



## ИССЛЕДОВАНИЕ БИОПОТЕНЦИАЛА ЖМЫХА ЛЬНЯНОГО СЕМЕНИ В КАЧЕСТВЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДОБАВКИ К ПИЩЕ

Д. С. Щербина, студентка 4 курса,  
e-mail: [dasha.sherbina568@yandex.ru](mailto:dasha.sherbina568@yandex.ru)  
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный  
технический университет»

Н. Ю. Мезенова, канд. техн. наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии, e-mail: [Nataliya.mezenova@klgtu.ru](mailto:Nataliya.mezenova@klgtu.ru)  
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный  
технический университет»

Рассматривается проблема желудочно-кишечных заболеваний. Проведен социологический опрос среди респондентов Калининградской области по наличию заболеваний желудочно-кишечного тракта. Отмечена актуальность комплексной переработки вторичного сырья масложировой промышленности. Выполнен литературный анализ исследования биопотенциала льняного жмыха и существующих технологий производства пищевых продуктов с его использованием. Проведены исследования по установлению содержания в промышленном образце льняного жмыха влаги, белка, жира, углеводов, в том числе клетчатки, а также минеральных веществ, в том числе кальция и фосфора. Рассчитаны показатели биологической ценности белковой фракции. Определена титруемая кислотность исследуемого образца. Сделано заключение о функциональности льняного жмыха по содержанию пищевых волокон и целесообразности его использования в качестве обогащающей добавки для производства функциональных продуктов питания.

***Ключевые слова:** льняной жмых, пищевые волокна, белок, функциональные продукты питания, желудочно-кишечные заболевания*

### ВВЕДЕНИЕ

В современном обществе из-за неправильного питания у людей возникает дефицит макро- и микронутриентов, пищевых волокон, полиненасыщенных жирных кислот и других веществ, необходимых для нормальной жизнедеятельности организма. В связи с этим появилась необходимость в создании различных функциональных продуктов, целью которых является не только восполнение дефицита питательных веществ, но и улучшение здоровья человека. Систематическое употребление функциональных продуктов способствует профилактике различных патологических состояний организма [1].

Заболевания желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) в настоящее время очень распространены, при этом имеет место тенденция роста их числа. Различают внутренние и внешние причины возникновения заболеваний ЖКТ. К внутренним можно отнести заболевания генетической предрасположенности, а также внутриутробные мутации. К внешним причинам - стрессы, неправильное питание, употребление алкогольной продукции, лекарственных препаратов, курение.

По данным ВОЗ за 2018 г., при обследовании населения Калининградской области для каждых 47,8 пациентов из 1000 чел. был впервые в жизни зарегистрирован диагноз заболеваний ЖКТ. В целом заболевания органов пищеварения заняли второе место после заболеваний органов дыхания (390,4 на 1000 чел.) [15].

Анализируя научную литературу, можно сделать вывод, что самой распространенной причиной роста заболеваний ЖКТ является несбалансированное питание.

Важная роль в диетической профилактике заболеваний ЖКТ традиционно отводится биологически активным веществам льняного семени.

### **ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В настоящей работе проводились физико-химические исследования лабораторного образца жмыха льна. Данный образец был выработан методом холодного прессования предприятием Миллеровского филиала АО «АСТОН» (Ростовская область) при переработке урожая льна 2019 г.

### **ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Целью настоящего исследования являлось изучение биопотенциала льняного жмыха в качестве профилактического пищевого ингредиента для потенциального использования в диетах при желудочно-кишечных заболеваниях.

Для достижения заданной цели был поставлен ряд задач:

- провести социологический опрос касательно заболеваний желудочно-кишечного тракта среди респондентов Калининградской области;
- сделать анализ научной литературы в области изучения биопотенциала льняного жмыха и технологий производства пищевых продуктов с его использованием;
- осуществить оценку качества промышленного образца льняного жмыха.

### **МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Социологический опрос респондентов проводился методом опроса респондентов путем самостоятельного заполнения ими специально разработанных анкет.

Исследование оценки качества промышленного образца льняного жмыха выполнялось по стандартным и общепринятым методикам.

На кафедре пищевой биотехнологии ФГБОУ ВО «КГТУ» был определен общий химический состав льняного жмыха АО «АСТОН» (табл. 1) и его титруемая кислотность. Дополнительно в испытательной лаборатории центра агрохимической службы «Калининградский» было установлено содержание клетчатки, кальция и фосфора в нем.

Повторность экспериментальных исследований была трехкратной, за окончательный результат принимали среднее арифметическое значение при допуске относительном расхождении величин 5 %.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В социологическом опросе приняли участие 99 жителей Калининградской области всех возрастных групп, из них 66,7 % составили женщины и 33,3 % - мужчины. Установлено, что 67,70 % респондентов периодически сталкиваются с заболеваниями ЖКТ (рис. 1). Самыми распространенными недугами оказались боль в желудке (30,30 %), изжога (23,20 %), запоры и тошнота (21,20 %).



Рисунок 1 - Наличие симптомов заболеваний ЖКТ среди респондентов Калининградской области

Среди биологически активных веществ льняного семени имеют место эссенциальные полиненасыщенные жирные кислоты (олеиновая, линолевая), пищевые волокна, все незаменимые аминокислоты, а также витамины А, В, Д, Е, минеральные вещества Са, К, Mg, Na, P, Mn, Fe, Zn [2, 6, 7].

Уникальность целебных свойств льняного семени отчасти связана со значительным содержанием лигнанов, проявляющих эстрогеноподобную активность в организме человека. Так, содержание основного представителя лигнанов в семенах льна - дигликозида секоизоларицирезинола (рис. 2) составляет 13,6-32,1 мг/г. Учеными в опытах *in vivo* установлено также антиканцерогенное и мощное антиоксидантное действие данного лигнана [17].

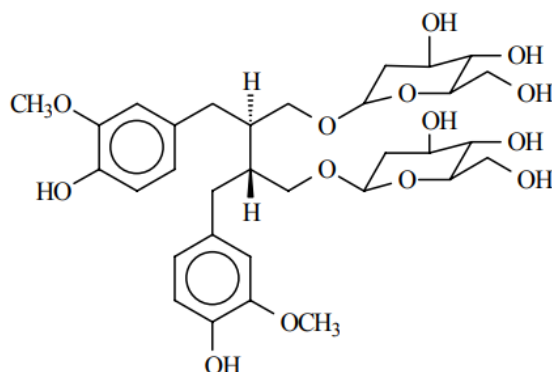


Рисунок 2 - Структурная формула секоизоларицирезинола диглюкозида

Наиболее часто семена льна в промышленности используют в качестве сырья для получения льняного масла. Побочным, но не менее ценным продуктом переработки семян льна является льняной жмых. Высокое содержание белка в составе льна говорит о перспективах его использования с целью создания продуктов, направленных на лечебно-профилактическое действие [4]. Например, в Институте холода и биотехнологий Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики авторами было проведено исследование по использованию в качестве функциональной добавки к пище продуктов переработки льняного семени. В ходе работы были подобраны оптимальная рецептура и количество компонентов функционального продукта на основе молочной сыворотки [5].

На кафедре биомедицины Тверского государственного университета была разработана технология получения альбуминно-глобулинового белка «линумин» из жмыха семян льна. Также было доказано, что белковый концентрат имеет высокую пищевую ценность и включает в свой состав незаменимые аминокислоты [14].

Однако в применяемых традиционных технологиях получения масла, основанных на нагреве сырья, воздействие температуры около 35 °С приводит к снижению количества аминокислот в жмыхе [3]. При этом семена льна подвергаются прессованию без отделения семенной оболочки, благодаря чему жмых льна имеет темную окраску и высокое содержание клетчатки [13]. Жмых льна может быть получен методом холодного прессования предварительно очищенных семян льна на шнековых или гидравлических прессах, что является более предпочтительным способом при использовании жмыха в технологии функциональных продуктов.

По органолептическим показателям исследуемый образец жмыха льна, внешний вид которого представлен на рис. 3, обладал высокими вкусовыми достоинствами и соответствовал требованиям ГОСТ 1097-95 «Жмых льняной. Технические условия»: цвет светло-коричневый, запах, свойственный льняному жмыху без посторонних запахов и затхлости.



Рисунок 3 - Внешний вид жмыха льняного семени АО «АСТОН»

Из табл. 1 видно, что полученные значения химического состава образца льняного жмыха соответствуют литературным данным. В большей степени исследуемый образец богат источниками пищевых волокон, ценного жира и белка. Титруемая (общая) кислотность жмыха составила 0,44 % в пересчете на яблочную кислоту.

Таблица 1 – Химический состав жмыха льняного семени

Показатель	Содержание, г/100 г	
	литературные данные [6,7]	опытные данные
Вода	6,00-8,00	7,32
Сухие вещества	92,00-94,00	92,68
Белки	26,00-30,00	13,12
Жиры	10,00-25,00	23,47
Минеральные вещества	1,50-5,00	4,75
- в том числе кальций	0,30-0,35	0,30
- в том числе фосфор	0,84-1,05	0,91
Углеводы	42,30-52,00	51,34
- в том числе пищевые волокна	28,00-34,00	Не определялось
- в том числе клетчатка	7,00-9,30	7,54

Значительная роль в профилактике желудочно-кишечных заболеваний отводится пищевым волокнам. В льняном жмыхе они представлены гемицеллюлозой, целлюлозой и лигнином, необходимыми нашему организму, и способны удерживать воду и соединять катионы. Гемицеллюлоза и целлюлоза поглощают в себя воду, что дает увеличение каловой массы и помогает испражнению толстого кишечника. Помимо этого, в рационе питания возрастет уровень потребления пищевых волокон, что немаловажно для перистальтики кишечника. Также они являются субстратом микрофлоры кишечника, тем самым оказывая влияние на иммунную систему и защищая от сердечно-сосудистых заболеваний, диабета, воспалительных процессов и др. [10]. В табл. 2 представлен состав углеводной фракции льняного жмыха.

Согласно методическим рекомендациям МР 2.3.1.1915-04 «Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ» ежедневное употребление в пищу льняного жмыха в количестве 11 г обеспечит его функциональность по содержанию пищевых волокон.

Таблица 2 – Углеводный состав жмыха льняного семени [10]

Показатель	Содержание в сухом веществе, %
Нейтрально-детергентная клетчатка	26,8
Кислотно-детергентная клетчатка	16,1
Целлюлоза	12,7
Гемицеллюлоза	10,7
Лигнин	3,4
Сахароза	7,3
Крахмал	1,7

Как видно из табл. 2, в льняном жмыхе установлен наименьший уровень сахарозы и крахмала среди безазотистых экстрактивных веществ и наибольший уровень гемицеллюлозы в ряду пищевых волокон в сравнении со жмыхами других масляничных культур – подсолнечных, расповых, сурепных и рыжиковых (превышение содержания гемицеллюлозы на 2,6-6,0 %).

Кроме высокого содержания клетчатки, благотворно влияющей на пищеварительную систему человека, льняной жмых образует слизь, способствующую защите слизистой желудка и обладающую болеутоляющим эффектом. Помимо этого слизь льняного жмыха увеличивает количество простагландинов, которые, в свою очередь, выполняют функцию гастропротекторов [4, 8]. Так, в исследованиях В.Т. Валуй, М.Н. Медведева, Г.И. Юпатова и Л.М. Немцова установлена эффективность влияния слизи льняного семени на уменьшение синдрома диспепсии среди пациентов с хроническим гастритом и профилактику рецидива данного заболевания. При этом было выявлено, что прием слизи в количестве 20 г в течение 25 сут при обострении хронического гастрита способствовал уменьшению воспаления в слизистой оболочке желудка [8].

Качественный состав белка льняного жмыха характеризуется наличием всех незаменимых аминокислот, имеет высокую биологическую ценность и усвояемость для растительного белка, что отражено в расчетных показателях (табл. 3) - коэффициенте различия аминокислотного сора (КРАС), биологической ценности (БЦ) и коэффициенте утилитарности аминокислотного состава (U).

Содержание некоторых заменимых аминокислот представлено в табл. 4, из которой видно преобладание глутаминовой кислоты (4,88 г/100 г белка), способствующей улучшению мозгового метаболизма.

Таблица 3 - Биологическая ценность белковой фракции жмыха льняного семени

Незаменимые аминокислоты (АК)	Содержание АК в белке ФАО ВОЗ, г / 100 г [18]	Льняной жмых	
		АК, г / 100 г белка [10]	АК скор, %
Изолейцин + лейцин	9,10	3,54	38,90
Лизин	4,80	1,65	34,37
Валин	4,00	2,04	50,10
Метионин + цистин	2,30	0,67	29,13
Треонин	2,50	1,17	46,80
Фенилаланин + тирозин	4,10	1,32	32,19
Триптофан	0,60	0,43	71,66
Сумма:	27,40	10,82	
КРАС, %		12,40	
БЦ, %		87,60	
U, дол. ед.		0,49	

Таблица 4 - Содержание заменимых аминокислот в жмыхе льняного семени [10]

Заменимые аминокислоты	Содержание, г/100 г белка
Аланин	0,57
Аспарагиновая кислота	1,08
Глутаминовая кислота	4,88
Глицин	1,72
Серин	1,10
Тирозин	0,92

В белковой фракции льняного жмыха отмечено относительно высокое содержание ароматических аминокислот, которые в организме человека являются нейромедиаторами, а кроме того, улучшают память, работу печени и поджелудочной железы. Протеиногенные аминокислоты, имеющие в своем строении разветвленные алифатические боковые цепи, в льняном жмыхе содержатся в большом количестве. Они нужны организму для поддержания иммунитета. Помимо этого, количество серосодержащих аминокислот, проявляющих антиоксидантное действие, также отмечено на аналогичном уровне [10, 11].

Актуальность рационального использования белковой фракции отражена в исследованиях П. М. Пахомова, А. Л. Григорьевой, А. Н. Панкрушиной, С. Д. Хижняк и А. Н. Стеблинина, где была разработана технология выделения белка из жмыха льна. В результате был получен белковый продукт, имеющий в своем составе около 70 % льняного белка [9].

В составе льняного жмыха остаточное количество жира может достигать 25 %. Ценность льняного масла состоит в высоком содержании  $\alpha$ -линоленовой полиненасыщенной жирной кислоты омега-3 ряда. Благоприятное действие льняного масла в профилактике заболеваний ЖКТ выражено в нормализации работы пищеварительной системы, снижении воспалений кишечника и желудка, эвакуации пищи из толстого кишечника. Также установлено противопаразитарное действие льняного масла в отношении органов желудочно-кишечного тракта [17].

Ранее учеными были доказаны выраженные бифидогенные свойства льняного масла при взаимодействии с жизнеспособными клетками бифидобактерий и повышение их холестеринметаболизирующих свойств. Следствием вышесказанного является повышение пробиотических свойств [17]. Это позволяет прогнозировать бифидогенную активность жмыха при использовании в молочной промышленности.

Применение льняного жмыха нашло отражение при совершенствовании рецептуры красного соуса, обедненного по содержанию пищевых волокон и минеральных веществ. При этом рекомендуется предварительное измельчение льняного жмыха до размера частиц 0,06-0,1 мм, что обусловлено максимальным выходом аминокислот в соус [16].

Количество минеральных веществ в льняном жмыхе может различаться в зависимости от первоначального содержания в сырье (семена льна) и использовании методов прессования, что оказывает влияние на свойства и количество компонентов. Содержание макро- и микроэлементов в льняном жмыхе представлено в табл. 5.

Таблица 5 - Количество макро- и микроэлементов в жмыхе льняного семени [6]

Макроэлементы, г				
Ca	K	Mg	Na	P
0,33	1,37	0,43	0,07	0,84
Микроэлементы, мг				
2,66	18,2	1,19	6,57	

Из данных табл. 5 видно, что среди макроэлементов преобладает калий, необходимый организму для нормальной работы нервной системы, а среди микроэлементов – железо,

участвующее в кроветворении, обмене веществ, поддержании иммунной системы. Количество кальция и фосфора сопоставимо с установленными значениями для исследуемого образца, приведенными в табл. 1. Они необходимы для поддержания костной ткани, также калий способствует снижению риска развития патологий толстой кишки, а фосфор участвует в передаче импульса нервам, входит в состав нуклеиновых кислот. В табл. 6 представлен витаминный состав льняного жмыха. Видно, что в нем присутствуют как водорастворимые, так и жирорастворимые витамины.

Таблица 6 - Содержание витаминов в жмыхе льняного семени [6]

Витамины	Содержание, мг
Никотиновая кислота (В <sub>3</sub> )	44,0
Пантотеновая кислота (В <sub>5</sub> )	9,5
Рибофлавин (В <sub>2</sub> )	4,7
Тиамин (В <sub>1</sub> )	10,2
Токоферолы (Е)	5,7

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научная новизна исследования заключается в установлении востребованности среди жителей Калининградской области в специализированном питании для людей с заболеваниями желудочно-кишечного тракта. Доказано наличие в льняном жмыхе биологически активных веществ с благотворным влиянием на желудочно-кишечный тракт. Установлена высокая пищевая ценность льняного жмыха по аминокислотной сбалансированности белков, наличию липидов, усвояемых углеводов, ценных пищевых волокон и микроэлементов, а также пониженная общая кислотность.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в доказательстве перспективности использования льняного жмыха в качестве обогащающей пищевой добавки в составе специализированной и функциональной продукции, предназначенной для профилактики желудочно-кишечных заболеваний. Перспективным направлением является использование льняного жмыха в молочной промышленности, что позволит не только обогатить готовый продукт необходимыми ЖКТ пищевыми волокнами, но и сократить время ферментации при производстве кисломолочной продукции.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малахова, Т. Н. Функциональные продукты питания и их значение в питании / Т. Н. Малахова // Наука в современных условиях: от идеи до внедрения. - 2016. - №15. - С.51.
2. Миневич, И. Э. Разработка технологических решений переработки семян льна для создания функциональных пищевых продуктов: дис...канд.техн.наук: 05.18.01/ Миневич Ирина Эдуардовна; МГУТУ. - Москва, 2009. – 233 с.
3. Экстракция, анализ и перспективы использования белковых комплексов из шрота *Linum Usitatissimum* / М. С. Барсукова, В. В. Орлов, Р. Н. Тарасова, Е. В. Ожимкова // Перспективы науки-2015: Сборник докладов I Международного заочного конкурса научно-исследовательских работ.(12-26 окт.): материалы. - Казань, 2015. - С.106,108.
4. Корнева, Л. Я. Пищевые концентраты для рационов здорового питания населения / Л. Я. Корнева, И. С. Коптяева // Центральный научный вестник. - 2018. - № 19 (60). - С. 27-28.
5. Чернакова, О. В. Функциональный молочный продукт, обогащенный мукой / О. В. Чернакова, Л. А. Забодалова // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. - 2013. - № 3. - С. 40-43.
6. Воронова, Н. С. Исследование состава льняного жмыха как нового ингредиента в производстве молочных продуктов / Н. С. Воронова, Л. С. Бередица // Современные тенденции технических наук (октябрь, 2015): материалы. - Казань, 2015. - С. 93-96.
7. Живетин, В. В. Масличный лен и его комплексное развитие / В. В. Живетин, Л. Н. Гинзбург. - Москва: «ЦНИИКА», 2000. - С. 20-25.
8. Валуев, В. Т. Слизь семени льна как средство выбора лечения синдрома диспепсии у

пациентов с хроническим гастритом и профилактики рецидива заболевания / В. Т. Валуй, М. Н. Медведев, Л. М. Немцов // Вестник фармации. - 2013. - № 2(60). - С. 68.

9. Количество и качество белка в продуктах переработки льняного жмыха / П. М. Пахомов, А. Л. Григорьева, А. Н. Панкрушина, С. Д. Хижняк // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. - 2006. - № 1(190). - С. 27.

10. Пахомова, О. Н. Перспективность использования жмыхов и шротов масличных культур для повышения пищевой и биологической ценности продуктов питания / О. Н. Пахомова // Научные записки ОрелГИЭТ. - 2011. - № 2(4). - С. 378-379.

11. Панкрушина, А. Н. Изучение биологической ценности белковых продуктов, полученных из жмыхов семян льна / А. Н. Панкрушина, А. Л. Григорьева // Вестник Тверского государственного университета. - 2007. - № 5.- С. 78.

12. Ронжин, И. В. Статистика заболеваний желудочно-кишечного тракта: причины, симптомы, профилактика/ И. В. Ронжин, Е. А. Пономарева // Молодой ученый. – 2015.- № 23 (103). - С.375-379.

13. Егорова, Е. Ю. Определение технических требований к жмыхам нетрадиционных масличных культур пищевого назначения / Е. Ю. Егорова, М. С. Бочкарев, И. Ю. Резниченко // Техника и технология пищевых производств. - 2014. - № 1. - С.131-137.

14. Григорьева, А. Л. Изучение биохимического состава, биологической ценности и структуры белковых продуктов, полученных из жмыхов семян льна: автореф. дис. ...канд. биол. наук: 03.00.04 / Григорьева Анна Леонидовна; ТГУ. - Тверь, 2007. - 20 с.

15. Калининградская область в цифрах. 2019: краткий статистический сборник / под ред. Е. С. Александрова. - Калининград, 2019. - 144 с.

16. Тошев, А. Д. Разработка технологии соусов с добавкой растительного происхождения с повышенной пищевой ценностью / А. Д. Тошев, Н. Д. Журавлева // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые биотехнологии». – 2016. – Т.4. – № 2. – С. 94-101.

17. Масло из семян льна [Электронный ресурс] / ООО «Пропионикс». Пищевые технологии и биопродукты. URL: <http://propionix.ru/lnyanoye-maslo> (дата обращения: 10.05.2019).

18. Consultation FE. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. FAO Food and Nutrition Paper 2013:1-66.

## INVESTIGATION OF FLAX OILCAKE BIOPOTENTIAL AS A FUNCTIONAL ADDITIVE TO FOOD

D.S. Scherbina, student of Food Biotechnology Department,  
e-mail: [dasha.sherbina568@yandex.ru](mailto:dasha.sherbina568@yandex.ru)  
Kaliningrad State Technical University

N.Yu. Mezenova, PhD, Associate Professor of Food Biotechnology Department,  
e-mail: [Nataliya.mezenova@klgtu.ru](mailto:Nataliya.mezenova@klgtu.ru)  
Kaliningrad State Technical University

The article considers the problem of gastrointestinal diseases. The sociological survey among Kaliningrad region respondents on the availability diseases of the gastrointestinal tract is conducted. The relevance of complex processing of the secondary raw materials oil and fat industry is indicated. A literary analysis on study of the flax oilcake biopotential and food production technologies using it was carried out. Studies on the determination of moisture, protein, fat, carbohydrates, including fiber, minerals, including calcium and phosphorus, in industrial flax oilcake were performed. Indicators of the biological value of the flax oilcake protein fraction were calculated. The total acidity of this flax oilcake sample was determined. A conclusion about the functionality of flax oilcake by the content of dietary fiber and its appropriateness to use as an enriching additive for the production of functional foods is made.

**Key words:** *flax oilcake, dietary fibres, protein, functional food products, diseases of the gastrointestinal tract*