

УДК 663.854.78

UDC 663.854.78

**ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПРЕССОВАНИЯ
СЕМЯН ЛЬНА НА ВЫХОД И КАЧЕСТВО
МАСЛА**

**THE INFLUENCE OF CONDITIONS OF
PRESSING IN FLAX SEEDS ON THE OUTPUT
AND QUALITY OF OIL**

Мустафаев Сергей Кязимович
д.т.н., профессор

Mustafayev Sergey Kyazimovich
Dr.Sci.Tech., professor

Калиенко Екатерина Александровна

Kalienko Ekaterina Alexandrovna

Сонина Дарья Владимировна
*Кубанский государственный технологический
университет, Краснодар, Россия*

Sonina Darya Vladimirovna
*Kuban State Technological University, Krasnodar,
Russia*

Ефименко Сергей Григорьевич
к.б.н.
*Всероссийский научно-исследовательский
институт масличных культур, Краснодар, Россия*

Efimenko Sergey Grigorievich
Cand.Biol.Sci.
*All-Russian Research Institute of Oil Crops,
Krasnodar, Russia*

Изучено влияние технологических режимов
прессования семян льна линум-типа и
низколиноленового сорта на кислотное и
перекисное числа масла, а также на массовую долю
масла в получаемом жмыхе. Проведена
математическая обработка результатов
эксперимента

This article studies technologies of cold pressing in
flax seeds of low-linolenic and ordinary sorts. We
studied how conditions of flux seeds pressing
influence acid and peroxide values of oil as well as
fraction of total mass in oilcake. The results of
experiment have been mathematically processed

Ключевые слова: СЕМЕНА ЛЬНА, ХОЛОДНОЕ
ПРЕССОВАНИЕ, КАЧЕСТВО МАСЛА,
МАСЛИЧНОСТЬ ЖМЫХА

Keywords: FLAX SEEDS, COLD PRESSING,
QUALITY OF OIL, OIL BEARING ABILITY OF
OILCAKE

Правильному питанию человека в настоящее время уделяется всё больше внимания. Важная роль в этом вопросе отводится функциональным продуктам питания. В 2010 году правительством Российской Федерации было издано распоряжение, в соответствии с которым одной из важных задач государственной политики Российской Федерации в области здорового питания является развитие производства специализированных пищевых продуктов и продуктов функционального назначения в целях сохранения и укрепления здоровья населения, профилактики заболеваний, обусловленных неполноценным и несбалансированным питанием [1].

В функциональном пищевом продукте обязательно наличие физиологически функциональных пищевых ингредиентов, причём их содержание в функциональном пищевом продукте должно составлять не

менее 15 % от суточной физиологической потребности в таком ингредиенте [2].

К числу физиологически функциональных пищевых ингредиентов относятся полиненасыщенные жирные кислоты, которые положительно влияют на метаболизм углеводов, на липидный обмен, на устойчивость организма к онкологическим патологиям, поддерживают функции сердечно-сосудистой системы, оказывают эффект укрепления иммунной системы человека [3].

Одним из растительных источников, содержащим большое количество полиненасыщенных жирных кислот, является растительное масло, получаемое из семян льна.

В классификации масличных культур в соответствии со спецификой жирнокислотного состава их масел лен выделен в особый линум-тип. Для этого типа масличных семян характерно наличие в составе масла 1-10 % стеариновой кислоты, по 10-20 % олеиновой и линолевой кислот и свыше 50% линоленовой [4]. Высокое содержание в льняных маслах полиненасыщенных жирных кислот (особенно линоленовой) обуславливает их низкую стойкость к окислению. Процесс окисления масел сдерживается содержащимися в них антиоксидантами – токоферолами. Содержание токоферолов в липидах льна колеблется в пределах 50,1 – 140,2 мг/100г, причем, значительная часть токоферолов представлена изомерами, обладающими наиболее выраженными антиоксидантными свойствами [4].

Кроме токоферолов в семенах льна способствуют сдерживанию процессов окисления в масле каротиноиды, содержание которых составляет 0,2 – 0,9 % и фосфолипиды. Их количество в льняном масле варьирует от 0,44 до 0,72 % [4]. Также на окисляемость масел влияет их жирнокислотный состав. Чем больше в состав масла входит ненасыщенных жирных кислот, тем быстрее протекают окислительные

процессы. Так как в составе льняного масла содержание линоленовой кислоты существенно превышает все другие растительные масла, то это масло окисляется быстрее других. В связи с этим выводятся сорта льна с меньшим содержанием линоленовой кислоты.

Выведены сорта льна Иволга, Лиол [5], К-2001 [6], а также Сюрприз [7], характеризующиеся существенно более низким содержанием линоленовой кислоты в маслах этих семян по сравнению с сортами семян льна линум-типа. За счет более низкого содержания линоленовой кислоты семена льна сорта Сюрприз лучше хранятся по сравнению с семенами льна сорта ВНИИМК 630, принадлежащего к линум-типу. Разница прироста перекисного числа масла в семенах этих сортов за 180 суток хранения в сухом состоянии составила 28 % [7]. Также и устойчивость масел из семян льна низколиноленовых сортов к окислению возрастает и превышает устойчивость масел сортов линум-типа в 5 – 10 раз [4]. Это связано ещё и с высоким содержанием токоферолов в масле из семян льна сорта Сюрприз, представленных в основном δ -изомерами [7].

Жирнокислотный состав масел низколиноленовых сортов льна имеет оптимальное соотношение ω -6 и ω -3 жирных кислот, так как по рекомендациям Института питания РАМН соотношение полиненасыщенных жирных кислот ω -6: ω -3 для здорового питания составляет (5-10):1, а при некоторых заболеваниях для лечебного питания (3-5):1. В жирнокислотном составе масла семян льна традиционного сорта линум-типа ВНИИМК 630 соотношение линолевая ω -6 кислота: линоленовая ω -3 кислота составляет 0,16:1, а в новом сорте Сюрприз 11,8:1, что практически соответствует рекомендациям Института питания РАМН для здорового питания [7].

Поскольку льняное масло легко окисляется, для пищевых целей его необходимо получать методом холодного прессования (отжима). Метод холодного отжима является самым оптимальным, поскольку оборудование

для холодного прессования имеет относительно малую производительность и отличается щадящим давлением и низкой температурой при отжиге. При этом термин «холодное прессование» не имеет чётких границ по температуре процесса. Температура, при которой прессование считается холодным, в странах ЕС составляет 27-30 °С, а в США температура прессования в диапазоне 60-99 °С всё ещё считается холодным отжимом [8]. Очевидно, это связано с тем, что в странах ЕС под первым холодным отжимом (*extra virgin*) понимают технологию получения оливкового масла, где не используются шнековые прессы. В литературе встречаются и другие температурные диапазоны холодного прессования. Согласно [8] оптимальная температура на прессе 32-40 °С и не должна превышать 50 °С.

Целью данной работы является изучение технологических режимов холодного прессования семян льна низколиноленового сорта и линум-типа с последующим исследованием показателей качества получаемых масла и жмыха.

Для проведения исследований использовали семена льна масличного двух сортов: новый сорт Сюрприз и известный, широко распространённый сорт семян льна линум-типа ВНИИМК 630. Оба сорта были выращены на ЦЭБ ВНИИМК в 2013 году в одинаковых условиях и собраны в августе того же года. В ходе исследований в семенах и масле определяли кислотное и перекисное числа по методикам [9,10,11] соответственно. Массовую долю масла в семенах и жмыхах определяли на ЯМР-анализаторе АМВ-1006М. Методика выполнения измерений осуществлялась по соответствующему ГОСТу [12]. Эксперименты проводили в трёхкратной повторности, что позволило провести их математическую обработку, посчитать ошибку каждого метода анализа и оценить значимость отличия средних путём сравнения расчётных и табличных значений критерия Стьюдента [13].

Для извлечения масла холодным прессованием применялся лабораторный пресс фирмы «Фармет» [14], оборудованный частотным преобразователем и тремя насадками с диаметром выходного отверстия 10, 8 и 6 мм.

При помощи частотного преобразователя число оборотов шнекового вала варьируется в диапазоне 20-80 с⁻¹.

Перед прессованием в семенах льна определяли массовую долю масла (исходную масличность) и его кислотное и перекисное числа. Полученные данные приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 – Показатели качества семян льна

Наименование показателя	Значение показателя
Сорт Сюрприз	
Массовая доля масла, % а.с.в.	47,4
Кислотное число, мгКОН/г	1,34±0,03
Перекисное число, мэкв активного кислорода/кг	1,89±0,07
Сорт ВНИИМК 630	
Массовая доля масла, % а.с.в.	50,3
Кислотное число, мгКОН/г	1,28±0,03
Перекисное число, мэкв активного кислорода/кг	2,13±0,07

Из анализа данных таблицы следует, что разница кислотного числа масла в семенах исследуемых сортов не превышает ошибку опыта, а разница в остальных показателях семян льна значима (превышает ошибку опыта). При этом в семенах льна сорта ВНИИМК 630 массовая доля масла и его перекисное число незначительно выше значений тех же показателей в семенах льна сорта Сюрприз.

Для проведения эксперимента строилась матрица планирования, где изменяющимися параметрами служили диаметр выходного отверстия пресса и скорость вращения шнекового вала. Использовали диаметры выходного отверстия 6 и 8 мм, чтобы температура прессования была как можно ниже, а скорость вращения шнекового вала выбрали в среднем диапазоне имеющихся значений. Выбранная матрица планирования эксперимента представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Матрица планирования эксперимента

Номер эксперимента	Условия прессования	
	Диаметр выходного отверстия, мм	Скорость вращения шнекового вала, с ⁻¹
1	10	57
2	8	57
3	10	38
4	8	38

Функцией отклика являлись кислотное и перекисное числа масла, а также массовая доля масла в жмыхе.

Результаты по влиянию режимов прессования на кислотное и перекисное числа масла приведены в таблице 3.

Т а б л и ц а 3 - Влияние условий прессования семян льна на кислотное и перекисное числа масла

Наименование показателя	Значение показателя			
	d=10 мм n=57 с ⁻¹	d=8 мм n=57 с ⁻¹	d=10 мм n=38 с ⁻¹	d=8 мм n=38 с ⁻¹
Сорт Сюрприз				
Кислотное число масла, мг КОН/г	2,26±0,03	2,36±0,03	2,57±0,03	3,04±0,03
Перекисное число масла, мЭКВ активного кислорода/кг	1,31±0,08	1,63±0,07	1,81±0,08	2,4±0,08
Сорт ВНИИМК 630				
Кислотное число масла, мг КОН/г	2,36±0,03	2,46±0,03	2,77±0,03	2,86±0,03
Перекисное число масла, мЭКВ активного кислорода/кг	2,87±0,08	3,13±0,07	3,31±0,08	3,55±0,08

Все средние значения исследуемых показателей значительно отличались друг от друга, то есть имеется существенная разница в изменении кислотного и перекисного чисел в зависимости от условий прессования. Из представленных данных следует, что, чем жестче режимы прессования (меньше диаметр выходного отверстия и ниже скорость вращения шнекового вала), тем ниже качество масла по кислотному и перекисному числам. Однако, все полученные значения не превышают требований Технического регламента таможенного союза на масложировую продукцию [15] и Технического регламента на масложировую продукцию РФ [16]. При этом масло, получаемое из семян льна сорта Сюрприз, при всех условиях прессования было лучше по кислотному и перекисному числам по сравнению с маслом, получаемым при тех же режимах из семян сорта ВНИИМК 630.

Полученные данные обрабатывали с помощью программы MathCAD, в результате чего были получены следующие уравнения регрессии

- для сорта Сюрприз :

$$КЧ = 9,24 - 0,6 \cdot d - 0,11 \cdot n + 0,01 \cdot d \cdot n, \quad (1)$$

где d – диаметр выходного отверстия прессы, мм;

n – частота вращения шнекового вала, c^{-1} .

$$ПЧ(d, n) = 2,8 - 0,003 \cdot d \cdot n, \quad (2)$$

где d – диаметр выходного отверстия прессы, мм;

n – частота вращения шнекового вала, c^{-1} .

- для сорта ВНИИМК 630:

$$КЧ(d, n) = 4,24 - 0,07 \cdot d - 0,02 \cdot n - 0,0003 \cdot d \cdot n, \quad (3)$$

где d – диаметр выходного отверстия прессы, мм;

n – частота вращения шнекового вала, c^{-1} .

$$ПЧ(d, n) = 5,1 - 0,1 \cdot d - 0,02 \cdot n, \quad (4)$$

где d – диаметр выходного отверстия, мм;

n – частота вращения шнекового вала, c^{-1} .

Адекватность полученных уравнений проверяли по критерию Фишера [13]. Уравнения 1-4 адекватно описывают полученные экспериментальные данные, так как расчётный критерий Фишера был

существенно ниже табличных значений. Полученные уравнения можно использовать для прогнозирования значений показателей качества льняных масел, получаемых холодным прессованием из семян линум-типа и низколиноленовых сортов.

В зависимости от условий прессования температура жмыха варьировала в пределах 40-50 °С, а также изменялась и массовая доля масла в жмыхе (остаточная масличность жмыха). Результаты определения массовой доли масла в жмыхе представлены в таблице 4.

Т а б л и ц а 4 – Влияние условий прессования семян льна на массовую долю масла в жмыхе.

Условия прессования	Массовая доля масла в жмыхе, % а.с.в. из семян сортов	
	ВНИИМК 630	Сюрприз
$d = 10 \text{ мм}, n = 57 \text{ с}^{-1}$	21,3±0,2	19,1±0,2
$d = 10 \text{ мм}, n = 38 \text{ с}^{-1}$	19,7±0,1	18,5±0,2
$d = 8 \text{ мм}, n = 57 \text{ с}^{-1}$	19,3±0,2	18,2±0,1
$d = 8 \text{ мм}, n = 38 \text{ с}^{-1}$	17,8±0,1	17,0±0,2

Из анализа данных таблицы 4 следует, что масличность жмыха из семян сорта ВНИИМК 630 незначительно выше масличности жмыха из семян сорта Сюрприз, что может быть связано с более высокой исходной масличностью семян линум-типа и их несколько отличающимися реологическими свойствами. В жмыхе из обоих сортов семян льна наибольшей была масличность жмыха, полученная при самых мягких условиях прессования ($d = 10 \text{ мм}, n = 57 \text{ с}^{-1}$), а наименьшая - при наиболее

жѐстких ($d = 8$ мм, $n = 38$ с⁻¹). В жмыхе из семян сорта Сюрприз эта разница составляла 2,1 %, а в жмыхе сорта ВНИИМК 630 – 3,5 %.

Математическая обработка позволила получить следующие уравнения регрессии с помощью программы MathCAD:

- для сорта Сюрприз:

$$y(d, n) = 4,4 + 1,2 \cdot d + 0,205 \cdot n - 0,016 \cdot d \cdot n, \quad (5)$$

где d – диаметр выходного отверстия, мм;

n – частота вращения шнекового вала, с⁻¹.

- для сорта ВНИИМК 630:

$$y(d, n) = 8 + 0,85 \cdot d + 0,058 \cdot n + 0,0026 \cdot d \cdot n, \quad (6)$$

где d – диаметр выходного отверстия, мм;

n – частота вращения шнекового вала, с⁻¹.

Адекватность уравнений проверяли по критерию Фишера [13], в результате определили, что уравнения 5 и 6 адекватно описывают полученные экспериментальные данные.

Из данных таблицы 5 видно, что остаточная масличность жмыха из семян льна обоих сортов после его однократного прессования существенно превышает 7-8 %, характерные для двукратного прессования [17], что экономически невыгодно. Поэтому для повышения рентабельности производства целесообразно проводить двукратное прессование. В классической технологии при первом прессовании (форпрессовании) извлекается 60 – 85 % масла, а полученный жмых отправляют на дополнительное извлечение масла. Предварительно его измельчают и проводят влаго-тепловую обработку, то есть дополнительно увлажняют и пропаривают при температуре 110-120 °С. Окончательный отжим масла –

экспеллирование осуществляется в жестких условиях, в результате чего содержание масла в жмыхе снижается до 7-8 % [17]. Однако, для семян льна, имеющих в жирнокислотном составе масла большое количество легкоокисляемой линоленовой кислоты, такая технология позволяет использовать масло второго прессования только для технических целей и непригодна для получения пищевого масла.

Таким образом, однократное прессование семян льна в мягких режимах (первый холодный отжим) позволяет получить пищевое льняное масло высокого качества по кислотному и перекисному числам как из семян новых низколиноленовых сортов, так и из семян сортов линум-типа.

Получены уравнения регрессии, адекватно отражающие экспериментальные данные зависимости массовой доли масла и его основных показателей качества от числа оборотов шнекового вала и диаметра выходного отверстия пресса.

Остаточная масличность жмыха при первом холодном отжиге семян льна существенно превышает известную остаточную масличность жмыха при двукратном прессовании.

Для повышения рентабельности производства льняного масла целесообразно проводить исследования в направлении разработки технологии двукратного прессования семян льна, позволяющей получать пищевое масло.

Литература

1. Распоряжение Правительства РФ от 25 октября 2010 г. №1873-р. Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 г.
2. ГОСТ Р 52349 – 2005 Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2006. 12 с.
3. ГОСТ Р 54059 – 2010 Продукты пищевые функциональные. Ингредиенты пищевые функциональные. Классификация и общие требования. М.: Стандартинформ, 2011. 12 с.

4. Технология отрасли (приемка, обработка и хранение масличных семян) : учебник / С.К. Мустафаев, Л.А. Мхитарьян, Е.П. Корнена и др. СПб. :ГИОРД, 2012. 248 с.
5. Экспертиза масел, жиров и продуктов их переработки. Качество и безопасность: Учебно-справочное пособие / Е.П. Корнена, С.А. Калманович, Е.В. Мартовщук и др. Новосибирск: Изд-во Сибирского университета, 2007. 272 с.
6. Скляров С.В. Горлов С.Л. Хозяйственная ценность образца льна масличного К-2001 в связи с селекцией на низколиноленовость // Сборник материалов 6-й международной конференции молодых ученых и специалистов «Инновационные направления исследований в селекции и технологии возделывания масличных культур». 2011. С.289.
7. Мустафаев С.К., Ефименко С.Г., Моруженко Е. А. Влияние особенностей новых селекционных сортов льна на показатели качества масла в семенах при хранении // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. Краснодар: КубГАУ, 2014. №03(097).
8. Гусева Д.А., Прозоровская Н.Н., Санжаков М.А, Широин А.В.Сравнительный анализ льняного масла трех вариантов холодного отжима // Масложировая промышленность. 2011. №3. С 30-32.
9. Лабораторный практикум по технологии производства растительных масел: Справочное пособие / Копейковский В. М., Мосян А. К., Мхитарьянц Л. А. и др. М.: Агропромиздат, 1990. 191 с.
10. ГОСТ Р 52110 – 2003 Масла растительные. Методы определения кислотного числа. М.: ИПК: Издательство стандартов, 2003. 11с.
11. ГОСТ Р 51487-99. Масла растительные и жиры животные. Методы определения перекисного числа. - М.: Госстандарт России: Изд – во стандартов, 2000. – 8 с.
12. ГОСТ 8.596-2010 ЯМР – анализаторы масличности и влажности сельскохозяйственных материалов. Методика поверки. М.: Стандарт Информ, 2012. 12с.
13. Закгейм А.Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов. М: Химия, 1982. 288с.
14. Пугачев П. М. Рапс в России и его переработка на оборудовании Фармет // 11-я международная конференция «Масложировая индустрия» 26-27 октября 2011 г., С-П.
15. Технический регламент Таможенного союза «Технический регламент на масложировую продукцию» (ТР ТС): принят решением комиссии Таможенного союза № 883 от 9 октября 2011г.
16. Технический регламент на масложировую продукцию: Федер. закон Росс. Федерации от 24 июня 2008 г. №90-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. собр. Росс. Федерации 11 июня 2008 г.: одоб. Советом Федерации 18 июня 2008 г.
17. Технология отрасли (Производство растительных масел) : учебник / Л. А. Мхитарьянц, Е. П. Корнена, Е. В. Мартовщук и др. СПб. : ГИОРД, 2009. 352 с.

References

1. Rasporyjzhenie Pravitel'stva RF ot 25 oktjabrja 2010 g. №1873-r. Osnovy gosudarstvennoj politiki Rossijskoj Federacii v oblasti zdorovogo pitaniya naselenija na period do 2020 g.
2. GOST R 52349 – 2005 Produkty pishhevye. Produkty pishhevye funkcional'nye. Terminy i opredelenija. М.: Standartinform, 2006. 12 s.

3. GOST R 54059 – 2010 Produkty pishhevye funkcional'nye. Ingridienty pishhevye funkcional'nye. Klassifikacija i obshhie trebovanija. M.: Standartinform, 2011. 12 s.
4. Tehnologija otrasli (priemka, obrabotka i hranenie maslichnyh semjan) : uchebnik / S.K. Mustafaev, L.A. Mhitar'jan, E.P. Kornena i dr. SPb. :GIORD, 2012. 248 s.
5. Jekspertiza masel, zhиров i produktov ih pererabotki. Kachestvo i bezopasnost': Uchebno-spravocnoe posobie / E.P. Kornena, S.A. Kalmanovich, E.V. Martovshhuk i dr. Novosibirsk: Izd-vo Sibirskogo universiteta, 2007. 272 s.
6. Skljarov S.V. Gorlov S.L. Hozjajstvennaja cennost' obrazca l'na maslichnogo K-2001 v svjazi s selekciej na nizkolinolenovost' // Sbornik materialov 6-j mezhdunarodnoj konferencii molodyh uchenyh i specialistov «Innovacionnye napravlenija issledovanij v selekcii i tehnologii vozdeľyvanija maslichnyh kul'tur». 2011. S.289.
7. Mustafaev S.K., Efimenko S.G., Moruzhenko E. A. Vlijanie osobennostej novyh selekcionnyh sortov l'na na pokazateli kachestva masla v semenah pri hranenii // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. Krasnodar: KubGAU, 2014. №03(097).
8. Guseva D.A., Prozorovskaja N.N., Sanzhakov M.A., Shironin A.V. Sravnitel'nyj analiz l'nanogo masla treh variantov holodnogo otzhima // Maslozhirovaja promyshlennost'. 2011. №3. S 30-32.
9. Laboratornyj praktikum po tehnologii proizvodstva rastitel'nyh masel: Spravochnoe posobie / Kopejkovskij V. M., Mosjan A. K., Mhitar'janc L. A. i dr. M.: Agropromizdat, 1990. 191 s.
10. GOST R 52110 – 2003 Masla rastitel'nye. Metody opredelenija kislotnogo chisla. M.: IPK: Izdatel'stvo standartov, 2003. 11s.
11. GOST R 51487-99. Masla rastitel'nye i zhiry zhivotnye. Metody opredelenija perekisnogo chisla. - M.: Gosstandart Rossii: Izd – vo standartov, 2000. – 8 s.
12. GOST 8.596-2010 JaMR – analizatory maslichnosti i vlazhnosti sel'skohozjajstvennyh materialov. Metodika poverki. M.: Standart Inform, 2012. 12s.
13. Zakgejm A.Ju. Vvedenie v modelirovanie himiko-tehnologicheskikh processov. M: Himija, 1982. 288s.
14. Pugachev P. M. Raps v Rossii i ego pererabotka na oborudovanii Farnet // 11-ja mezhdunarodnaja konferencija «Maslozhirovaja industrija» 26-27 oktjabrja 2011 g., S-P.
15. Tehnicheskij reglament Tamozhennogo sojuza «Tehnicheskij reglament na maslozhirovuju produkciju» (TR TS): prinjat resheniem komissii Tamozhennogo sojuza № 883 ot 9 oktjabrja 2011g.
16. Tehnicheskij reglament na maslozhirovuju produkciju: Feder. zakon Ross. Federacii ot 24 ijunja 2008 g. №90-FZ: prinjat Gos. Dumoj Feder. sobr. Ross. Federacii 11 ijunja 2008 g.: odob. Sovetom Federacii 18 ijunja 2008 g.
17. Tehnologija otrasli (Proizvodstvo rastitel'nyh masel) : uchebnik / L. A. Mhitar'janc, E. P. Kornena, E. V. Martovshhuk i dr. SPb. : GIORD, 2009. 352 s.