состав белков растворимого печенья с жиром, %

Фракции белков	Контроль № 2 (0,15% ФП, без жира)	8–17 % подсолнечного масла ( $P < 0,05$ )	8–17 % крестьянского масла ( $P < 0,05$ )
Низкомолекулярные белки	70	66±4	65±2
Белки с молекулярной массой 15 кДа	37	39±4	36±2
Белки с молекулярной массой 20 кДа	24	27±3	23±1
Белки с молекулярной массой 30–33 кДа	69	75±3	78±4
Белки с молекулярной массой 37–38 кДа	61	69±2	70±4
Белки с молекулярной массой 50 кДа	66	77±5	68±1
Белки с молекулярной массой 66 кДа	61	70±3	59±4
Белки с молекулярной массой 100 кДа	41	53±2	52±4
Белки с молекулярной массой 129 кДа	42	52±4	56±3
Белки с молекулярной массой 151 кДа	38	46±2	47±2
Высокомолекулярные белки	43	46±4	40±1

Исследованиями установлено, что добавление подсолнечного и крестьянского масла снижает протеолиз белков с молекулярной массой 30–33 и 37–38 кДа на 4–21 %, а белков с молекулярной массой 100, 129 и 151 кДа – на 14–40 %. В то же время исследуемые жиры оказывают разное влияние на белки с молекулярной массой 50, 60 кДа и высокомолекулярные белки. Подсолнечное масло замедляет протеолиз белков с молекулярными массами 50 и 66 кДа на 8–42 %, а количество



- 1 – стандарты молекулярных масс; 4 – контроль № 1: печень без ФП и жира;  
 2 – пшеничная клейковина; 5 – контроль № 2: печень, содержащее 0,15 % ФП, без жира;  
 3 – мука с содержанием клейковины 25 %; 6–10 – печень, содержащее 0,15 % ФП и 8,00, 10,25, 12,50, 14,75 и 17,00 % жира

Рис. 2. Электрофореграммы растворимого печени с жиром: а – подсолнечное масло, б – крестьянское масло соответственно

высокомолекулярных белков при этом уменьшается на 16 %. При внесении крестьянского масла протеолиз белков с молекулярной массой 50, 66 кДа и высокомолекулярных белков не изменяется.

Количество низкомолекулярных белков при добавлении исследуемых жиров снижается на 11 %, а состав белков с молекулярными массами 15 и 20 кДа практически не изменяется.

Таким образом, подсолнечное и крестьянское масло оказывают ингибирующее влияние на протеолитический фермент, однако в меньшей степени, чем сахар, при этом максимальное снижение скорости протеолиза происходит при внесении жира в количестве до 8 %, а с увеличением его дозировки от 8 до 17 % изменяется незначительно.

## Выводы

1. Проведенные исследования показали, что сахар и жир снижают скорость протеолиза белков в кондитерском тесте для растворимого печенья, при этом наибольшей инактивирующей способностью обладает сахар. Для изготовления растворимого печенья дозировка сахара не должна превышать 28 % к массе муки, в качестве жирового ингредиента целесообразно использовать подсолнечное и крестьянское масло в количестве до 17 % к массе муки.

2. Полученные данные позволили научно обосновать и оптимизировать дозировки сахара и жира, которые, с одной стороны, обеспечивают необходимые показатели качества растворимого печенья, его пищевую ценность, а с другой стороны, позволяют управлять процессом протеолиза белков в кондитерском тесте.

## Литература

1. *Кондратова, И. И.* Исследование влияния протеолитического фермента и вида пшеничной муки на процесс протеолиза кондитерского теста при изготовлении растворимого печенья для детского питания / И. И. Кондратова [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2012. – № 2. – С. 111–118.
2. *Кондратова, И. И.* Влияние сахара, жира и молочных продуктов на показатели качества растворимого печенья для детского питания / И. И. Кондратова, К. Н. Гершончик // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2012. – № 1 (15). – С. 71–76.
3. *Технология продуктов детского питания: учеб. пособие / Н. В. Попова [и др.] ; под ред. Э. С. Токаева.* – М. : ДеЛи принт, 2009. – 472 с.
4. *Мэнли, Д.* Мучные кондитерские изделия / Д. Мэнли ; под науч. ред. И. В. Матвеевой. – СПб. : Профессия, 2008. – 558 с.
5. *Рецептуры на печенье / Госагропром СССР.* – М. : МТ РСФСР, 1986. – 248 с.

*Z. V. LOUKIS, I. I. KONDRATOVA, K. N. GERSHONCHIK, N. V. GAVRILENKO, V. P. KURCHENKO*

### **SUGAR AND FAT INFLUENCE ON PROTEIN PROTEOLYSIS OF CONFECTIONARY DOUGH FOR PRODUCTION OF SOLUBLE BISCUITS**

## Summary

Baby food products should be in full compliance with age peculiarities of an infant organism and be balanced concerning the content of protein, fat, carbohydrates and energy value. It can be achieved due to the combination of the main ingredients that are used while making soluble biscuits.

The results of research of influence of sugar and fat on protein proteolysis of confectionary dough for production of soluble biscuits show that sugar and fat reduce the speed of protein proteolysis, and sugar has more inactivate ability. For production of soluble biscuits for baby food the quantity of sugar should not exceed 28 % to the mass of wheat flour. It's reasonable to use sunflower oil or dairy butter as fat ingredients in the dose of under 17 % to the mass of wheat flour. These data enable to give scientific credence and optimize the recipe of soluble biscuits in respect of sugar and fat.