УДК 664.788

© М.М. Ковалев, д.т.н.; В.А. Зубцов, д.мед.н.; И.Э. Миневич, к.т.н.; Л.Л. Осипова,
Всероссийский научно-исследовательский институт механизации льноводства Россельхозакадемии;
© Н.А. Толстушко,
Луцкий национальный технический университет

ПРИМЕНЕНИЕ ИК-ОБЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА СЕМЯН ЛЬНА

Приведены результаты исследования влияния ИК-обработки семян льна на активность их окислительных ферментов. Рассмотрен механизм действия инфракрасного излучения на растительное сырье. Обоснованы оптимальные режимы ИК-обработки семян льна.

СЕМЕНА ЛЬНА, ИК-ОБРАБОТКА, МИКРОНИЗАЦИЯ, АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ, ЛИПАЗА, ЛИПОКСИГЕНАЗА.

Постановка проблемы. Термообработка является одной из основных операций при переработке растительного сырья, в частности зерна, семян масличных культур [1, 2]. Нагрев растительного объекта посредством воздействия инфракрасного излучения нашел применение в отечественных установках высокотемпературной микронизации (ВТМ). Микронизация характеризуется кратковременностью и высокой скоростью нагрева, что позволяет свести к минимуму гидролитические процессы, окислительный распад липидов,

стабилизировать качество сырья, в том числе и масличного, повысить микробиологическую чистоту и увеличить сроки его безопасного хранения. Разработка оптимальных режимов ИК-обработки сырья невозможна без глубокого понимания процессов, сопровождающих ИК-нагрев и влияющих на качество готовой продукции.

Анализ последних исследований и публикаций. Теоретические основы инфракрасного облучения в пищевых технологиях изложены в [3]. При инфракрасной обработки происходит интенсификация процессов биохимических превращений в растительных объектах вследствие резонансного воздействия поглощаемой энергии на связи в молекулах. ИК-обработка пока не нашла широкого применения при переработке семян льна.

Цель исследования – изучить изменение физико-химических показателей семян льна в результате ИК-облучения в сочетании с их предварительным увлажнением методом пропаривания.

Результаты исследования. В качестве объекта исследования использовали промышленные семена льна масличных сортов, соответствующие требованиям ГОСТ 10582. Анализы проводили с использованием стандартных методов определения массовой доли сырого жира (ГОСТ 27670-88), влажности (ГОСТ 9404-88), активности ферментов липазы [4] и липоксигеназы [5], кислотного (ГОСТ 5476-80) и перекисного чисел (ГОСТ 26593-85). Источником ИК-облучения служил нагревательный элемент PFQE. PFQE – полностью кварцевый элемент (Pillar Full Quartz Elements). Мощность – 1000 Вт. Кварцевые инфракрасные элементы излучают волны в диапазоне 1,5–9 мкм [6].

Исследование влияния температуры нагрева семян льна при ИК-облучении показало, что при этом изменяется значение кислотного числа жира. Наибольшее значение оно достигает при температуре обработки семян льна 50°С (рис. 1). Повышение кислотного числа жира является следствием гидролиза триацилглицеролов катализируемого липазой и образования свободных жирных кислот. Максимальное значение кислотного числа при 50°С свидетельствует о наибольшей активности липазы семян льна при этой температуре.

При последующем повышении температуры происходит резкое снижение ферментативной активности. Это соответствуют принятому механизму инактивации растительных ферментов [7].

Активность окислительных ферментов (липазы и липоксигеназы), как субстратов, имеющих белковую природу, зависит также от влажности. В связи с этим в настоящей работе изучали влияние исходного влагосодержания на активность окислительных ферментов семян льна при их микронизации. В качестве способа

увлажнения семян льна использовали пропаривание. Это объясняется особенностями компонентного состава сырья. Исследования показали, что влажность семян льна после пропаривания перед ИК-облучением в большой степени влияет на активность окислительных ферментов, особенно липазы. Активность липазы с увеличением влажности резко падает и уже при влажности 13% достигает своего минимального значения. Активность липоксигеназы снижается более плавно, по сравнению с аналогичным показателем для липазы и при влажности после пропаривания 25% достигает практически минимума.

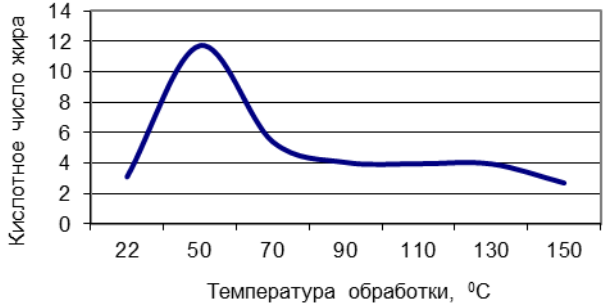

Рис. 1 – Влияние температуры при ИК-облучении семян льна на кислотное число жира

Также было установлено, что проведение ИК-облучения семян льна без предварительного увлажнения не позволяет достигать минимальных значений активности этих ферментов. Так, активность липазы не достигает своего нулевого значения и снижается до 35,7% относительно своего исходного значения, а активность липоксигеназы снижается до 15,1% в сравнении с достигнутым при предварительном пропаривании значением 7,3%. Влияние способа обработки семян льна на активность окислительных ферментов можно видеть по изменению величины такого показателя, как перекисное число (рис. 2). Минимальное значение перекисного числа достигается при полном цикле ИК-обработки – совмещенном с предварительным пропариванием до влажности 25%. ИК-обработка без пропаривания и СВЧ-обработка семян льна с предварительным пропариванием не позволяют достичь таких же минимальных значений перекисного числа, как при полном цикле. Это свидетельствует о синергетическом влиянии предварительного пропаривания и ИК-облучения. Следует отметить и бóльшую эффективность в данном случае ИК-облучения в сравнении с СВЧ-обработкой.

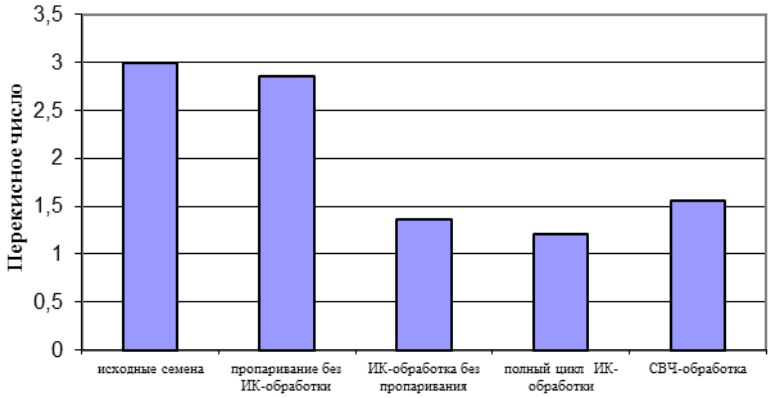

Рис. 2 – Влияние способа обработки на перекисное число семян льна

На основании проведенных исследований были обоснованы оптимальные технологические режимы получения стабилизированных семян льна с минимальной активностью окислительных ферментов, улучшенными органолептическими свойствами и повышенным объемом. Последовательность технологических стадий обработки семян льна представлена на рис. 3.

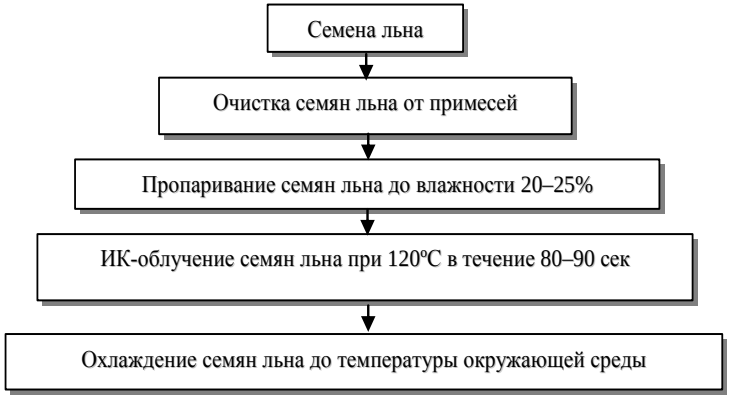

Рис. 3 – Технологическая схема микронизации семян льна

Разработанный способ включает очистку семян льна от примесей, пропаривание их водяным паром до влажности 20–25% в течение 15–20 мин, термическую обработку методом ИК-облучения при температуре 120ºС в течение 80–90 сек и охлаждение до

температуры окружающей среды. Режим пропаривания и оптимальная влажность семян льна перед ИК-облучением были определены из условия достижения минимальной активности ферментов липазы и липоксигеназы в конечном продукте.

В табл. представлены характеристики семян льна до и после микронизации. Было установлено, что высокотемпературная кратковременная обработка практически не влияет на общее содержание белка. Наблюдается небольшое повышение содержания жира (не более 10%) в семенах льна. Это можно объяснить переходом фосфолипидов и других растворимых веществ в экстрагируемые липиды. В микронизированных семенах льна практически инактивированы ферменты, катализирующие окисление липидов – липаза и липоксигеназа. Активность липазы нулевая, а активность липоксигеназы снижается более чем в 10 раз.

Таблица – Характеристика семян льна после ИК – обработки

Семена льна	Белок, %	Жир, %	Перекисное число, ммоль/кг	Кислотное число	Акт-ть липазы, млNaOH/г	ь липоксигеназы, ммоль/кг	Объем семян, 10 г/см^3
Исходные	21,8	44,5	3,0	2,4	0,84	1,92	15,0
Микро-низир.	21,6	49,0	1,2	1,6	0	0,14	19,0

Резко снижаются значения таких показателей, которые характеризуют протекание окислительных и гидролитических процессов: перекисное число и кислотное число. Вследствие ИК-обработки (микронизации) увеличивается объем семян льна без нарушения их формы, улучшаются их органолептические свойства.

Выводы. Кратковременная высокотемпературная ИК-обработка позволяет получать стабилизированные семена льна минимальной активностью окислительных ферментов, улучшенными органолептическими свойствами и повышенным объемом, что позволит расширить ассортимент биологически активного сырья для пищевой промышленности.

Литература

1. Филатов В.В. Современные процессы, аппараты и технологии для переработки зерна и круп при инфракрасном

энергоподводе / В.В. Филатов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – № 10. – С.19–24.

2. Хайлис Г.А. Механика растительных материалов / Хайлис Г.А. – К.: УААН, 2002. – 374 с.

3. Инфракрасная техника в пищевой промышленности/ А.С.Гинсбург. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 407 с.

4. Плешков В.П. Практикум по биохимии растений / В.П. Плешков. – М.: Агропромиздат, 1985. – 255 с.

5. Петров К.П. Методы биохимии растительных продуктов / К.П. Петров. – К.: Вища школа, 1978. – 224 с.

6. Infrared Hearters RU new [электронный ресурс] / www.mirnagreva.ru.

7. Кислухина О.В. Ферменты в производстве пищи и кормов / О.В. Кислухина. – М.: ДеЛипринт, 2002. – 336 с.