

Методы определения кислотного числа жира зерна и продуктов его переработки

Артем Валерьевич Яицких

Кандидат технических наук
Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова
Москва, Россия
microbiolab@mail.ru
ORCID 0000-0003-1302-0951

Людмила Витальевна Ванина

Кандидат химических наук ВНИИ зерна и продуктов его переработки
Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова
Москва, Россия
l.vanina@fncps.ru
ORCID 0000-0002-9498-4885

Антонина Сергеевна Цыгаркина

Инженер-исследователь ВНИИ зерна и продуктов его переработки
Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова
Москва, Россия
chygarkina@fncps.ru
ORCID 0009-0006-2298-708X

Поступила в редакцию 01.11.2023

Принята 20.12.2023

Опубликована 15.02.2024

УДК 664.3.033.6

EDN GXZOHM

BAK 4.3.5. Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ (технические науки)

OECD 02.11.JY FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY

Аннотация

В данной статье представлен обзор основных методов определения кислотного числа жира в зерне и продуктах его переработки, которые применяются в нашей стране – от известных общепринятых до новейших. Проведен их анализ и систематизация, выделены главные преимущества и недостатки, основанные на экономической рентабельности, простоте использования и объективности получаемых результатов. В статье рассматриваются различные методы определения кислотного числа жира, содержащегося в зерне и продуктах его переработки. Кислотное число является важным показателем качества жиров, так как отражает степень их окисления и, соответственно, свежесть и пригодность к употреблению. Авторы подробно анализируют классические и современные подходы к измерению этого параметра, включая титриметрические, спектрофотометрические и хроматографические методы. Особое внимание уделяется сравнению точности, чувствительности и удобства применения различных методик. В статье подчеркивается, что выбор метода определения кислотного числа зависит от специфики образца, требуемой точности измерений и доступного оборудования. Авторы также обсуждают влияние условий хранения зерна и продуктов его переработки на изменение кислотного числа, подчеркивая важность этого параметра для оценки качества пищевых продуктов. В заключение статьи представлены рекомендации по оптимальному выбору методов анализа для различных типов продукции. Также описываются перспективные направления развития методик определения кислотного числа, в том числе с использованием автоматизированных и высокопроизводительных технологий.

Исследование предоставляет ценные сведения для специалистов в области агрохимии и пищевой промышленности, стремящихся повысить качество и безопасность своей продукции.

Ключевые слова

кислотное число жира, зернопродукты, хранение, жирные кислоты, ферменты, методы определения.

Введение

Зерно – важный стратегический ресурс, а продукты, получаемые из него, обеспечивают примерно половину общей калорийности питания и входят в ежедневный рацион потребления человека, покрывая до 40 % дневной потребности в пище (Карайчев, 2017; Сафронова, 2017). Наравне с выращиванием, уборкой и переработкой зерна, хранение зерновых продуктов – один из главных технологических процессов во всем цикле его производства. Важнейшими факторами, влияющими на сохранность зерна и его технологические характеристики, являются: влажность зерна, относительная влажность воздуха, температура зерновой массы и окружающей среды, доступ воздуха к зерновой массе, микробиологическая обсемененность, зараженность вредителями хлебных запасов, продолжительность хранения и др. (Малеева, 2012). Следует отметить, что при надлежащих условиях срок хранения зерна во много раз больше, чем продуктов его переработки и может достигать более 20 лет (Казаков, 1952).

При хранении зерна и зернопродуктов происходят различные физиологические и биохимические изменения, которые затрагивают, в том числе и липидную часть зерна, что приводит к изменению его состава (Волобуева, 2016). О происходящих при этом процессах свидетельствуют изменения, главным образом, йодного числа, кислотного числа и числа омыления. Высокий показатель йодного числа демонстрирует скорость и простоту окисления жира. Число омыления характеризует число свободных и связанных жирных кислот в жире. Гидролиз жиров и последующее прогоркание непосредственно повышает *кислотное число* (Макаеева, 2005; Нефедьева, 2020). Сложность процессов, протекающих в зерновой массе при ее хранении, ставит перед исследователями актуальную проблему – анализ и контроль изменений качества и пищевой ценности зерна в процессе его хранения по кислотному числу жира (КЧЖ). В данной работе представлен обзор существующих методов определения, указанного выше показателя, дана их краткая характеристика, а также указаны их достоинства и недостатки, основанные на экономической рентабельности, простоте использования и объективности получаемых результатов.

Материалы и методы исследования

Настоящий обзор построен на основе результатов исследований, опубликованных в 36 литературных источниках как отечественных, так и зарубежных авторов различных годов изданий. Научная литература по изучаемой тематике подбиралась в соответствии с авторитетностью авторов и изданий, годами публикаций, схожестью рассматриваемой проблематики исследований.

С целью систематизации обширного материала были выбраны следующие основные направления:

- кислотное число жира – показатель процессов, протекающих в липидном комплексе зерна и зернопродуктов;
- обзор методов его определения;
- выводы по проделанной работе.

Результаты и обсуждение

Прогоркание жиров и жиросодержащих продуктов – результат сложных химических и биохимических процессов, протекающих в липидном комплексе зерна и зернопродуктов. В зависимости от характера основного процесса, протекающего при этом, различают гидролитическое и окислительное прогоркание, каждое из которых разделяется дополнительно на автокаталитическое

(неферментативное) и биохимическое (ферментативное) соответственно (Бердина, 2014; Викторова, 2018; Волобуева, 2016; Макаеева, 2005; Xiuzhu, 2012).

При гидролитическом прогоркании происходит гидролиз жира с образованием глицерина и свободных жирных кислот (Волобуева, 2016). В результате неферментативного окисления кислород присоединяется к ненасыщенным жирным кислотам по месту двойной связи с образованием циклической перекиси, которая распадается с образованием альдегидов, придающих жиру неприятный запах и вкус. Так же в основе неферментативного окислительного прогоркания лежат цепные радикальные процессы, в которых участвуют кислород и ненасыщенные жирные кислоты (Harwood, 2005; Mittal, 2020; Xiuzhu, 2012). Под влиянием образующихся перекисей и гидроперекисей происходит дальнейший распад жирных кислот, затем образуются альдегиды, кетоны и другие неприятные на вкус и запах вещества, вследствие чего жир прогоркает (Макаеева, 2005).

Наиболее распространенным видом порчи жиров в процессе хранения является окислительное прогоркание (Волобуева, 2016). В первую очередь окислению подвергаются свободные, а не связанные в триацилглицеролах, ненасыщенные жирные кислоты (Макаеева, 2005). Процесс окисления может происходить неферментативным и ферментативным путями (Mittal, 2020).

При ферментативном окислении этот процесс катализируется ферментом липоксигеназой с образованием перекисей и гидроперекисей (Макаеева, 2005; Harwood, 2005). Специфичность липоксигеназы состоит в том, что действию этого фермента подвергаются лишь те полиненасыщенные жирные кислоты, которые содержат цис-цис-1,4-пентадиеновую группу, то есть линолевая, линоленовая и арахидоновая (Волобуева, 2016). Следует отметить, что жирные кислоты с цис-транс или транс-транс-конфигурацией двойных связей ферментом не окисляются (Волобуева, 2016; Макаеева, 2005; Xiuzhu, 2012).

Липоксигеназа широко распространена именно в растительном жире. Она найдена в пшенице и других злаках, в семенах масличных и бобовых растений, особенно велико ее содержание в соевой муке. В результате действия этого фермента происходит прогоркание зернопродуктов. Образующиеся под ее воздействием гидроперекиси жирных кислот могут далее окислять ненасыщенные жирные кислоты, каротин, витамин А, аминокислоты и аскорбиновую кислоту (Mittal, 2020). Таким образом, снижается ценность продукта и изменяется цвет. В этом проявляется ее отрицательное действие (Макаеева, 2005).

Активность данного фермента необходимо учитывать в некоторых технологических процессах, так как она может влиять на потребительские свойства готового продукта (Волобуева, 2016). Например, при производстве макарон требуется специальная макаронная мука, вырабатываемая из сортов твердой пшеницы с низкой активностью липоксигеназы, в ином случае получаются бледные макароны вследствие окисления ферментом пигментов муки (каротиноидов, флавоноидов) (Макаеева, 2005; Murphy, 2000). Поэтому при переработке сырья и выработке из него продуктов важны ингибиторы липоксигеназы, которые взаимодействуют с образующимися свободными радикалами. Они прекращают процесс окисления, обрывая цепь превращений радикалов. Таким ингибитором является используемый в качестве антиоксиданта токоферол – витамин Е (Wen, 2013). Но липоксигеназа может играть и положительную роль. При слабом ее действии небольшие количества гидроперекисей жирных кислот «укрепляют» клейковину, ускоряют процесс «созревания» пшеничной муки, улучшает ее хлебопекарные достоинства (Волобуева, 2016; Макаеева, 2005; Christie, 1996; Wen, 2013).

В семенах растений также содержится фермент триацилглицероллипаза (ТАГ-липаза), она особенно активна в семенах клещевины и сои. Участие этого фермента в гидролизе жира зерна и продуктов его переработки приводит к снижению их потребительских свойств и способности к длительному хранению (Волобуева, 2016; Wen, 2013).

За общепринятый показатель количества свободных жирных кислот принимают кислотное число жира (КЧЖ). Оно выражается в миллиграммах гидроксида калия (КОН), необходимого для нейтрализации свободных жирных кислот, находящихся в 1 г жира (ГОСТ 31700-2012 -5, 2013; ГОСТ 31933-2012, 2014; ГОСТ 33441-2015, 2016; ГОСТ Р 50457-92, 2006; ГОСТ Р 51413-99, 2006; Лопачев,

2011). Чем выше кислотное число жира, тем больше свободных жирных кислот и тем быстрее идет процесс окисления и прогоркания.

Нами рассмотрены основные применяемые на практике методы определения кислотного числа жира, и дана их краткая характеристика:

Одним из самых распространенных является титриметрический метод определения. Он основан на измерении количества щелочи, требуемой для нейтрализации свободных жирных кислот, находящихся в исследуемом образце. Обычно используется 0,1 нормальный раствор щелочи (KOH) и индикатор фенолфталеин (ГОСТ 31700-2012 -5, 2013; ГОСТ 31933-2012, 2014; ГОСТ 33441-2015, 2016; ГОСТ Р 50457-92, 2006; ГОСТ Р 51413-99, 2006).

Преимущества титриметрического метода определения КЧЖ (Приезжева, 2010; Puppala, 2016):

1. Высокая точность: титриметрический метод обладает высокой точностью результатов, особенно при использовании автоматизированных систем титрования;
2. Универсальность: этот метод может быть применен для определения кислотного числа различных видов жиров и масел;
3. Доступность: оборудование и реагенты, используемые в титриметрическом методе, широко доступны и часто применяются в лабораториях и производственных предприятиях;
4. Простота процедуры: метод технически прост в использовании и не требует длительного обучения специалистов.

Недостатки титриметрического метода определения КЧЖ (Приезжева, 2010; Puppala, 2016, Tubino, 2013):

1. Время и затраты: в зависимости от объекта исследования может потребоваться дополнительная пробоподготовка (экстракция, осаждение примесей) с использованием дополнительных реактивов и оборудования;
2. Необходимость специализированного оборудования: для осуществления титриметрии требуется наличие точных измерительных приборов, бюреток или автоматических титраторов;
3. Влияние примесей: наличие примесей или других веществ в образце жира может приводить к неверным результатам или усложнять процесс анализа.

В свою очередь колориметрический метод основан на реакции образования окрашенных продуктов при взаимодействии свободных жирных кислот с соответствующими индикаторами, отличающимися в зависимости от конкретной методики (наиболее часто используемый бромфенол синий). Переход окраски позволяет оценить изменение кислотного числа жира визуально или с помощью прибора (фотоэлектроколориметра или спектрофотометра) (Mariotti, 2001).

Преимущества колориметрического метода определения КЧЖ (Mariotti, 2001; Puppala, 2016):

1. Быстрота: колориметрический метод обычно требует меньше времени для получения результатов, чем титриметрический метод;
2. Простота процедуры: данный метод достаточно прост в выполнении и не требует использования сложного оборудования;
3. Невысокие затраты: реактивы и индикаторы для колориметрического определения достаточно распространены и недорогостоящие;
4. Универсальность: колориметрический метод может использоваться для определения кислотного числа различных видов жиров и масел.

Недостатки колориметрического метода определения КЧЖ (Mariotti, 2001; Puppala, 2016; Tubino, 2013):

1. Ограниченная точность: в некоторых случаях колориметрический метод может быть менее точным по сравнению с титриметрическим методом, особенно при низком содержания свободных жирных кислот;
2. Влияние внешних факторов: результаты колориметрического анализа могут подвергаться влиянию других факторов, таких как цветовые примеси или окисленные соединения, что может привести к неточным результатам;

3. Необходимость калибровки: для достижения точных результатов необходимо проводить калибровку анализатора и использовать стандартные образцы;

4. Зависимость от визуальной оценки: интерпретация цветовых изменений может требовать определенного уровня визуальной оценки, что может быть субъективным и вариативным.

Посредством электрохимического метода измеряют изменение электропроводности раствора жира после добавления к нему щелочного раствора. Чем больше содержание свободных жирных кислот, тем ниже электропроводность (Выскубова, 2000). Один из примеров – метод определения свободных жирных кислот на основе вольтамперометрического восстановления хинона (Takamura, 1990).

Преимущества электрохимического метода определения КЧЖ (Shu-Guo, 2007; Takamura, 1990; Xiuzhu, 2012):

1. Высокая точность: метод обычно обладает высокой точностью и чувствительностью при определении показателя КЧЖ;

2. Автоматизация: электрохимические анализаторы могут быть автоматизированы, что позволяет выполнять анализ быстро и с минимальным вмешательством оператора;

3. Быстрота результатов: обычно позволяет получить результаты анализа за короткое время, что может быть полезно при выполнении большого объема работы;

4. Универсальность: электрохимический метод может быть применен для определения кислотного числа жира в различных видах жиров и масел.

Недостатки электрохимического метода определения КЧЖ (Лопачев, 2011; Shu-Guo, 2007; Xiuzhu, 2012):

1. Зависимость от состояния электродов: состояние электродов, используемых в электрохимическом методе, может влиять на точность результатов, необходимо стандартизировать их с помощью буферных растворов;

2. Влияние побочных веществ: наличие других веществ в образце, таких как примеси или кислотные соединения, может вызвать интерференцию и привести к неточным результатам;

3. Ограничения при определении низких значений: метод может иметь значительные погрешности при определении очень низких значений кислотного числа жира, в связи с ограниченной чувствительностью и точностью;

4. Необходимость калибровки: для достижения точных результатов требуется проводить калибровку анализатора и использовать стандартные образцы.

Потенциометрический метод основан на определении изменения электродного потенциала при нейтрализации свободных жирных кислот. При добавлении щелочи потенциал меняется, по полученной разнице потенциалов определяют кислотное число жира (Богатко, 2014; Puppala, 2016; Revised method for determination of acid value in oils and fats, 2018). Преимущества потенциометрического метода определения КЧЖ (Рувинский, 2000; Revised method for determination of acid value in oils and fats, 2018; Tubino, 2013):

1. Высокая точность: метод обладает высокой точностью и чувствительностью, что позволяет получать точные и наглядные результаты анализа;

2. Быстрота и удобство: процесс анализа прост и быстр, особенно при использовании автоматизированных потенциометров, что позволяет существенно сэкономить время;

3. Универсальность: метод может быть применен для определения кислотного числа жира во множестве различных продуктов.

Недостатки потенциометрического метода определения КЧЖ (Волобуева, 2016; Tubino, 2013):

1. Влияние ионов других кислот: при наличии ионов других кислот в образце может возникнуть интерференция и искажение результатов анализа;

2. Ограничение диапазона pH: потенциометрический метод может быть ограничен определенным диапазоном pH, что может требовать предварительной пробоподготовки;

3. Время и затраты: в зависимости от объекта исследования может потребоваться дополнительная пробоподготовка (экстракция, осаждение примесей) с использованием дополнительных реактивов и оборудования;

4. Подготовка и обслуживание электродов: электроды, используемые в потенциометрическом методе, требуют регулярной проверки, обслуживания и калибровки для сохранения точности результатов.

Метод инфракрасной спектроскопии основан на измерении спектральных характеристик взаимодействия молекул с инфракрасным излучением, которое поглощается в результате колебательных и вращательных движений химических связей в исследуемом образце (Смирнова, 2012).

Инфракрасная спектроскопия является точным современным инструментом для определения кислотного числа жира и имеет ряд преимуществ и недостатков (Лопачев, 2011; Смирнова, 2012; Mariotti, 2001):

Преимущества метода ИК-спектроскопии определения КЧЖ:

1. Быстрота и удобство: ИК-спектроскопия позволяет проводить анализ образцов без необходимости сложной пробоподготовки; является «щадящим» методом, что позволяет сохранить образец для дальнейших исследований;

2. Высокая информативность: ИК-спектроскопия предоставляет детальную информацию о химической структуре образца и может использоваться для определения различных характеристик строения, таких как наличие функциональных групп, связей в молекулах.

Недостатки потенциометрического метода определения КЧЖ:

1. Высокие требования к чистоте анализируемого образца: в случае наличия сильных абсорбционных процессов или примесей в образце может потребоваться дополнительные действия для разделения компонентов и точного определения кислотного числа;

2. Требования к оборудованию и калибровка: для проведения ИК-спектроскопического анализа требуется специализированное оборудование и его калибровка с использованием стандартных образцов для получения точных результатов;

3. Ограничения чувствительности: метод может быть ограничен в чувствительности при определении низких концентраций и малых значений;

4. Сложность интерпретации: интерпретация спектров ИК-излучения может быть сложной, особенно для неопытных пользователей, и требует экспертных знаний и специализированного программного обеспечения для обработки данных.

Метод ядерного магнитного резонанса – ЯМР-спектроскопия – изучает поведение ядер атомов в магнитном поле и их взаимодействие с радиочастотными импульсами. Метод может предоставить информацию о структуре и химическом составе молекулы, включая и жирные кислоты (Викторова, 2018).

Для определения кислотного числа жира с использованием ЯМР-спектроскопии сначала получают спектр ЯМР жира, а затем проводят интеграцию пиков, соответствующих протонам жирных кислот. Кислотное число жира может быть вычислено, используя соотношение между интегралами пиков карбонов молекул жирных кислот, образующихся в процессе гидролиза жира. Коэффициент, используемый для определения кислотного числа, зависит от конкретного метода и образца (Викторова, 2018; Прудников, 2015). Метод ЯМР является очень точным, позволяет одновременно определять не только кислотное число жира, но и другие параметры, такие как строение жирных кислот и их относительные концентрации. Однако его использование требует специализированного оборудования, высокой квалификации и может быть гораздо более затратным по сравнению с другими методами определения рассматриваемого показателя (Лопачев, 2011; Прудников, 2015).

Преимущества метода ЯМР-спектроскопии определения КЧЖ (Прудников, 2015; Satyarthi, 2009):

1. Высокая точность и разрешение: метод обеспечивает высокую точность при определении состава жира и его кислотного числа, также позволяет различать даже малые изменения в составе и структуре образца;

2. Информативность: ЯМР-спектры содержат обширную информацию о составе образца и взаимодействии его молекулярных компонентов, что позволяет исследовать не только показатель кислотного числа жира, но и другие характеристики, такие как состав жирных кислот;

3. Безопасность: ЯМР-спектроскопия не использует радиоактивные или токсичные вещества, что делает ее безопасной для оператора и окружающей среды.

4. Недостатки метода ЯМР при определении КЧЖ (Волобуева, 2016; Puppala, 2016; Satyarthi, 2009):

5. Стоимость и доступность оборудования: аппаратура для проведения ЯМР-спектроскопии является дорогостоящей, что ограничивает его широкое применение в лабораториях и исследовательских учреждениях;

6. Сложность интерпретации: интерпретация ЯМР-спектров требует специализированных знаний и опыта; сложность анализа может возникнуть при наличии сложных смесей или перекрытии спектральных пиков;

7. Время анализа: ЯМР-спектроскопия требует длительного времени анализа, особенно при работе с большим количеством образцов.

Заключение

Учитывая тот факт, что для установления срока годности зернопродуктов производителю рекомендуется контролировать показатель КЧЖ, который достоверно отражает снижение органолептических показателей зернопродуктов, определяющих сроки безопасного хранения и годности, то и способы контроля данного показателя являются важным аспектом этой задачи.

Каждый из рассмотренных способов определения КЧЖ имеет свои преимущества и недостатки, а выбор конкретного метода зависит от заданных требований и условий проведения анализа, а также оснащенности лаборатории. Представленная информация может быть полезна читателю при выборе определенного метода для проведения анализа в конкретных условиях работы или для ознакомления с таким показателем, как кислотное число жира и методами его детерминации.

В дальнейшем, дополнительные исследования и разработки будут способствовать совершенствованию и развитию методов определения кислотного числа жира в зерне и продуктах его переработки. Это поможет повысить производительность и точность анализа, а также расширить область применения этих методов в различных отраслях промышленности и научных исследований.

Список литературы

1. ГОСТ 31700-2012 Зерно и продукты его переработки. Метод определения кислотного числа жира. – Москва: Стандартинформ, 2013. 9 с.

2. ГОСТ 31933-2012 Масла растительные. Методы определения кислотного числа. М.: Стандартинформ, 2014. 11 с.

3. ГОСТ 33441-2015 Масла растительные. Определение показателей качества и безопасности методом спектроскопии в ближней инфракрасной области. М.: Стандартинформ, 2016. 11 с.

4. ГОСТ Р 50457-92 Жиры и масла животные и растительные. Определение кислотного числа и кислотности. М.: Стандартинформ, 2006. 7 с.

5. ГОСТ Р 51413-99 (ИСО 7305-98) Продукты переработки зерна. Определение кислотного числа жира. М.: Стандартинформ, 2006. 9 с.

6. Бердина А.Н., Воронова Н.С., Нестеренко А.А. Липопротеиновый комплекс семян подсолнечника // Saarbrucken: Palmarium Academic Publishing, 2014. 105 с.

7. Богатко Н.М. Использование усовершенствованного метода определения кислотного числа жира в продуктах из молотого зерна при их ветеринарно-санитарной оценке // Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С.З. Гжицького. Т. 16. 2014. № 3. Ч. 3. С. 278-285.

8. Викторова Е.П. Разработка способа определения кислотного числа масла, содержащегося в подсолнечных фосфолипидах, на основе метода ЯМР // Новые технологии. 2018. № 2. С. 13-17.

9. Волобуева В.Ф., Новиков Н.Н., Серегина И.И., Хрунов А.А. Биохимические основы качества продукции растениеводства. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. 238 с.

10. Выскубова Е.Н. Электрохимические методы определения кислотного числа растительных пищевых и эфирных масел на основе йодат-йодидной окислительно-восстановительной системы: автореф. ... дисс. канд. хим. наук: 02.00.02. КубГТУ. Краснодар, 2000.
11. Казаков Е.Д., Волкова А.Н. Изменения химического состава и показателей качества зерна при длительном хранении. В кн.: Вопросы длительного хранения зерна и пищевых продуктов // НИИ ГУ ГПР при СМ СССР. Вып. 2. М.: Заготиздат, 1952. С. 27-45.
12. Карайчев А.С. Разработка стратегии развития зернового производства // Теория и практика мировой науки. 2017. № 9. С. 80-82.
13. Лопачев Е.А. Методы оценки льняного масла по показателям прогоркания // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2011. С. 13-14.
14. Макаеева О.Н., Ткаченко Л.М. Липиды и их обмен: Биологическая химия: консп. лек. Могилев: Могилевский государственный университет продовольствия, 2005. 48 с.
15. Малеева О. Л. Изменение качества зерновой массы при хранении // Сфера услуг: инновации и качество. 2012. № 7. С. 29-29.
16. Нефедьева Е. Э., Храмова Я. И. Деградация липидов при хранении семян // Современные научные исследования: проблемы и пути их решения. 2020. С. 20-23.
17. Приезжева Л.Г., Шухнов А.Ф. Метод определения кислотного числа жира в продуктах переработки зерна // Пищевая промышленность. 2010. № 12. С. 61-63.
18. Прудников, С.М. Зверев Л.В., Агафонов О.С., Руснак Г.В. Новые возможности импульсных методов ядерного магнитного резонанса // Сб. докл. XV Междунар. науч.-практич. конф. «Масложировая индустрия». 2015. С. 10-11.
19. Рувинский О.Е., Выскубова Е.Н., Шарудина С.Я. Редокс-потенциометрическое измерение кислотного числа растительных масел без проведения титрования // Известия вузов. Пищевая технология. 2000. № 4. С. 108-111.
20. Сафронова Т.Н., Казина В.В., Сафронова К.В. Разработка технологических параметров проращивания зерна пшеницы // Техника и технология пищевых производств. 2017. Т. 44. № 1. С. 37-43.
21. Смирнова Н. И. Особенности методики определения кислотного числа в растительных маслах // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института жиров. 2012. № 2. С. 12.
22. Machesar S.A., Sherazi S.T.H., Khaskheli A.R. Analytical approaches for the assessment of free fatty acids in oils and fats // The Royal Society of Chemistry. 2014 № 6. pp. 4956-4963.
23. Christie W. W. Lipid analysis // Trends Food Sci. Technol. 1996. Т. 11. № 145. С. 89452-0.
24. Harwood J.L. Plant acyl lipids: Structure, distribution, and analysis In: Murphy, D.J. (ed) // Plant Lipids: Biology, Utilization and Manipulation, Wiley-Blackwell. 2005.
25. Mariotti E., Mascini M. Determination of extra virgin olive oil acidity by FIA-titration // Food Chemistry. 2001. № 73(2). pp. 235-238.
26. Mittal M., Venkateswaran G., Raghavarao K.S.M.S. Free fatty acids and their sensing probes. Ed. S. Chandra, N. Sharma // Biotechnology for Sustainable Agriculture. Springer. 2020.
27. Murphy D.J. Biotechnological applications of seed biology // Seed biology: advances and applications. Proceedings of the Sixth International Workshop on Seeds. Merida, Mexico, 1999. Wallingford UK: CAB International, 2000. pp. 427-438.
28. Puppala V.S., Beldjilali S.A., Singh C. Determination of total acidity in fats and oils: A comparative study of different methods // International Journal of Food Properties. 2016.
29. Rao Y., Xiang B., Zhou X., Wang Z., Xie S., Xu J. Quantitative and qualitative determination of acid value of peanut oil using near-infrared spectrometry // Journal of Food Engineering. 2009. Vol. 93. № 2. pp. 249-252.
30. Revised method for determination of acid value in oils and fats // Clause 11 of FSSAI Manual of Methods of Analysis of Foods – Oils & Fats. New Delhi: Food Safety and Standards Authority of India. 2018. P. 3.
31. Satyarthi J.K., Srinivas D., Ratnasamy P. Estimation of free fatty acid content in oils, fats, and biodiesel by ¹H NMR spectroscopy // Energy & Fuels. –2009. № 23 (4). pp. 2273-2277.

32. Shu-Guo Li, Hui Zhang, Wen-Tong Xue. A novel method for the determination of acid value of vegetable oils // *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2007. № 109. pp. 1088-1094.
33. Takamura Y.. Determination of free fatty acids and insoluble impurities in crude fats and oils by the conductometric method // *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 1990.
34. Tubino M., Aricetti J. A. A green potentiometric method for determination of the acid number of oils and fats // *J. Braz. Chem. Soc.*, 2013. Vol. 24. № 10. pp. 1691-1696.
35. Wen Y.Q., Xia X.J., Hu Z.J., Lin R.H. Lipid chemistry, contents and fatty acid composition in rice grains // *Food Chemistry*. 2013.
36. Xiuzhu Y., Chen Y., Shuangkui D., Jin-ming G. A new method for determining free fatty acid content in edible oils by using electrical conductivity // *Food Analytical Methods*. 2012. № 5(6). pp. 1453-1458.

Methods for determining the acid number of grain fat and its processed products

Artyom V. Yaitskikh

Candidate of Technical Sciences
V.M. Gorbatov Federal Scientific Center for Food Systems
Moscow, Russia
microbiolab@mail.ru
ORCID 0000-0003-1302-0951

Lyudmila V. Vanina

Candidate of Chemical Sciences at the Institute of Grain and Products of its Processing
V.M. Gorbatov Federal Scientific Center for Food Systems
Moscow, Russia
l.vanina@fncps.ru
ORCID 0000-0002-9498-4885

Antonina S. Tsygarkina

Research Engineer at the Research Institute of Grain and its Processed Products
V.M. Gorbatov Federal Scientific Center for Food Systems
Moscow, Russia
chygarkina@fncps.ru
ORCID 0009-0006-2298-708X

Received 01.11.2023

Accepted 20.12.2023

Published 15.02.2024

UDC 664.3.033.6

EDN GXZOHM

VAK 4.3.5. Biotechnology of food and biologically active substances (technical sciences)

OECD 02.11.JY FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY

Abstract

This article presents a review of the main methods for determining the acid number of fat in grain and its processing products, which are used in our country – from well-known accepted to the latest. Their analysis and systematization are carried out, the main advantages and disadvantages are highlighted, based on economic efficiency, ease of use, and objectivity of the results obtained. The article discusses various methods for determining the acid number of fat contained in grain and its processing products. The acid number is an

important indicator of the quality of fats, as it reflects their degree of oxidation and, accordingly, freshness and suitability for consumption. The authors analyze in detail classical and modern approaches to measuring this parameter, including titrimetric, spectrophotometric, and chromatographic methods. Special attention is given to comparing the accuracy, sensitivity, and convenience of using different techniques. The article emphasizes that the choice of method for determining the acid number depends on the specifics of the sample, the required accuracy of measurements, and the available equipment. The authors also discuss the influence of storage conditions of grain and its processing products on the change in acid number, highlighting the importance of this parameter for assessing the quality of food products. In conclusion, the article presents recommendations for the optimal choice of analysis methods for different types of products. It also describes promising directions for the development of methods for determining the acid number, including the use of automated and high-throughput technologies. The research provides valuable information for specialists in the field of agrochemistry and the food industry, aiming to improve the quality and safety of their products.

Keywords

acid number of fat, grain products, storage, fatty acids, enzymes, determination methods.

References

1. GOST 31700-2012 Grain and products of its processing. A method for determining the acid number of fat. M.: Standartinform, 2013. 9 p.
2. GOST 31933-2012 Vegetable oils. Methods for determining the acid number. M.: Standartinform, 2014. 11 p.
3. GOST 33441-2015 Vegetable oils. Determination of quality and safety indicators by near-infrared spectroscopy. M.: Standartinform, 2016. 11 p.
4. GOST R 50457-92 Animal and vegetable fats and oils. Determination of acid number and acidity. M.: Standartinform, 2006. 7 p.
5. GOST R 51413-99 (ISO 7305-98) Grain processing products. Determination of the acid number of fat. M.: Standartinform, 2006. 9 p.
6. Byrd A.N., Voronova N.S., Nesterenko A.A. A software package for beginners // Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2014. 105 p.
7. Bogatko N.M. The use of an improved method for the separation of acid-base fat in ground grain products in the veterinary and sanitary doctor // Researcher of the Lomonosov LNUVBT. S.Z. Gzhitsky. Vol. 16. 2014. № 3. P. 3. pp. 278-285.
8. Viktorova E.P. Development of a method for determining the acid number of oil contained in sunflower phospholipids based on the NMR method // New technologies. 2018. № 2. pp. 13-17.
9. Volobueva V.F., Novikov N.N., Seregina I.I., Khrunov A.A. Biochemical foundations of crop production quality. M.: Publishing House of the Russian State Agrarian University-MSHA, 2016. 238 p.
10. Vyskubova E.N. Electrochemical methods for determining the acid number of vegetable food and essential oils based on iodate-iodide redox system: abstract. ... dissertation of the Candidate of Chemical Sciences: 02.00.02. KubSTU. Krasnodar, 2000.
11. Kazakov E.D., Volkova A.N. Changes in the chemical composition and quality indicators of grain during long-term storage. In the book: Issues of long-term storage of grain and food products // Research Institute of GU GPR under the USSR Council of Ministers. Issue 2. M.: Publishing House, 1952. pp. 27-45.
12. Karaichev A.S. Development of a strategy for the development of grain production // Theory and practice of world science. 2017. № 9. pp. 80-82.
13. Lopachev E.A. Methods of assessing linseed oil by rancidity indicators // Actual problems of the humanities and natural sciences. 2011. pp. 13-14.
14. Makaseeva O.N., Tkachenko L.M. Lipids and their metabolism: Biological chemistry: consp. lek. Mogilev: Mogilev State University of Food, 2005. 48 p.
15. Maleeva O. L. Changing the quality of grain mass during storage // Sphere of services: innovations and quality. 2012. № 7. pp. 29-29.

16. Nefedieva E. E., Khramova Ya. I. Lipid degradation during seed storage // *Modern scientific research: problems and solutions*. 2020. pp. 20-23.
17. Priezzheva L.G., Shukhnov A.F. Method for determining the acid number of fat in grain processing products // *Food industry*. 2010. № 12. pp. 61-63.
18. Prudnikov, S.M. Zverev L.V., Agafonov O.S., Rusnak G.V. New possibilities of pulsed methods of nuclear magnetic resonance // *Collection of dokl. XV International Scientific and Practical Conference. «Fat and oil industry»*. 2015. pp. 10-11.
19. Ruvinsky O.E., Vyskubova E.N., Sharudina S.Ya. Redox-potentiometric measurement of the acid number of vegetable oils without titration // *News of universities. Food technology*. 2000. № 4. pp. 108-111.
20. Safronova T.N., Kazina V.V., Safronova K.V. Development of technological parameters of wheat grain germination // *Technique and technology of food production*. 2017. Vol. 44. № 1. pp. 37-43.
21. Smirnova N. I. Features of the methodology for determining the acid number in vegetable oils // *Bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Fats*. 2012. № 2. p. 12.
22. Machesar S.A., Sherazi S.T.H., Khaskheli A.R. Analytical approaches to the assessment of the content of free fatty acids in oils and fats // *Royal Chemical Society*. 2014 No. 6. pp. 4956-4963.
23. Kristi U. U. Analysis of lipids // *Trends in food science. Technology*. 1996. Vol. 11. № 145. pp. 89452-0.
24. Harwood J.L. Acillipids of plants: structure, distribution and analysis. Ed. D.J. Murphy // *Plant lipids: biology, use and manipulation*. Wiley-Blackwell, 2005.
25. Mariotti E., Maschini M. Determination of the acidity of extra virgin olive oil by FIA titration // *Food chemistry*. 2001. № 73(2). pp. 235-238.
26. Mittal M., Venkateswaran G., Raghavarao K.S.M.S. Free fatty acids and their sensitive probes. Edited by S. Chandra, N. Sharma // *Biotechnology for sustainable agriculture*. Springer. 2020.
27. Murphy D.J. Biotechnological applications of seed biology // *Seed Biology: achievements and applications. Materials of the Sixth International Seminar on seeds*. Merida, Mexico, 1999. Wallingford, UK: CABI Publishing House, 2000. pp. 427-438.
28. Pupala V.S., Belgilali S.A., Singh S. Determination of total acidity in fats and oils: a comparative study of various methods // *International Journal of Nutritional Properties*. 2016.
29. Rao Yu., Xiang B., Zhou H., Wang Z., Xie S., Xu J. Quantitative and qualitative determination of the acidity of peanut butter using near-infrared spectrometry // *Journal of Food Engineering*. 2009. Volume 93. № 2. pp. 249-252.
30. Revised method for determining acidity in oils and fats // *Item 11 of the FSSAI Manual on Methods of food Analysis – Oils and Fats*. New Delhi: Food Safety and Standards Authority of India. 2018. p. 3.
31. Satyarthi J.K., Srinivas D., Ratnasamy P. Assessment of the content of free fatty acids in oils, fats and biodiesel by ¹H NMR spectroscopy // *Energy and fuel*. 2009. № 23 (4). pp. 2273-2277.
32. Shu-Guo Li, Hui Zhang, Wen-Tong Xue. A new method for determining the acidity of vegetable oils // *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2007. № 109. pp. 1088-1094.
33. Takamura Yu. Determination of the content of free fatty acids and insoluble impurities in crude fats and oils by the conductometric method // *Journal of the American Society of Petrochemicals*. 1990.
34. Tubino M., Arichetti J. A. Green's potentiometric method for determining the acid number of oils and fats // *J. Braz. Chemical Journal*, 2013. Volume 24. № 10. pp. 1691-1696.
35. Wen Yu.K., Xia H.J., Hu Z.J., Lin R.H. Chemistry of lipids, content and composition of fatty acids in rice grains // *Food chemistry*. 2013.
36. Xiuzhu Yu., Chen Yu., Shuangkui D., Jin-ming G. A new method for determining the content of free fatty acids in edible oils using electrical conductivity // *Methods of food analysis*. 2012. № 5(6). pp. 1453-1458.