

# Соотношение жира и белка в нормализованном молоке как одно из ограничений полезности цельномолочных продуктов

Д-р техн. наук, заслуженный работник пищевой индустрии РФ **З.С.ЗОБКОВА**,  
канд. техн. наук **Т.П.ФУРСОВА**,  
канд. техн. наук **Д.В.ЗЕНИНА**,  
**А.Д.ГАВРИЛИНА**,  
**И.Р.ШЕЛАГИНОВА**  
ВНИИ молочной промышленности  
**О.Н.ГОРЕЛИКОВА**  
Центральная научно-методическая ветеринарная лаборатория

Предыдущие статьи авторов в журналах «Молочная промышленность» № 8, 2015 г. и № 10, 2019 г. посвящены проблемам улучшения качества питания населения за счет сбалансированности нутриентов и комплексной оценки пищевых продуктов с нутрициологической точки зрения.

Одним из способов комплексной оценки эффективности технологических процессов и качества готовой пищевой продукции является экспресс-метод определения относительной биологической ценности (ОБЦ) с применением тест-организмов. Этот интегральный показатель адекватно отражает совокупность безвредности и биологической ценности продукта [1].

С учетом доступности и ряда других положительных эффектов для исследований в качестве тест-объекта выбрана инфузория *Tetrahymena pyriformis*, являющаяся и клеткой, и эукариотическим организмом, что позволяет оценивать пищевые эффекты и проводить соответствующие аналогии как на клеточном уровне, так и на уровне организма.

Преимущества ускоренных методов биологической оценки с использованием простейших тест-организмов заключаются в том, что они просты, имеют низкую стоимость, высоко чувствительны, позволяют оценивать качество различных субстратов, в том числе малопригодных для анализа с использованием высших животных (жидких, с низким содержанием белка и т.п.). Расчет экономической эффективности ускоренных методов

биологической оценки с использованием *Tetrahymena pyriformis* показывает, что они позволяют получать необходимую информацию в 5,5 раза дешевле и в 7 и более раз быстрее, чем при использовании высших животных (белых крыс).

На данном этапе установлен критерий оценки эффективности технологических процессов производства цельномолочных продуктов, выраженный показателем относительной биологической ценности (ОБЦ), и выбраны ограничения: соотношение жира и белка, температурные параметры обработки нормализованных смесей и виды молочнокислых микроорганизмов для изготовления кисломолочных продуктов.

Известно, что соотношение белков и жиров в составе продукта влияет на их усвояемость. При завышенном содержании жира замедляется переваривание белков пепсином и трипсином, изменяется ход обмена некоторых веществ, подавляется процесс ассимиляции витаминов. При снижении потребления жиров и углеводов в организме усиленно распадается белок, который расходуется на покрытие энергозатрат. Кроме того, ухудшается усвоение белка, накапливаются продукты его обмена, нарушается кислотно-щелочной баланс. Имеющиеся данные свидетельствуют о значительной роли соотношения белка и жира в формировании биологической ценности пищевых продуктов.

Цель исследования – определение характера и степени зависимости ОБЦ от соотношения жира и белка в нормализованных молочных смесях. Объект исследования – молоко нормализованное с массовой долей жира 0,05–8 %, белка – 2,8–3,6 %, гомогенизированное при температуре  $60 \pm 2$  °С и давлении  $17 \pm 2,5$  МПа, пастеризованное при  $92 \pm 2$  °С, охлажденное до температуры хранения  $4 \pm 2$  °С.

Массовую долю жира определяли по ГОСТ 5867–90, общего белка – по ГОСТ 23327–98, условия культивирования

*Tetrahymena pyriformis* – по ГОСТ 31674–2012 [2] и методическим рекомендациям [3]. ОБЦ рассчитывали как отношение числа инфузорий, выросших на исследуемом продукте, к числу инфузорий, выросших на контрольном продукте (обезжиренном молоке), выраженное в процентах [4]. Количество клеток инфузорий подсчитывали с помощью аналитического комплекса «БиоЛат-3».

Пробы молока разбавляли дистиллированной водой в различных соотношениях, вносили по 1 мл углеводно-солевой дрожжевой среды УСД (1,5 г глюкозы, 0,1 г дрожжевого экстракта, 0,1 г натрия хлористого, вода дистиллированная (рН 7,1) до 100 мл). Пробирки с подготовленными пробами закрывали пробками, помещали в штативе в кипящую водяную баню на 15–20 мин для инактивации микрофлоры. После охлаждения в каждую пробирку вносили 0,02 мл трехсуточной культуры *Tetrahymena*, выращенной на пептонной среде. Инфузории культивировали при 25 °С в течение 4 сут до наступления стационарной фазы роста. Спустя 96 ч в пробирки вносили по одной капле 5 %-ного спиртового раствора йода и тщательно встряхивали. Количество инфузорий подсчитывали 10 раз в 0,02 мл инокулята из каждой пробирки, разведенного в 2–4 раза водой. Количество живых клеток определяли с учетом разведения при подсчете. Каждый образец исследовали в трехкратной повторности.

Повторность опытов – четырехкратная. Для сопоставления результатов опытные и контрольные образцы выработывали из одной и той же партии молока. Полученные данные статистически обрабатывали с определением средней арифметической каждого вариационного ряда, стандартного отклонения, ошибки и установления степени вероятности получаемых результатов путем вычисления критерия Стьюдента. Доверительный уровень вероятности принимали равным 0,95 при относительной погрешности  $\pm 5$  %. Построение графиков и мате-

математическую обработку (регрессионный анализ) осуществляли при помощи прикладных сервисных программ (Microsoft Excel, DataFit, Statistica, Mathcad).

Пробы, содержащие одинаковое количество белка, существенно различались по содержанию жира. Для выявления влияния указанного фактора на рост тест-организмов апробированы различные разведения исследуемых образцов до 0,1; 0,3 и 0,6 мг азота/мл. В качестве наиболее показательного выбрано разведение до 0,3 мг азота/мл.

В таблице приведены данные о количестве тест-организмов в пробах с нормализованным молоком с различным соотношением жира и белка, разведенным до содержания белка в пересчете на азот 0,3 мг/мл, и показатели ОБЦ.

На рис. 1 приведена графическая зависимость среднего количества инфузорий, выросших в среде с нормализованным пастеризованным молоком, от соотношения в нем жира и белка.

Формализация полученных экспериментальных данных методом наименьших квадратов позволила получить эмпирическую математическую зависимость:

$$y = 239,65x^5 - 2927,5x^4 + 12059x^3 - 20942x^2 + 14284x + 4388,4,$$

где  $y$  – количество клеток инфузорий;  $x$  – соотношение массовой доли жира и белка в нормализованном молоке.

Коэффициент детерминации  $R^2 = 0,923$ ; стандартная ошибка уравнения регрессии – 354,3.

Проверка адекватности полученного уравнения регрессии результатам опытов с использованием F-критерия Фишера [5]:

$$F_{\text{факт}} = \frac{R^2(N-m-1)}{(1-R^2)m}$$

Так как  $F_{\text{факт}} = 9,6$ ,  $F_{\text{теор}}(0,05, 5, 4) = 5,2$  и  $F_{\text{факт}} > F_{\text{теор}}$ , уравнение адекватно описывает выявленную зависимость.

Таким образом, обнаружены взаимосвязь между количеством выросших

тест-организмов и соотношением жира и белка в культуральной среде, а также неслучайность их совместного изменения.

Исходя из полученных экспериментальных данных, рассчитана относительная биологическая ценность нормализованного молока. Зависимость ОБЦ молока от соотношения жира и белка соответственно имела аналогичный характер (рис. 2).

Уравнение регрессии, описывающее зависимость ОБЦ от соотношения жира и белка в молоке:

$$y = 5,18x^5 - 62,69x^4 + 256,76x^3 - 444,3x^2 + 302,46x + 93,14,$$

где  $y$  – ОБЦ, %;  $x$  – соотношение массовой доли жира и белка в нормализованном молоке.

Коэффициент детерминации  $R^2 = 0,925$ ; стандартная ошибка уравнения регрессии – 7,36.

Так как  $F_{\text{факт}} = 9,97$ ,  $F_{\text{теор}}(0,05, 5, 4) = 5,2$ ,  $F_{\text{факт}} > F_{\text{теор}}$ , уравнение адекватно.

Определен максимум функции. Функция достигает максимума, когда  $f'(x) = 0$ ,  $f'(x)$  при переходе через точку  $x_0$  меняет свой знак:

$$\frac{dy}{dx} = 25,9x^4 - 250,76x^3 + 770,28x^2 - 880,6x + 302,46 = 0 \text{ при } x_0 = 0,6.$$

Максимальное значение функции  $y_{\text{max}} = (162 \pm 7)$ .

С учетом ошибки вычислений оптимальное значение  $x_0 = 0,36-0,89$ .

Таким образом, с использованием экспресс-метода определены показатели относительной биологической ценности нормализованных молочных смесей и оптимальное соотношение массовой доли жира и белка в нормализованных смесях, предназначенных для производства цельномолочных продуктов. Соотношение жира и белка 0,36–0,89 способствует повышению относительной биологической ценности до  $162 \pm 7$  %. При массовой доле белка в молоке 3,2 %

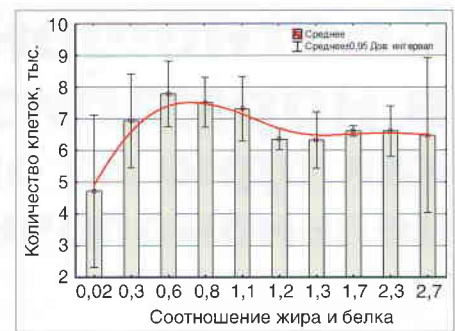


Рис. 1. Зависимость количества тест-организмов от соотношения жира и белка в нормализованном молоке

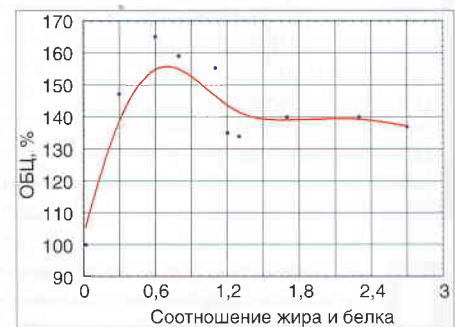


Рис. 2. Зависимость относительной биологической ценности нормализованного молока от соотношения жира и белка

с вероятностью 95 % максимальная относительная биологическая ценность будет наблюдаться при массовой доле жира 1,2–2,8 %.



#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долгов, В.А. Методические аспекты и практическое применение ускоренной биологической оценки кормов, продуктов животноводства и других объектов ветеринарно-санитарного и экологического контроля: дис. ... д-ра вет. наук: 16.00.06. – М., 1992. – 320 с.
2. ГОСТ 31674–2012 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения общей токсичности».
3. Грязнева, Т.Н. Методы лабораторной диагностики микотоксикозов. Токсикологическая оценка кормов на наличие микотоксинов с использованием простейших в качестве тест-объектов: методические рекомендации / Т.Н.Грязнева, Н.В.Шайкова. – М.: ФГОУ ВПО МГАВМиБ, 2009. – 31 с.
4. Методические рекомендации по определению биологической ценности сельскохозяйственных продуктов. – Киев: ВАСХНИЛ. Южное отделение, 1981.
5. Грачев, Ю.П. Математические методы планирования экспериментов: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Технология микробиологических производств» / Ю.П.Грачев. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 200 с.

Образец	Соотношение массовой доли жира и белка в молоке	Количество клеток (среднеарифметическое значение)	Стандартное отклонение, $\sigma$	t-критерий Стьюдента ( $t_{\text{табл}} = 3,2$ )	ОБЦ, %
1	0,02	4714	1509	6,2	100
2	0,3	6929	932	14,9	147
3	0,6	7784	656	23,7	165
4	0,8	7518	499	30,1	159
5	1,1	7312	640	22,9	155
6	1,2	6350	210	60,5	135
7	1,3	6318	557	22,6	134
8	1,7	6606	105	124,4	140
9	2,3	6604	505	26,1	140
10	2,7	6475	1538	8,4	137