

<https://doi.org/10.67290/2026.dw.31>

УДК 637.2.074

Екатерина Николаевна Пирогова,

Екатерина Сергеевна Данилова

ВНИИМС – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Углич

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЙОДНОГО ЧИСЛА В СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА И ФАЛЬСИФИКАЦИИ СЛИВОЧНОГО МАСЛА

В статье рассмотрено применение йодного числа как ключевого физико-химического показателя, характеризующего степень ненасыщенности молочного жира и его сезонные изменения. Показано, что данный параметр используется в системе аналитического контроля для выявления возможной фальсификации сливочного масла жирами немолочного происхождения, а также для технологической адаптации режимов обработки сливок и масляного зерна. Представлен обзор арбитражного метода по ГОСТ ISO 3961-2020, а также альтернативных подходов к определению йодного числа, включая расчётные методы на основе жирнокислотного состава и экспресс-оценку с использованием рефрактометрии. Проведено сопоставление методов по трудоёмкости, доступности и применимости в производственных условиях. Показано, что интеграция контроля йодного числа в технологический процесс позволяет оптимизировать режимы производства сливочного масла и повысить эффективность выявления фальсифицированной продукции.

Ключевые слова: йодное число, молочный жир, сливочное масло, фальсификация, ненасыщенные жирные кислоты, рефрактометрия, газовая хроматография, контроль качества, жирнокислотный состав, методы анализа

UDC 637.2.074

Ekaterina Nikolaevna Pirogova

Ekaterina Sergeevna Danilova

VNIIMS – Branch of Gorbатов Research Center for Food Systems, Uglich

METHODS FOR DETERMINING THE IODINE VALUE IN THE SYSTEM OF QUALITY CONTROL AND BUTTER ADULTERATION DETECTION

The article considers the use of iodine value as a key physicochemical indicator characterizing the degree of unsaturation of milk fat and its seasonal changes. It is shown that this parameter is used in an analytical control system to detect possible adulteration of butter with non-dairy fats, as well as for technological adaptation of the processing regimes for cream and butter grains. A review of the reference method according to GOST ISO 3961-2020 is presented, as well as alternative approaches to determining iodine value, including calculation methods

based on fatty acid composition and rapid assessment using refractometry. The methods are compared in terms of labor intensity, accessibility, and applicability under production conditions. It is shown that integrating iodine-value control into the technological process makes it possible to optimize butter production regimes and improve the effectiveness of detecting adulterated products.

Keywords: *iodine value, milk fat, butter, adulteration, unsaturated fatty acids, refractometry, gas chromatography, quality control, fatty acid composition, analytical methods*

Проблема контроля качества, натуральности и технологической пригодности молочного сырья является одной из ключевых в современной пищевой промышленности. Молочный жир представляет собой сложную многокомпонентную систему, свойства которой подвержены значительным сезонным колебаниям, зависящим от различных факторов [1-3]. Одним из важнейших физико-химических маркеров, отражающих эти изменения, выступает степень ненасыщенности жирных кислот, традиционно выражаемая через йодное число.

Йодное число – масса галогена в пересчете на йод, поглощенная пробой в условиях стандартизированной процедуры, деленная на массу пробы (ГОСТ ISO 3961-2020) – выражается количеством граммов йода, необходимым для насыщения ненасыщенных жирных кислот, содержащихся в 100 г жира.

По своей сути йодное число выступает прямым маркером общей ненасыщенности липидов, т.к. характеризует количество двойных связей в структуре соединений. Наблюдается прямая зависимость: чем больше йода способен присоединить образец, тем выше в нем концентрация ненасыщенных жирных кислот.

В системе аналитического контроля этот показатель служит прогностическим критерием стабильности качества масел и жиров в хранении. Однако его можно использовать и как первичный индикатор выявления фальсификации сливочного масла жирами немолочного происхождения. Существенные отклонения йодного числа от нормативных сезонных диапазонов, обусловленных особенностями жирнокислотного состава, указывают на возможное использование немолочных жиров в рецептуре готового продукта [4, 5].

Также с помощью контроля данного показателя существует возможность корректировать режимы созревания сливок и обработки масляного зерна при производстве масла методом сбивания.

Арбитражным методом определения йодного числа является *метод Вуйса по ГОСТ ISO 3961-2020*. Он основан на присоединении галогена (йода) к двойным связям ненасыщенных жирных кислот с последующим определением количества непрореагировавшего йода методом титрования. Однако, данный метод обладает рядом существенных недостатков: он трудоемок, требует значительных затрат времени и предполагает работу с высокотоксичными и экологически опасными растворителями [6].

Там же (в приложении В) приведен метод *расчета йодного числа по данным жирно-кислотного состава*, основанный на AOCs Official method Cd 1c-85. Опреде-

ление данных кислот выполнено по жирнокислотному составу жировой фазы сливок методом газовой хроматографии по ГОСТ 32915 - 2014.

Расчетное йодное число вычисляют путем умножения процентного содержания каждой ненасыщенной жирной кислоты на ее коэффициент (Таблица 1) и сложением результатов:

$$\text{ЙЧ} = X_1 \cdot 1,056 + X_2 \cdot 0,946 + X_3 \cdot 0,856 + X_4 \cdot 1,725 + X_5 \cdot 2,605,$$

где $X_1 \div X_5$ - массовые доли метиловых эфиров жирных кислот: миристолеиновой, пальмитолеиновой, олеиновой, линолевой и линоленовой соответственно, %.

Таблица 1

**Коэффициенты пересчёта ненасыщенных жирных кислот
при расчёте йодного числа**

Жирная кислота	Коэффициент пересчета
Миристолеиновая C _{14:1}	1,056
Пальмитолеиновая C _{16:1}	0,946
Олеиновая C _{18:1}	0,856
Линолевая C _{18:2}	1,725
Линоленовая C _{18:3}	2,605

Расчетный метод не заменяет стандартного определения йодного числа. Его можно использовать для проверки йодного числа, определенного химическими методами, и как возможность получения двух результатов из одного анализа.

Хотя газовая хроматография признана эталонным методом благодаря своей исключительной точности в анализе жирнокислотного состава и возможности математического расчета йодного числа, на практике ее внедрение сталкивается с рядом ограничений. Далеко не каждое молочное предприятие располагает дорогостоящим хроматографическим оборудованием и штатом узкоспециализированных аналитиков. Кроме того, газохроматографический анализ требует сложной и длительной пробоподготовки, а высокая стоимость каждого исследования делает его нерациональным для ежедневного оперативного контроля [7].

В современной лабораторной практике активно применяются косвенные инструментальные и расчетные методы. Одним из наиболее доступных экспресс-методов является *рефрактометрия*. В научной литературе давно доказана прямая корреляционная зависимость между показателем преломления жира и его йодным числом [8, 9]. Тем не менее, в условиях современного рынка, где остро стоит проблема фальсификации молочной продукции растительными маслами, рефрактометрия чаще используется как метод первичного скрининга.

В данном контексте йодное число рассчитывается по установленному числу рефракции или показателю преломления. Показатель преломления молочного жира определяют на универсальном рефрактометре, а числа рефракции — на масляном

рефрактометре с применением контролируемого термостатирования с точностью до $\pm 0,1$ °С. Измерение проводят при температуре 40 °С. Такой подход дает возможность оперативно корректировать технологические параметры, обеспечивая стабильность производства без необходимости ожидания дорогостоящих результатов хроматографии. Йодное число характеризует содержание ненасыщенных соединений в жире и выражается в граммах йода, связавшихся с 100 г. жира по месту двойных связей в результате взаимодействия бромистого йода, растворенного в хлороформе или четыреххлористом углероде с жиром.

Показатель преломления определяют по ГОСТ ISO 6320-2012 «Жиры и масла животные растительные. Метод определения показателя преломления».

Для проведения измерений необходимо выделение жировой фазы из сливок.

В стакан вместимостью 250 см³ взвешивают около 150 г сливок. Пробу замораживают в течение 3–4 ч. Допускается для полного разделения фаз перед расплавлением выдерживать пробу продукта при минусовой температуре в течение 24 ч.

Далее стакан помещают в водяную баню или сушильный шкаф при температуре (50 ± 5) °С и выдерживают до полного расплавления и разделения пробы на жир и плазму. Стакан вынимают из водяной бани (сушильного шкафа) и осторожно сливают верхний слой жира, фильтруя его через бумажный фильтр в коническую колбу вместимостью 100 см³. При неудовлетворительном разделения фаз допускается проводить центрифугирование.

Определение показателя йодного числа не стандартизировано, поэтому для его расчета используют формулу:

$$\text{ЙЧ} = 3,81 \cdot \text{ЧР} - 128,85 \quad \text{или} \quad \text{ЙЧ} = 5684,5 \cdot (\eta - 1,44835),$$

где ЙЧ – йодное число;
ЧР – число рефракции;
 η – показатель преломления.

Натуральный молочный жир, жирнокислотный состав которого более чем на половину состоит из насыщенных жирных кислот, имеет показатель преломления при 40 °С в диапазоне 1,452–1,457 (что соответствует числу рефракции от 39 до 47). Отклонение показателей рефракции от установленных границ является основанием для проведения углубленных исследований на наличие фальсификации. В связи с этим использование рефрактометрии остается наиболее востребованным и доступным решением для производственных лабораторий. Этот метод позволяет быстро и с минимальными затратами оценить качество сырья прямо в процессе переработки.

Также йодное число позволяет адаптировать процессы физического созревания сливок и механической обработки масляного зерна при производстве сливочного масла методом сбивания.

Интенсивность механической обработки пласта масла находится в прямой функциональной зависимости от химического состава жировой фазы (Таблица 2).

Таблица 2

**Режимы обработки сливочного масла
в зависимости от сезона и значения йодного числа**

Период года	Значение йодного числа	Температура обработки
Весенне-летний	выше 39	11 °С – 14 °С
Осенне-зимний	ниже 39	12 °С – 15 °С

В период преобладания низкоплавких фракций в весенне-летний сезон, когда йодное число превышает 39, интенсивность механического воздействия подлежит снижению, а временной интервал обработки в маслоизготовителях периодического действия ограничивается 15–25 минутами. В осенне-зимний сезон при преобладании высокоплавких фракций и снижении йодного числа менее 39 для достижения требуемой пластичности и обеспечения гомогенного распределения влаги в монолите интенсивность воздействия увеличивают, пролонгируя длительность обработки до 25–50 минут. Температура продукта на выходе из маслоизготовителя также зависит от йодного числа и важна для формирования структуры и консистенции масла при последующем фасовании [10].

При переходе к фасованию продукта в потребительскую упаковку установленные температурные параметры подлежат обязательной коррекции в сторону снижения на 1,0–1,5 °С для предотвращения дестабилизации структуры и обеспечения стабильного функционирования фасовочного оборудования.

В Сборнике технологических инструкций по производству сливочного масла методом сбивания сливок ТИ ГОСТ 32261-002. Часть 2. (в редакции 2019 г.), разработанном во ВНИИМС, режимы созревания сливок адаптированы к сезонам года с учетом показателя йодного числа.

Таким образом, интеграция показателя йодного числа в систему производственного контроля позволит не только эффективно выявлять случаи фальсификации жировой фазы, но и трансформировать подход к управлению технологией. Это обеспечивает стабильность качественных показателей сливочного масла и минимизирует влияние сезонного фактора на производственный цикл.

В таблице 3 представлен сравнительный анализ основных методов определения йодного числа, применяемых в молочной промышленности. Методы сопоставлены по принципу действия, точности, трудоёмкости, продолжительности анализа, стоимости и возможности использования в условиях производственного контроля. Это позволяет оценить их практическую применимость для оперативного контроля качества и выявления фальсификации молочного жира.

Сравнительный анализ методов определения йодного числа показывает, что арбитражный метод *Вуйса по ГОСТ ISO 3961-2020* обеспечивает высокую точность результатов, однако характеризуется значительной трудоёмкостью, продолжительностью анализа и необходимостью использования токсичных реактивов.

Таблица 3

**Сравнительная характеристика методов определения
йодного числа молочного жира**

Показатель	Метод Вийса (ГОСТ ISO 3961-2020)	Газовая хроматография	Расчётный метод по жирнокислотному со- ставу	Рефрактометрия
Принцип метода	Титрование после при- соединения йода к двойным связям	Анализ жирнокислотного состава	Расчёт по содержанию ненасыщенных жирных кислот	Расчёт по показателю преломления
Точность	Высокая	Очень высокая	Высокая	Средняя
Время анализа	1–1,5 ч	2–4 ч	10–20 мин после ГХ	5–15 мин
Трудоёмкость	Высокая	Высокая	Средняя	Низкая
Стоимость ана- лиза	Средняя	Высокая	Средняя	Низкая
Преимущества	Стандартизованный ар- битражный метод	Максимальная точ- ность и информа- тивность	Возможность получения двух результатов из одного анализа	Быстрота и доступность
Недостатки	Токсичные реактивы и длительность анализа	Дорогостоящее оборудование и сложная пробопод- готовка	Не является самостоятельным методом	Косвенный метод и меньшая точность

Газовая хроматография обладает наибольшей информативностью, поскольку позволяет одновременно определять жирнокислотный состав и рассчитывать йодное число, а также эффективно выявлять признаки фальсификации. Вместе с тем данный метод требует дорогостоящего оборудования, сложной пробоподготовки и высокой квалификации персонала.

Расчётный метод на основе жирнокислотного состава является удобным дополнением к хроматографическому анализу и позволяет получать дополнительные данные без проведения отдельного определения йодного числа. Однако он не может рассматриваться как самостоятельный стандартизованный метод анализа.

Наиболее доступным и оперативным методом производственного контроля является *рефрактометрия*. Несмотря на меньшую точность и косвенный характер оценки, метод отличается низкой стоимостью, минимальными временными затратами и удобством применения в условиях производственных лабораторий. Это делает его эффективным инструментом первичного скрининга и оперативного контроля качества молочного жира.

Список использованной литературы:

1. **О’Брайен, Р.** Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение. – СПб.: Профессия, 2007. – 752 с.
2. **Топникова, Е.В.** Основные факторы, обеспечивающие качество и хранимоспособность сливочного масла из коровьего молока / Е.В. Топникова, Г.Ю. Заболотин, Е.Н. Пирогова // Технический оппонент. 2025. № 4 (20). С. 6–13.
3. **Заболотин, Г.Ю.** Исследования по влиянию рационов кормления крупного рогатого скота на изменение жирно-кислотного состава молочного жира / Г.Ю. Заболотин, С.Е. Мирошина // Перспектив-

ные исследования и новые подходы к производству и переработке сельскохозяйственного сырья и продуктов питания: XIII Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов организаций в сфере сельскохозяйственных наук. – Углич, 2019.

4. **Арутюнян, Н.С.; Корнена, Е.П.; Мартовщук, Е.В.; Мосян, А.К.** Химия жиров. Лабораторный практикум. – 2-е изд. – М.: ГИОРД, 2004. – 496 с.

5. **Тютюнников, Б.Н.; Бухштаб, З.И.** Химия жиров. – М.: Колос, 1992. – 448 с.

6. **Хабибов, А.М.** Российский реактив Вийса для определения йодного числа жиров в лабораториях пищевых производств / А.М. Хабибов // Контроль качества продукции. 2021. № 3. С. 53–54.

7. **Афанасьева, А.А.**, Применение ГХ-методов для выявления фальсификации в продуктах маслоделия / А.А. Афанасьева, Е.С. Данилова, Е.Н. Пирогова, Т.А. Павлова // Сыроделие и маслоделие. 2025. № 3. С. 62-69. <https://doi.org/10.21603/2073-4018-2025-3-31>

8. **Вышемирский, Ф.А.** Энциклопедия маслоделия. – Углич, 2015. – 509 с.

9. **Беззубов, Л.П.** Химия жиров. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 385 с.

10. **Вышемирский, Ф.А.** Физическая структура и консистенция сливочного масла / Ф.А. Вышемирский // Сыроделие и маслоделие. 2013. № 3. С. 53–56.