

Ю.И. Рудницкая, И.П. Березовикова

## БЕЗОПАСНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЬНЯНОЙ МУКИ В ТЕХНОЛОГИЯХ КУЛИНАРНОЙ ПРОДУКЦИИ

Представлены результаты исследования показателей безопасности мясных рубленых изделий с добавлением льняной муки. Показано, что добавление 2,2 % негидратированной льняной муки (15 % гидратированной льняной муки 1:6) к массе мяса не ухудшало санитарно-гигиеническую доброкачественность продукции. Количество синильной кислоты в результате тепловой обработки понижается на 27 %.

Мука льняная, мясные рубленые изделия, показатели безопасности.

### Введение

В последние десятилетия возрос интерес к льняному семени, маслу, жмыху, что объясняется уникальным химическим составом данных продуктов. Семена льна и продукты его переработки являются источником биологически активных веществ: полиненасыщенных жирных кислот семейства омега-3 и омега-6, полифенольных соединений, пищевых волокон [1–3]. Однако в них содержатся и антиалиментарные вещества: линамарин, линустатин и неолинустатин, что существенно снижает потребительский спрос на данные продукты. Основным цианогенным гликозидом в семенах льна является линамарин [1, 4]. Содержание его составляет в среднем 19 мг/100 г в цельных и 67 мг/100 г в очищенных семенах льна [5].

Линамарин относится к группе нитрилгликозидов и представляет собой соединение глюкозы и агликона, состоящего из остатка синильной кислоты и ацетона. Содержание линамарина в семенах льна зависит от сорта растения, степени спелости семян и их масличности. Сами по себе цианогенные гликозиды нетоксичны, но в результате ферментативного гидролиза под действием  $\beta$ -глюкозидазы происходит высвобождение синильной кислоты (HCN). Механизм токсического действия синильной кислоты заключается в подавлении или прекращении окислительных процессов в живых тканях. Синильная кислота является мощным дыхательным ингибитором, вызывает паралич, бессознательное состояние, судороги, симптомы удушья, поражение нервной системы [6]. Содержание синильной кислоты в семенах льна варьирует от 0,87 до 2,6 мг/100 г [7]. По данным экспертов ВОЗ, летальная доза синильной кислоты составляет 35 мг на среднюю массу тела (70 кг), что эквивалентно потреблению 1,4 кг семян льна [8].

Характерной особенностью синильной кислоты является термостабильность, тепловая обработка при 100 °C не вызывает снижения ее содержания. Существенное уменьшение содержания наблюдается при более высоких температурах: 120–150 °C, а при 170 °C достигается полное разрушение синильной кислоты [9]. Инактивация синильной кислоты возможна под действием не только высоких температур, но и таких компонентов, как глюкоза, аминокислоты, метгемоглобин, кобальтовые соединения, витамин В<sub>12a</sub> (гидрокобаламин). Перечисленные компоненты, соединяясь с синильной кислотой, образуют нетоксичные соединения, которые выводятся

из организма. Глюкоза, соединяясь с синильной кислотой, образует нетоксичное соединение – циангидрин. По литературным данным, глюкозу и другие сахара по антидотной активности превосходят аминокислоты, содержащие серу (глутатион, цистеин, цистин) [10]. Значительное количество синильной кислоты соединяется с аминокислотами и выводится из организма в виде роданистых соединений. Наиболее важными веществами, применяемыми при отравлениях синильной кислотой, являются метгемоглобинообразователи. Метгемоглобин, соединяясь с синильной кислотой, образует цианметгемоглобин и освобождает дыхательный фермент. Детоксикационное действие витамина В<sub>12a</sub> (гидрокобаламин) сводится к замещению гидроксила на CN-группу, в результате данной реакции образуется витамин В<sub>12</sub> [11].

Производители всего мира занимаются разработкой рецептур и технологий продуктов, в которых максимально проявляют свои свойства биологически активные вещества льняного семени и его производных, а также обеспечивается безопасность. Экспертами Food and Drug Administration (FDA) рекомендовано использование льняного семени в количестве до 12 г на 100 г продукта [12]. В различных исследованиях показана возможность использования семян льна и льняной муки в хлебобулочном производстве. Льняная мука также включается в состав рецептур мясных и рыбных рубленых изделий, маффинов и спагетти. Использование льняной муки улучшает не только пищевую ценность продуктов, но и их функционально-технологические свойства [13–15].

При разработке новой кулинарной продукции необходимым этапом является ее проверка на соответствие гигиеническим требованиям безопасности. Как и любое растительное сырье, льняная мука может являться источником дрожжей и плесневых грибов, в связи с чем встает вопрос о ее влиянии на микробиологические показатели безопасности кулинарной продукции.

Целью нашего исследования является изучение безопасности использования льняной муки в технологиях кулинарной продукции. В соответствии с целью поставлены следующие задачи.

1. Определение содержания продуктов гидролиза гликозидов (синильной кислоты) в льняной муке.

2. Изучение влияния льняной муки на микробиологические показатели безопасности полуфабрикатов и готовой кулинарной продукции.

**Материалы и методы исследования:**

– «Мука льняная» ТУ 9729-115-79036578-2005 (НПО «Сибирская масляная компания», г. Новосибирск), отвечающая требованиям микробиологических показателей безопасности в соответствии с СанПиН 2.3.2.1078-01 [16];

– льняная мука после тепловой обработки. Тепловая обработка льняной муки производилась в пароконвектомате RATIONAL (SCC 61) в режиме пароконвекции (пар 100 %, конвекция 170 °С) в течение 12 минут в соответствии с условиями, моделирующими тепловую обработку разработанных мясных рубленых изделий [17];

– мясные рубленые изделия с льняной мукой (полуфабрикаты и готовые изделия). В результате ранее проведенных нами исследований разработана технологическая схема приготовления мясных рубленых изделий с добавлением льняной муки (рис. 1).

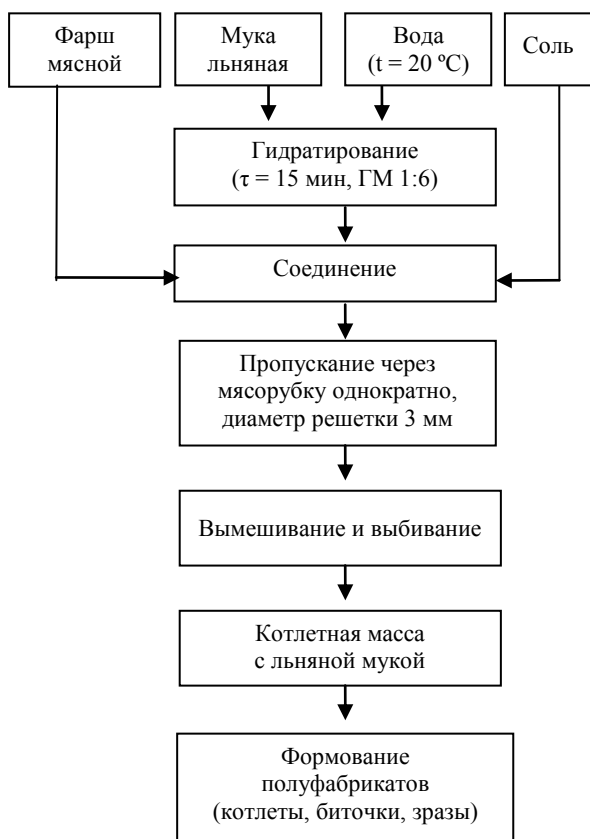


Рис. 1. Технологическая схема приготовления мясных рубленых изделий с льняной мукой

Муку льняную предварительно гидратировали (соотношение мука : вода 1:6) и добавляли в количестве 15 % к массе мяса. В пересчете на сухую льняную муку это составляет 2,2 %. Внесение данного количества льняной муки улучшает качественный состав белка, жирнокислотный состав, повышает содержание пищевых волокон и полифенольных соединений. Кроме того, улучшаются функционально-технологические свойства мясного фарша [18].

Содержание свободной и связанной синильной кислоты в сырой льняной муке и муке после тепловой обработки определяли по методике ВНИИ жиров [19]. Метод основан на отгонке свободной и связанной кислоты с водяным паром из материала, в кото-

ром предварительно создаются условия для ферментативного гидролиза глюкозида, и титровании свободной и высвобожденной синильной кислоты азотнокислым серебром по методу Либиха. Содержание синильной кислоты ( $x$ ) определяли по формуле

$$x = \frac{T_{\Gamma} V_{\Gamma} 0,318 \Gamma 100}{P}, \quad (1)$$

где  $T$  – титр раствора  $\text{AgNO}_3$ ;  $V$  – количество миллилитров раствора  $\text{AgNO}_3$ , израсходованное на титрование дистиллята; 0,318 – коэффициент, выражающий отношение удвоенного молекулярного веса  $\text{HCN}$  к молекулярному весу  $\text{AgNO}_3$ ;  $P$  – навеска материала, г.

Исследование микробиологических показателей безопасности проводили в соответствии с СанПиН 2.3.2.1078-01, а также МУК 4.2.1847-04 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов» [20].

Статистическая обработка результатов экспериментов осуществлялась в программе Statistica-6,0. Для оценки достоверности различий использовали непараметрические тесты (Манн-Уитни, Уилкоксона). Принятый уровень достоверности 95 % ( $p < 0,05$ ).

**Результаты и их обсуждение**

Полученные нами данные показали, что содержание синильной кислоты в льняной муке увеличилось по сравнению с семенами льна (содержание синильной кислоты в которых составляет 2,6 мг/100 г [7]) в 11,6 раза и составило  $30,21 \pm 0,66$  мг/100 г. В связи с тем, что синильная кислота является водорастворимой, после частичного обезжиривания концентрация синильной кислоты в льняной муке закономерно повышается. Данные о соотношении свободной и связанной синильной кислоты в сырой льняной муке представлены на рис. 2.

На долю связанной синильной кислоты приходится 67 % и 33 % ( $9,86 \pm 0,55$  мг/100 г) – на свободную синильную кислоту, которая и представляет наибольшую опасность.

Полученные данные содержания синильной кислоты в льняной муке не согласуются с данными, приведенными зарубежными исследователями, где показано, что в льняной муке содержание синильной кислоты составляет от 36 до 39 мг/100 г [21]. Это означает, что со 100 г сырой льняной муки может поступить летальная доза синильной кислоты – 35 мг [8].

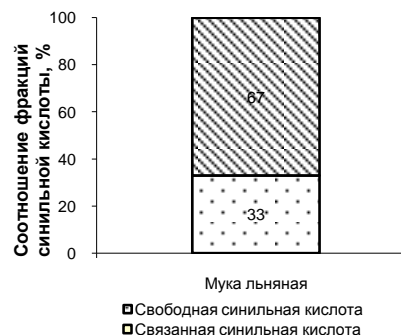


Рис. 2. Соотношение свободной и связанной синильной кислоты в сырой льняной муке, % ( $M \pm m$ ,  $n = 6$ )

В работах ряда авторов отмечено, что семена льна можно использовать в пищу только после тепловой обработки (варка в воде, сухое и влажное автоклавирование, обработка паром), так как при высоких температурах (170–200 °С) содержание гликозидов существенно понижается [22–24]. В связи с этим для обоснования возможности безопасного использования льняной муки в рецептурах мясных рубленых изделий мы определили влияние тепловой обработки (пар 100 %, конвекция 170 °С) на содержание синильной кислоты в льняной муке (рис. 3).

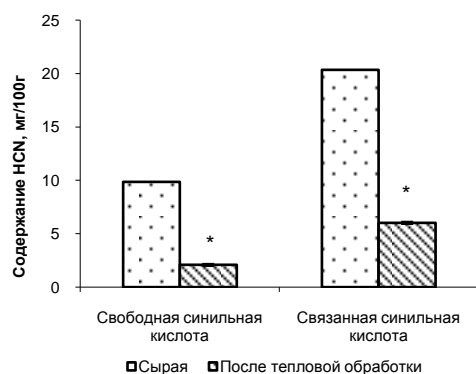


Рис. 3. Содержание свободной и связанной синильной кислоты в льняной муке до и после тепловой обработки, мг/100 г ( $M \pm m$ ,  $n = 6$ ): \*  $p < 0,05$ , тест Уилкоксона, относительно сырой муки

После тепловой обработки льняной муки в пароконвектомате в течение 12 минут при температуре 170 °С наблюдалось уменьшение содержания как свободной, так и связанной синильной кислоты. Общее содержание синильной кислоты в льняной муке после тепловой обработки уменьшилось по сравнению с сырой мукой на 26,8 % и составило  $8,10 \pm 0,14$  мг/100 г. Однако в разработанных нами рецептурах количество льняной муки составляет только 2,2 г, что соответствует 0,2 мг синильной кислоты в мясных рубленых изделиях после тепловой обработки. Данное количество синильной кислоты составляет 0,6 % от летальной дозы (35 мг на среднюю массу тела) [8].

В льняной муке содержатся природные антидоты синильной кислоты: сахароза, глюкоза, содержание которых составляет  $6,80 \pm 0,71$  % (от общего содержания сухих веществ), и серосодержащие аминокислоты (цистин, метионин). Глюкоза, соединяясь с синильной кислотой и другими цианидами, образует

нетоксичное соединение – циангидрин. Кроме того, значительное количество синильной кислоты соединяется с аминокислотами, содержащими серу (цистин и метионин), и выводится из организма в виде роданистых соединений [10, 25].

По микробиологическим показателям безопасности льняная мука соответствует требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01. Вместе с тем необходимо исследовать влияние льняной муки на микробиологические показатели безопасности полуфабрикатов и готовой кулинарной продукции. Результаты определения микробиологических показателей безопасности полуфабрикатов и свежеприготовленных изделий из домашнего фарша с добавлением 15 % (от мясного сырья) сырой гидратированной (соотношение мука : вода 1:6, при  $t = 20$  °С) льняной муки приведены в табл. 1.

Проведенные микробиологические исследования полуфабрикатов и готовой продукции показали, что мука льняная не ухудшила санитарно-гигиеническую доброкачественность продукции, поскольку микробиологические показатели исследуемых изделий соответствовали действующим нормативам (СанПиН 2.3.2.1078-01). Такие микробиологические показатели, как дрожжи, плесени, БГКП (колиформы), сальмонеллы, в полуфабрикатах и готовых изделиях, а также *S. aureus*, *Proteus* в готовых изделиях не обнаружены.

Таблица 1

Микробиологические показатели безопасности продукции

| Наименование изделия    | Полуфабрикат           |                   | Свежеприготовленное изделие |                   |
|-------------------------|------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|
|                         | норма                  | факт              | норма                       | факт              |
|                         | КМАФАнМ, КОЕ/г         |                   |                             |                   |
| Котлеты с льняной мукой | не $> 5,0 \times 10^6$ | $4,5 \times 10^4$ | не $> 1 \times 10^3$        | $< 1 \times 10^1$ |

Таким образом, проведенные нами исследования показали, что тепловая обработка (при температуре не менее 170 °С) способствует понижению содержания синильной кислоты до безопасных значений (на 27 %), использование льняной муки в рецептурах мясных рубленых изделий не ухудшает санитарную доброкачественность кулинарной продукции, что подтверждает безопасность использования льняной муки в технологиях кулинарной продукции.

#### Список литературы

1. Куцик, Р.В. Лен культурный (син. лен посевной) *Linum usitatissimum* L. Аналитический обзор / Р.В. Куцик, Б.М. Зук // Провизор. – 2006. – № 3. – С. 5–10.
2. Супрунова, И.А. Мука льняная – перспективный источник пищевых волокон для разработки функциональных продуктов / И.А. Супрунова, О.Г. Чижикова, О.Н. Самченко // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – № 4. – С. 50–53.
3. Пашенко, Л.П. Характеристика семян льна и их применение в производстве продуктов питания / Л.П. Пашенко, А.С. Прохоров, Я.Ю. Кобцева, И.А. Никитин // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2004. – № 7. – С. 56–57.
4. Newkirk, R. Flax feed industry guide / R. Newkirk // Flax Canada 2015 [Электрон. ресурс] [www.flaxcouncil.ca](http://www.flaxcouncil.ca)
5. Oomah, B.D. Effect of Dehulling on Chemical Composition and Physical Properties of Flaxseed / B.D. Oomah, G. Mazza // Lebensmittel- u. -Technol. – 1997. – Vol. 30. – № 2. – P. 135–140.

6. Ghawabi, S.H. Chronic cyanide exposure: a clinical, radioisotope, and laboratory study / S.H. Ghawabi, M.A. Gaafar, A.A. El-Saharti, S.H. Ahmed, K.K. Malash, R. Fares // Br. J. Ind. Med. – 1975. – V. 32. – P. 215–219.
7. BeneFlax TM Flax Lignan NDI [Электрон. ресурс] <http://www.fda.gov>
8. Toxicological evaluation of certain food additives and naturally occurring toxicants. WHO Technical report Series № 30. – Geneva, 1993. – 245 p.
9. Yamashita, T. Development of method to remove cyanogens glycosides from flaxseed meal / T. Yamashita, T. Sano, T. Hashimoto, K. Kanazawa // International Journal of food science & Technology. – 2007. – Vol. 42. – № 1. – P. 70–75.
10. Савицкий, Н.Н. Частная патология и терапия поражений боевыми отравляющими веществами / Н.Н. Савицкий. – М.; Л.: Медгиз, 1939. – 288 с.
11. Руководство по токсикологии отравляющих веществ / под ред. А.И. Черкеса, Н.И. Луганского, П.В. Родионова. – Киев: Здоровье, 1964. – 464 с.
12. FDA. Agency Response Letter GRAS Notice № GRN 000280 [Электрон. ресурс] [www.fda.gov](http://www.fda.gov)
13. Васюкова, А.Т. Разработка рецептур рыбных полуфабрикатов с льняной мукой / А.Т. Васюкова, Д.Н. Фалин // Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики. – 2010. – № 1. – С. 78–81.
14. Сулимма, Я.В. Новый ассортимент мучных кондитерских изделий здорового питания для ресторанов / Я.В. Сулимма // Ресторанный бизнес и здоровое питание: материалы заочной межрег. науч. практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Новосибирск: СибУПК, 2010. – С. 78–81.
15. Bilek, A.E. Enhancement of the nutritional status of beef patties by adding flaxseed flour / A.E. Bilek, T. Sadettin // Meat Science. – 2009. – V. 82. – P. 472–477.
16. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. – М.: Минздрав России, 2002. – 168 с.
17. Рудницкая, Ю.И. Производство продуктов здорового питания централизованным способом / Ю.И. Рудницкая // Инновационные процессы в развитии сферы общественного питания: сб. материалов межрегион. науч.-практ. конф. – Красноярск: КГТЭИ, 2011. – С. 26–30.
18. Рудницкая, Ю.И. Пищевая ценность мясных рубленых изделий с добавлением «Муки льняной» / Ю.И. Рудницкая, И.П. Березовикова // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – № 4. – С. 42–45.
19. Руководство по методам исследования, технохимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности // Тр. ВНИИЖ. – 1965. – Т. 2. – 419 с.
20. МУК 4.2.1847-04. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. – Взамен МУК 4.2.727-99; введ. 20.06.2004. – М.: Минздрав России, 2004. – 32 с.
21. Naque, M.R. Total cyanide determination of plants and foods using the picrate and acid hydrolysis methods / M.R. Naque, J.H. Bradbury // Food Chemistry. – 2002. – V. 77. – P. 107–114.
22. Котик, А.В. Разработка и товароведная оценка полуфабрикатов из семян льна для использования в пищевой промышленности: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.В. Котик. – Новосибирск: СибУПК, 2006. – 16 с.
23. Шульвинская, И.В. Композиционные белковые добавки из семян масличных и бахчевых растений / И.В. Шульвинская, О.Я. Доля, О.В. Широкоярова // Известия вузов. Пищевая технология. – 2007. – № 5–6. – С. 40–42.
24. Shen, Y. Fatty acid and nitrogen utilization of processed flaxseed by adult chickens / Y. Shen, D. Feng, T. Oresanya, E. Chavez // Journal science food agric. – 2005. – Vol. 85. – P. 1137–1142.
25. Бобков, С.С. Синильная кислота / С.С. Бобков, С.К. Смирнов. – М.: Химия, 1970. – 176 с.

НОУ ВПО Центросоюза Российской Федерации  
«Сибирский университет потребительской кооперации»,  
630087, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 26.  
Тел./факс: (383) 346-55-31  
e-mail: [common@sibupk.nsk.su](mailto:common@sibupk.nsk.su)

## SUMMARY

**Y.I. Rudnitskaya, I.P. Berezovikova**

### SAFETY OF USING FLAX MEAL IN COOKING TECHNOLOGIES

The results of studying the safety indices of minced meats with added flax meal are given. It is shown that the addition of 2,2 % of nonhydrated flax meal (15 % hydrated flax meal 1:6) to the meat mass did not reduce the sanitary and hygienic quality of the products. The amount of hydrocyanic acid is reduced by 27 % as a result of heat treatment.

Flax meal, minced meats, safety indices.

Siberian University of Consumer Cooperation  
26, Pr. K. Marx, Novosibirsk, 630087, Russia  
Phone/Fax: +7(383) 346-55-31  
e-mail: [common@sibupk.nsk.su](mailto:common@sibupk.nsk.su)

