

УДК 628.5

DOI: 10.31677/2311-0651-2022-38-4-31-36

ПРИМЕНЕНИЕ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

О.Н. Сороколетов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

С.Л. Гаптар, кандидат технических наук, доцент

А.В. Бгатов, кандидат биологических наук, доцент

Новосибирский государственный аграрный университет

E-mail: 466485@mail.ru

Ключевые слова: биотестирование, биологическая ценность, молочные продукты, имаго комнатной мухи (*Musca domestica*).

Реферат. Установлена эффективность использования биотестирования в системе оценки биологической ценности молочных продуктов, основанная на включении в рацион имаго комнатной мухи (*Musca domestica*) молочных продуктов (обезжиренного молока и йогурта). Биологическую ценность молочных продуктов определяли путем сравнения продолжительности продуктивного периода и жизни имаго комнатной мухи (*Musca domestica*), в рационе которых содержались молочные продукты, и мух, из рациона которых они были исключены.

APPLICATION OF BIOTESTING TO ASSESS THE BIOLOGICAL VALUE OF FOOD PRODUCTS

O.N. Sorokoletov, Ph.D. in Agricultural Sciences, Associate Professor

S.L. Gaptar, Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor

A.V. Bgatov, Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor

Novosibirsk State Agrarian University

Keywords: biotesting, biological value, dairy products, imago of domestic fly (*Musca domestica*).

Abstract. The effectiveness of using biotesting in assessing the biological value of milk products, based on the inclusion of milk products (skimmed milk and yogurt) in the diet of the imago of a domestic fly (*Musca domestica*), has been established. The authors determined the biological value of dairy products by comparing the duration of the productive period and the life of imago of a domestic fly (*Musca domestica*) in the diet in which dairy products were contained and flew from the diet from which they were excluded.

Среди огромного разнообразия продуктов животного и растительного происхождения наиболее ценными в пищевом и биологическом отношении являются молоко и молочные продукты, ценность которых определяется богатым и сбалансированным составом его компонентов и высокой усвояемостью всех пищевых веществ. Кисломолочные продукты в диетическом и лечебном питании по своим функциональным свойствам превосходят молоко. Они содержат все составные части молока в более усвояемом виде [1].

Кисломолочные продукты содержат достаточное для полноценного питания количество незаменимых аминокислот (в ферментированном молоке содержание свободных аминокислот в 7–11 раз выше, чем в свежем), витаминов, солей фосфора, кальция, магния, участвующих в обмене веществ в организме человека. Молочная кислота, диоксид углерода, следы алкоголя (в кефире, кумысе) оказывают сильное стимулирующее воздействие на пищеварительные железы, что улучшает процесс переваривания и усвоения пищи. Кисломолочные продукты обогащают желудочно-кишечный тракт молочнокислыми и другими бактериями, способными существенно повышать иммунную активность организма, а некоторые также способны «прижиться» в кишечнике [2].

Предприятиями молочной промышленности выпускается широкий ассортимент кисломолочных продуктов. Одной из главных тенденций формирования ассортимента кисломолочных продуктов является комбинирование, заключающееся в добавлении к молочным продуктам компонентов немолочного происхождения, цель которого состоит в повышении пищевой и биологической ценности продуктов, улучшении их потребительских свойств и снижении себестоимости [3].

Анализ отечественных и зарубежных литературных источников показывает, что несмотря на широкое применение структурообразователей и добавок в технологии пищевых продуктов, при их применении возникает ряд проблем практического, медико-биологического и этического характера. В частности, имеется вероятность образования непредсказуемых реакций и химических соединений с возможной токсикологической опасностью, особенно под воздействием высоких температур. Кроме того, добавки химического происхождения в большинстве случаев вызывают у потребителей психологический протест [4, 5].

На сегодняшний день действующие нормативные документы предлагают оценивать биологическую ценность продуктов количеством содержащихся в них белков, жиров, углеводов, калорий и витаминов. Однако современные молочные продукты могут содержать помимо полезных веществ и микроорганизмов ряд пищевых добавок – красителей, консервантов, загустителей и т.п., а также подвергаются воздействию тепловой обработки, что приводит к снижению качественных показателей готового продукта.

В настоящее время разработано множество способов определения биологической ценности молока и молочных продуктов. Однако большинство из них устанавливают не столько биологическую ценность продукта, сколько степень его свежести, например, способ оценки качества и биологической ценности молока по патенту РФ № 2402764, по которому проводят железоиндуцированную хемилюминесценцию с добавлением к 10 мл молока 1 мл $5 \cdot 10^{-2}$ М раствора сернокислого железа, после чего измеряют светосумму свечения продукта методом хемилюминесцентного анализа на «Хемилюминомере ХЛ-003» в течение 5 мин при температуре среды 25 °С, значениях рН молока от 6,55 до 6,75. Определяют светосумму и максимальную светимость хемилюминесценции при их значениях соответственно менее 3,5 у.е. и менее 0,85 у.е. Продукт оценивают как сохранивший качество и биологическую ценность.

Осуществление способа требует дорогостоящих приборов и реактивов, высокой квалификации персонала, однако в результате получают сведения не столько о биологической ценности продукта, сколько о степени его свежести. Как конкретно будет воздействовать на организм человека исследуемый образец, этим методом выявить невозможно.

Более точной оценкой ценности продуктов питания является их биотестирование и желательно на конкретном потребителе продукции – человеке. Однако большинство опытов длится ограниченный период времени, поэтому невозможно выявить отдаленные последствия того или иного продукта питания на организм человека. Поэтому биотестирование продуктов вынуждены проводить на различных живых объектах. Методики, предлагающие использовать дафний, водоросли, оценивают, скорее, степень токсичности продукта, а не его биологическую ценность. Более точным методом является метод, описанный в документе «Методические указания МУК 2.3.2.721-98 2.3.2. Пищевые продукты и пищевые добавки» [6]. Для определения безопасности и эффективности биологически активных добавок к пище. В данном методе в качестве тест-объекта используют лабораторных мышей. Однако организм этих грызунов намного пластичнее и выносливее человеческого, кроме того, результаты, полученные на грызунах, нельзя использовать применительно к человеку.

По мнению авторов, использование в качестве биологического объекта имаго комнатной мухи (*Musca domestica*) лишено многих вышеперечисленных недостатков [12]. В процессе эволюции имаго комнатной мухи приспособились к пище человека и предъявляют к ее качеству и

свежести почти те же требования. Биологическую ценность продукта определяют, сравнивая продолжительность жизни имаго, в рацион которых включен исследуемый молочный продукт, и имаго, из рациона которых исключены молочные продукты. Данные по влиянию свежести корма на длительность жизни и продуктивного периода имаго приведены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние кратности кормления на продолжительность продуктивного периода и жизни имаго комнатной мухи (*Musca domestica*), сут
Effect of feeding frequency on the duration of the productive period and life span of the imago of domestic fly (*Musca domestica*), days

Периодичность смены корма на свежий	Продуктивный период	Продолжительность жизни
Ежедневно	27,8±1,4	34,1±1,5
Один раз в двое суток	26,6±1,8	32,8±1,2
Один раз в трое суток	18,2±1,5	22,4±1,8

Существующее мнение, что имаго комнатной мухи способны жить на отбросах в мусорных баках, выгребных ямах и т.п., неверно. Указанные места идеально подходят для развития личинок комнатной мухи, поэтому имаго комнатной мухи откладывают в подобных местах яйца для продолжения существования своего вида. Контакт имаго с отходами неблагоприятно сказывается на продолжительности их жизни, поэтому для исключения попадания патогенных микроорганизмов в пищеварительный тракт вкусовые рецепторы у имаго расположены не в ротовой полости, а на конечностях [7, 8].

Имаго комнатной мухи, получающие свежий корм ежедневно, имеют более продолжительные продуктивный период и жизнь, чем имаго, у которых корм меняют один раз в трое суток. За трое суток нахождения корма в садке в нем размножаются гнилостные микроорганизмы. В пищеварительный тракт имаго, вынужденных питаться таким кормом, попадают гнилостные и другие патогенные микроорганизмы, токсины которых отравляют организм и сокращают продолжительность жизни мух [9].

Musca domestica как объект исследований удобна тем, что в настоящее время хорошо изучены и разработаны методы её лабораторного и промышленного содержания. Данные, полученные с использованием комнатной мухи, будут иметь большую достоверность, так как в садке объемом, рассчитанным на содержание, например, десятка крыс или мышей, можно содержать до 10 тыс. особей имаго мухи с меньшими затратами.

Определение биологической ценности молочных продуктов осуществляют следующим образом. В садки для содержания имаго комнатной мухи помещают по 100 шт. особей. Плотность размещения имаго – 10 см³ на 1 особь. Во всех садках имаго получают одинаковый полноценный рацион, не содержащий молочных продуктов. Затем во все садки, кроме контрольного, помещают емкости с исследуемыми молочными продуктами. В каждый садок помещают только один вид исследуемого молочного продукта. Один раз в сутки, для исключения закисания корма, весь корм, в том числе и исследуемый, заменяют на свежий. Кормление имаго продолжают до тех пор, пока не наступит их массовая гибель. Определяют продолжительность жизни имаго во всех садках. Молочный продукт, питаясь которым, имаго прожили дольше, будет иметь самую высокую биологическую ценность. Биологическую ценность молочного продукта в процентах определяют по следующей формуле:

$$X = \frac{PI \cdot 100}{PK},$$

где X – биологическая ценность продукта, выраженная в процентах;
 РИ – продолжительность жизни имаго в садке с исследуемым продуктом;
 РК – продолжительность жизни имаго в контрольном садке;
 100 – коэффициент для перевода значения в проценты.

В процессе промышленной переработки молока появляются побочные продукты – обезжиренное молоко и пахта, которые относятся к промежуточным сырьевым ресурсам отрасли. В соответствии с ГОСТ Р 52738-2007 Молоко и продукты переработки молока. Термины и определения и Техническим регламентом таможенного союза 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», обезжиренное молоко – это сырье для производства продуктов переработки молока с массовой долей молочного жира менее 0,5 %, полученное в результате отделения молочного жира от молока. Обезжиренное молоко характеризуется уникальным, сбалансированным природой, составом и свойствами, отличающимися от исходного молока сырого, обладает высокой питательной и биологической ценностью. В обезжиренное молоко и пахту переходит от 50 до 75 % сухих веществ молока, основными и наиболее ценными их компонентами являются белки, липиды (молочный жир) и углеводы (лактоза), минеральные соли, небелковые азотистые соединения, витамины, ферменты, гормоны, иммунные тела, органические кислоты, т.е. практически все составные части сухого остатка молока и вода [10, 11].

В табл. 2 показано влияние обезжиренного молока на продолжительность продуктивного периода и жизни имаго комнатной мухи.

Таблица 2

Влияние обезжиренного молока на продолжительность продуктивного периода и жизни имаго комнатной мухи (*Musca domestica*), сут
Effect of skimmed milk on the duration of the productive period and life of the imago of domestic fly (*Musca domestica*), days

Рацион	Продуктивный период	Продолжительность жизни
Основной рацион	14,2±1,2	16,8±1,4
Основной рацион + обезжиренное молоко (обрат)	21,5±1,2	27,1±1,3

Приведенные данные показывают, что введение в рацион обезжиренного молока продлевает продуктивный период самок в 1,5 раза ($P<0,01$), или на 51 %, продолжительность жизни – в 1,61 раза ($P<0,001$), или на 61 %. За счёт удлинения продуктивного периода возросла общая продуктивность самок. Увеличение продолжительности жизни имаго и их продуктивного периода, очевидно, можно объяснить положительным действием комплекса биологически активных веществ, содержащихся в обезжиренном молоке [12]. В отличие от большинства других организмов, *Musca domestica* является синантропным видом, имаго которого приспособились питаться пищей человека. Имаго комнатной мухи предъявляют к качеству и свежести пищи почти те же требования, что и человек.

Таблица 3

Влияние йогурта на продолжительность продуктивного периода и жизни имаго комнатной мухи (*Musca domestica*), сут
Effect of yogurt on the duration of the productive period and life span of the imago of domestic fly (*Musca domestica*), days

Рацион	Продуктивный период	Продолжительность жизни
Основной рацион	15,4±1,5	16,4±1,2
Основной рацион + йогурт	27,8±1,4	34,1±1,5

Данные табл. 3 показывают, что введение в рацион йогурта продлевает продуктивный период самок в 1,5 раза ($P<0,01$), или на 80,5 %, продолжительность жизни – в 2 раза ($P<0,001$), или на 107,9 %. Увеличение продолжительности жизни имаго и их продуктивного периода в

данном опыте можно объяснить не только положительным действием полезных веществ, содержащихся в йогурте, но и содержанием молочнокислых бактерий.

Результаты вышеизложенных экспериментальных данных подтверждают целесообразность дальнейших исследований по обоснованию использования биотестирования для оценки биологической ценности пищевых продуктов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курнакова О.Л. Разработка и оценка потребительских свойств обогащенных йогуртов с использованием растительных ингредиентов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Орел, 2015. – 23 с.
2. Семенова Н.А. Исследование технологических особенностей производства кисломолочных напитков с натуральным пчелиным медом: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Кемерово, 2008 – 17 с.
3. Полежаева Т.А. Технология комбинированных кисломолочных продуктов с наполнителями на основе краснопигментированных растений: автореф. дис. ... канд. техн. наук – СПб., 1999. – 21 с.
4. Горлов И.Ф., Воронин И.Е. Использование нетрадиционных видов растительного сырья в технологии мясопродуктов. – М., 2003.
5. Использование фитопрепарата эминиума регеля для производства пищевых продуктов профилактической направленности / К.С. Жарыкбасова, Б.А. Жетписбаев, А.Ш. Кыдырмолдина, Б.М. Силыбаева, С.Л. Гаптар // Инновации и продовольственная безопасность. – 2014. – № 4. – С. 25–30.
6. Методические указания по методам контроля. МУК 2.3.2.721-98 Определение безопасности и эффективности биологически активных добавок к пище. 2.3.2.721-98. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 1999.
7. Дербенева-Ухова В.П. Мухи и их эпидемиологическое значение. – М.: Медгиз, 1952. – 271 с.
8. Cetin H., Erler F., Yanikoglu A. Larvicidal activity of novaluron a chitin synthesis inhibitor against the housefly, *Musca domestica* // J. Insect. Science. –2006. – N 6. – P. 50. – DOI: 10.1673/031.006.5001
9. Acevedo G.R., Zapater M., Toloza A.C. Insecticide resistance of house fly, *Musca domestica* (L.) from Argentina // Parasitol. Res. – 2009. – Aug., Vol. 105 (2). – P. 489–493.
10. Технология продуктов из вторичного молочного сырья: учеб. пособие / А.Г. Храмцов [и др.]. – СПб.: ГИОРД, 2011. – 424 с.
11. Храмцов А.Г., Василюсис С.В. Промышленная переработка вторичного молочного сырья. – М.: ДеЛи принт, 2003. – 100 с.
12. Сороколетов О.Н., Бгатов А.В., Кунц Е.В. Способ оценки биологической ценности молочных продуктов: Патент РФ № 2512751 от 24.12.2012.

REFERENCES

1. Kurnakova O.L. *Razrabotka i ocenka potrebitel'skih svoystv obogashchennyh jogurtov s ispol'zovaniem rastitel'nyh ingredientov* (Development and evaluation of consumer properties of fortified yogurts using plant ingredients), Extended abstract of candidate's thesis, Orel, 2015, 23 p. (In Russ.)
2. Semenova N.A. *Issledovanie tekhnologicheskikh osobennostej proizvodstva kislomolochnykh napitkov s natural'nyy pchelinyy medom* (Research of technological features of the production of fermented milk drinks with natural bee honey), Extended abstract of candidate's thesis, Kemerovo, 2008, 17 p. (In Russ.)
3. Polezhaeva T.A. *Tekhnologiya kombinirovannykh kislomolochnykh produktov s napolnitelyami na osnove krasnopigmentirovannykh rasteniy* (Technology of combined fermented milk products with fillers based on red pigmented plants), Saint-Petersburg, 1999, 21 p. (In Russ.)
4. Gorlov I.F., Voronin I.E. *Ispol'zovanie netraditsionnykh vidov rastitel'nogo syr'ya v tekhnologii myasoproduktov* (The use of non-traditional types of vegetable raw materials in the technology of meat products), Moscow, 2003.
5. Zharykbasova K.S., Zhetpisbaev B.A., Kydyrmoldina A.Sh., Silybaeva B.M., Gaptar S.L., *Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*, 2014, No. 4, pp. 25–30. (In Russ.)

6. *Metodicheskie ukazaniya po metodam kontrolya. MUK 2.3.2.721-98 Opredelenie bezopasnosti i effektivnosti biologicheski aktivnyh dobavok k pishche. 2.3.2.721-98* (Methodological guidelines on control methods. MUC 2.3.2.721-98 Determination of the safety and effectiveness of biologically active food additives. 2.3.2.721-98), Moscow: Federal'nyj centr Gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 1999.
7. Derbeneva-Uhova V.P. *Muhi i ih epidemiologicheskoe znachenie* (Flies and their epidemiological significance), Moscow: Medgiz, 1952, 271 p.
8. Cetin H., Erler F., Yanikoglu A. Larvicidal activity of novaluron a chitin synthesis inhibitor against the housefly, *Musca domestica*, *J. Insect. Science*, 2006, No. 6, P. 50, DOI: 10.1673/031.006.5001
9. Acevedo G.R., Zapater M., Toloza A.C. Insecticide resistance of house fly, *Musca domestica* (L.) from Argentina, *Parasitol. Res*, 2009, Aug., vol. 105 (2), pp. 489–493.
10. Hramcov A.G. [i dr.], *Tekhnologiya produktov iz vtorichnogo molochnogo syr'ya* (Technology of products from secondary dairy raw materials), Saint-Petersburg: GIOR, 2011, 424 p.
11. Hramcov A.G., Vasilisin S.V. *Promyshlennaya pererabotka vtorichnogo molochnogo syr'ya* (Industrial processing of secondary dairy raw materials), Moscow: DeLi print, 2003, 100 p.
12. Sorokoletov O.N., Bgatov A.V., Kunc E.V. Sposob ocenki biologicheskoy cennosti molochnyh produktov (Method for assessing the biological value of dairy products), Patent RF No. 2512751, 2012, December 24.