

*ПОЛИСАХАРИДНО-БЕЛКОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ – НОВЫЕ  
БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ДЛЯ ПИЩЕВОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ*

**В.А. ЗУБЦОВ<sup>1</sup>, Д.П. ЕФРЕМОВ<sup>2</sup>, И.М. ЖАРКОВА<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Федеральный научный центр лубяных культур,  
170041, Российская Федерация, Тверь, пр. Комсомольский, 17/56;*

<sup>2</sup>*ООО «АгроЛён»,*

*656056, Российская Федерация, г. Барнаул, ул. Пушкина, 29;*

<sup>3</sup>*Воронежский государственный университет инженерных технологий,  
Российская Федерация, г. Воронеж, пр. Революции, 19*

В статье представлены результаты исследования по изучению полисахаридно-белковых комплексов, обладающих биологически активными свойствами. Применение их в производстве функциональных и специализированных продуктов питания для различных групп населения является актуальным. Выделены три продукта, обозначенных: П 1, П 2, П 3 из слизи семян льна, обладающих биологически активными свойствами. Наиболее активными были продукт П 2 и П 3. Предложены технологические приемы по максимальному выделению полисахаридно-белковых комплексов из льняной муки обработанных различными растворителями. Рекомендуются дальнейшие исследования по их влиянию на свойства получаемой готовой продукции в пищевой промышленности.

**Ключевые слова:** семена льна, полисахаридно-белковый комплекс, слизь/белок, гексан, этанол, изопропанол.

В настоящее время правительство Российской Федерации принимает меры по расширению посевных площадей льна долгунца и конопли. Это связано с недостатком сырья для текстильной промышленности. А также семян льна и продуктов их глубокой переработки [1,2,3]. В последнее время активно стали изучать полисахариды и полисахаридно-белковые комплексы семян льна в связи с обнаружением в них ряд биологически активных свойств, которые широко используются в производстве пищевой продукции. Полисахаридные комплексы коммерчески важны в пищевой промышленности из-за их хороших эмульгирующих свойств, где они используются для стабилизации эмульсий, суспензии частиц, контроля кристаллизации, инкапсуляции, образования пленок. Способы для включения льняной муки (льняного семени) в питание очень широко – от овощных супов и тушеных блюд до сухих завтраков, хлебобулочных изделий и кексов. Использование льняной муки в отдельных пищевых системах способствовало улучшению

свойств связывания воды и эмульгирования. Нельзя не отметить такие свойства полисахаридов семян льна, как обволакивающие и слабительные, умеренные радиопротекторные и иммунозащитные [3,4]. При исследовании полисахаридов льна ранее нами обнаружены и достоверно подтверждены свойства, как влагоудерживающие, структурообразующие, стабилизирующие и гелеобразующие [3-5]. В связи с этим следует рассматривать полисахаридно-белковые комплексы не только как пищевую добавку, но и как биологически активное вещество растительного происхождения, вносящее в пищевой продукт функциональные и специализированные свойства.

Цель исследования: Учитывая многие преимущества для здоровья полисахаридно-белкового комплекса (слизь/белок) разработать способы приготовления продукта концентрированной слизи из обезжиренной гексаном льняной муки для использования в пищевой промышленности.

Материалы и методы. Использовали льняное семя (*Linum usitatissimum* L.) сорта «Северный» производитель ООО «АгроЛён», г. Барнаул. Льняное масло отжимали при помощи гидравлического пресса, остаточное масло в льняном жмыхе, полученного после прессования, удаляли экстракцией т-гексаном с получением обезжиренной муки и обозначали ЛМГ или изопропанолом с получением обезжиренной льняной муки и обозначали ЛМГ-И с использованием аппарата Сокслета. Льняную муку ЛМГ детоксицировали с использованием изопропанола. Полученные продукты из льняной муки сушили, измельчали и сохраняли для дальнейших исследований.

Аналитические методы.

Содержание влаги, жира, белка, золы, сырой клетчатки определяли согласно АОАС [6]. Общее диетическое волокно определяли в соответствии со способом, описанном АОАС [6]. Растворимые пищевые волокна и нерастворимые пищевые волокна определяли в соответствии со способ, описанном ААСС [7]. Статистический анализ: данные были

проанализированы в соответствии с руководством пользователя системы статистического анализа STADIA.

Экспериментальные методы для использовали 3 метода. извлечения слизи.

1. Получение полисахаридно-белковых комплексов по методу соосаждения: слизь и белок экстрагировали из обезжиренной гексаном льняной муки (KVU) согласно Dev и Quensel [9] с некоторыми модификациями следующим образом: Льняную муку ЛМГ растворяли в дистиллированной воде в соотношении муки и воды 1:40 (в/об.) рН доводили до рН 9 с помощью 0,5 н раствора гидроксида натрия, перемешивали в течение 30 минут при комнатной температуре, по истечении указанного времени центрифугировали при скорости 2500 об/мин так же 30 минут. Супернатант фильтровали через ватно-марлевый фильтр и доводили его рН до 4,8 с помощью 0,5н раствора соляной кислоты. Далее его подвергали центрифугированию при 4500 об/мин в течение 30 минут. Полученный осадок суспендировали в небольшом объеме дистиллированной воды и доводили рН7 с помощью 0,5 н раствором гидроксида натрия, Полученный раствор сушили на лиофильной сушке (Va C05, Zirbus Technology, Osterode, Germany). Хранили в бюксе на активированном силикагеле в эксикаторе. *Продукт обозначали - П 1.*

2. Приготовление слизи путем модифицированного метода соосаждения,

Льняную муку ЛМГ растворяли в дистиллированной воде в соотношении муки и воды 1:40 (в/об), рН доводили до рН9 с помощью 0,5 н раствора гидроксида натрия, перемешивали в течении 30 минут при комнатной температуре, по истечении указанного времени, центрифугировали при охлаждении при скорости 2500 об/мин так же 30 минут. Суперталант филь-тровали, и слизь осаждали этанолом в соотношении 1:4. Этанольный экст-ракт выдерживали в течении 24 часов при температуре +5<sup>0</sup> С. Осадок отде-ляли центрифугированием при

температуре  $+5^{\circ}\text{C}$  при 4500 об/мин в течении 30 минут. Полученный осадок растворяли в воде и доводили до рН7 с помощью 0,5 н раствора гидроксидом натрия. Концентрат сушили на лиофильной сушке (Va C05, Zirbus Technology, Osterode, Germany). Порошок хранили в бюксе на активированном силикагеле в эксикаторе. Продукт обозначали - П 2.

3. Приготовление слизи по методу закипающей воды Bhattu [8] с некоторой модификацией.

Льняную муку ЛМГ экстрагировали закипающей дистиллированной водой при  $95^{\circ}\text{C}$  в течении 30 минут в соотношении 1:40 (в/о). Экстрагирование проводили путем постоянного перемешивания при скорости 120 оборотов в минуту. По истечении времени экстракт оставляли для охлаждения до комнатной температуры. Далее экстракт подвергали центрифугированию при 4500 об/мин в течении 30 минут при температуре  $5^{\circ}\text{C}$ , затем фильтровали. и слизь осаждали этанолом в соотношении 1:4. Этанольный экстракт выдерживали в течении 24 часов при температуре  $+5^{\circ}\text{C}$ . Осадок отделяли центрифугированием при температуре  $+5^{\circ}\text{C}$  при 4500 об/мин в течении 30 минут. Полученный осадок суспендировали в небольшом объеме дистиллированной воды и доводили до рН7 с помощью 0,5н раствором гидроксида натрия, Полученный раствор сушили на лиофильной сушке. Порошок хранили в бюксе над активированном силикагеле в эксикаторе. Полученный продукт обозначали - П 3.

4. Результаты исследования. Ранние проводимые исследования убедили нас о невозможности получить полисахариды (слизи) из семян льна в чистом виде без примеси белка. Из-за набухания полисахаридов в семенной оболочке в водной среде создаются препятствия для экстракции белков. Одновременно было обнаружено, что в процессе экстракции полисахаридов из семян льна происходит увеличение выхода белка из-за перехода его в растворенное состояние (солюбилизация) [Wanasundara and Shahidi,1997]. Полное отделение полисахаридов (слизи) от белков довольно сложно и,

следовательно, вместо продукта слизи мы получали продукт слизи/белка, который в дальнейшем мы называем полисахаридно-белковый комплекс.

Композиционный анализ полисахаридно – белкового комплекса (ПБК):

П1 – ПБК полученный из ЛМГ методом соосаждения; П 2 – ПБК полученный из ЛМГ модифицированным методом соосаждения; П3 – ПБК приготовленный из ЛМГ методом закипающей воды.

Таблица 1

Композиционный анализ полисахаридно-белковых комплексов (ПБК) полученных тремя способами из обезжиренной муки из изопропанола (ЛМИ)

Полисахаридно-белковый комплекс (П)	Содержание белка	Содержание жира	Содержание золы	Содержание цианогенных гликозидов
П1	61,7	0,6	9,9	Не обнаружено
П2	7,4	0,2	10,1	Не обнаружено
П3	20,5	0,3	7,4	Не обнаружено

Таблица 2

Композиционный анализ полисахаридно-белковых комплексов (ПБК) полученных тремя способами из обезжиренной муки гексаном льняной муки, детоксифицированной с использованием смеси гексан/метанол

Полисахаридно-белковый комплекс (П)	Содержание белка	Содержание жира	Содержание золы	Содержание цианогенных гликозидов
П1	64,7	0,5	9,0	Не обнаружено
П2	7,9	0,3	10,4	Не обнаружено
П3	19,2	0,3	11,5	Не обнаружено

Таблица 3

Композиционный анализ полисахаридно-белковых комплексов (ПБК) полученных тремя способами из обезжиренной муки гексаном льняной муки, детоксифицированной с использованием изопропанола (ЛМГ-И)

Полисахаридно-белковый комплекс (П)	Содержание белка	Содержание жира	Содержание золы	Содержание цианогенных гликозидов
П1	65,3	0,6	9,5	Не обнаружено

П2	8,4	0,2	9,1	Не обнаружено
П3	18,9	0,3	11,4	Не обнаружено

5. Содержание диетических волокон в полисахаридно-белковых комплексах

В таблицах 4-6 приведены результаты содержания диетических волокон, растворимых пищевых волокон и нерастворимых пищевых волокон. М1 – полисахаридно белковый комплекс (ПБК) полученный методом соосаждения; П2 – ПБК полученный из льняной муки, обработанной гексаном модифицированным методом соосаждения; П3 – ПБК полученный из льняной муки, обезжиренной гексаном методом закипающей воды.

Таблица 4

Содержание диетических волокон в полисахаридно-белковых комплексах, полученных тремя методами из обезжиренной муки из изопропанола (ЛДГ-И)

Полисахаридно-белковый комплекс (П)	Общее содержание количество диетических волокон	Растворимые пищевые волокна	Содержание золы
П 1	22,60	16,05	6,55
П 2	76,12	74,86	1,26
П 3	64,50	59,30	5,20

ПБК П1, полученный методом соосаждения из льняной муки ЛМГ, можно рассматривать результаты как неудовлетворительными. В тоже время П2 и П3 характеризуют продукты с высоким содержанием пищевых волокон.

Таблица 5

Содержание диетических волокон в полисахаридно-белковых комплексах, полученных тремя методами из обезжиренной льняной муки гексаном (ЛМГ), детоксифицированной смесью метанола (ЛМГ-М).

Полисахаридно-белковый комплекс (П)	Общее содержание количество диетических волокон	Растворимые пищевые волокна	Содержание золы
П 1	21,40	16,10	5,30
П 2	86,70	84,85	1,85
П 3	64,50	57,30	7,20

В таблице 5 ПБК, полученные различными методами из гексана (ЛМГ), детоксифицированной смесью метанола (ЛМГ-М), полученные результаты следуют той же тенденции что и результаты, полученные из обезжиренной муки из изопропанола, таб. 4.

Таблица 6

Содержание диетических волокон в полисахаридно-белковых комплексах, полученных тремя способами из обезжиренной муки гексаном (ЛМГ), детоксифицированной с использованием изопропанола (ЛМГ-И)

Полисахаридно-белковый комплекс (П)	Общее содержание количество диетических волокон	Растворимые пищевые волокна	Содержание золы
П 1	20,90	16,05	4,85
П 2	87,12	85,76	1,36
П 3	69,50	63,30	6,20

В таблице 6 наблюдается та же тенденция в продуктах полисахаридно-белковых комплексах П1, П2, П3, полученных различными методами.

Влияние различных условий обработки на выход слизи:

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что обезжиривание льняного семени изопропанолом для получения льняной муки – ЛМГ-И более целесообразно, но поскольку масляная промышленность использует гексан, для обезжиривания казалось более реалистичным работать на обезжиренной гексаном льняной муки (ЛМГ), но к сожалению льняная мука (ЛМГ) содержит цианогенные гликозиды.

В выше приведенных данных показали, что дезоксидация ЛМГ со смесью изопропанолом дают продукты полисахаридно-белковых комплексов с высоким содержанием растворимых пищевых волокон. Однако в настоящее время имеются некоторые ограничения использования метанола в пище, поэтому обезжиренная гексаном мука и детоксифицированная изопропанолом льняная мука (ЛМГ-И) была выбрана для дальнейшей работы.

Был исследован гидромодуль льняной муки обработанной изопропанолом для определения максимального выхода полисахаридно-белкового комплекса исследуемых продуктах П1, П2, П3.

В таблице 7 представлены данные о влиянии соотношения мука:вода на выход полисахаридно-белкового комплекса (продукт П), полученные из ЛМГ-И. Из таблице ясно видно, что для всех образцов (П1,П2,П3) соблюдалась та же тенденция результатов, что описаны выше.. Выход слизи (полисахаридно-белковых комплексов) был прямо пропорционален увеличению соотношения мука:вода до достижения 1 : 40, когда для образцов был получен оптимальный выход.

Таблица 7

Соотношение муки и воды на выход слизи трех продуктов полисахаридно - белковых комплексов (продуктов) полученных и льняной муки – ЛМГ- И.

Полисахаридно-белковый комплекс (П)	Разведение мука/вода 1:20	Разведение мука/вода 1:35	Разведение мука/вода 1:40	Разведение мука/вода 1:45
П1	20	79,0	95,0	86,4
П2	20,8	82,4	98,1	85,7
П3	18,9	74,3	91,4	84,9

Были проведены исследования по влияние температуры при центрифугировании при получении полисахаридно- белковых комплексов (ПБК) из льняной муки – ЛМГ-И.

Таблица 8

Влияние температуры рефрижераторной центрифуги на выход полисахаридно-белкового комплекса (слизи/белок) из льняной муки, обезжиренной гесаном и изопропанолом (ЛМН-И).

ПБК (П)	Температура внутри рефрижераторной центрифуги (в г)			
	4 <sup>0</sup> С	10 <sup>0</sup> С	20 <sup>0</sup> С	30 <sup>0</sup> С
П1	97.2	89.0	33.4	12.5
П2	97.2	78.4	35.5	112
П3	96.4	78.5	32.8	10.5



В таблице 8 представлены результаты влияние температуры центрифугирования на выход ПБК (слизи), полученными методами соосаждения, модифицированного соосаждения и закипающей воды из льняной муки – ЛМГ-И.

Наилучший выход был достигнут при минимальной температуре +4<sup>0</sup>С, где П1, П2, П3 приводили к выходу 97,2; 97,2 и 96,4 г соответственно. При повышении температуры выход слизи был меньше. Это относится ко всем исследуемым полисахаридно-белковых (продуктов) комплексов (слизи/белок).

Соотношение слизь: этанол (об. /об.).

Для определения максимального выхода слизи/белок был использованы два метода: модифицированный метод соосаждения и метод закипающей воды, где этанол применяли для осаждения слизи. Используемые соотношения слизи:этанол включали: 1:20; 1:30; 1:40; 1:50. Результаты этого эксперимента продемонстрирован в таблице 9, где максимальный выход слизи был достигнут при соотношении 1:50: слизь:этанол.

Таблица 9

Влияние этанола на выход слизь/белок двух продуктов П1 и П2.

ПБК (П)	Соотношение слизи этанол			
	1:20	1:30	1:40	1:50
Соотношение (об/об)				
П2	35,2	56,1	74,4	94,1
П3	35,0	52,4	72,4	92,8

Сравнивая методы получения полисахаридно-белковых комплексов (слизи), можно сделать вывод, что метод соосаждения дает продукт с высоким содержанием слизи/ низким содержанием белка продукт П 2.

## Выводы.

Наилучший выход полисахаридно-белковых комплексов был достигнут при минимальной температуре +4<sup>0</sup>С, где П1, П2, П3 приводили к выходу 97,2; 97,2 и 96,4 г соответственно. При повышении температуры выход слизи был меньше. Это относится ко всем исследуемым полисахаридно-белковым (продуктов) комплексов (слизи/белок).

Для определения максимального выхода слизи/белок были использованы соотношения слизи:этанола включали: 1:20; 1:30; 1:40; 1:50. Максимальный выход слизи был достигнут при соотношении 1:50; слизь: этанол. Максимальное количество слизи получается при водной экстракции при гидромодуле 1;40. Проведенные исследования показали что полученный полисахаридно-белковый комплекс (слизь/белок) полученный, как П2 методом соосаждения является перспективным продуктом в пищевой промышленности из за его высоких технологических свойств. В то же время необходимо продолжить медико-биологические исследования полисахаридно-белковых комплексов семян льна, обладающих лечебно-профилактическими и функциональными свойствами. Внедрение в широкую практику полисахаридно-белковые комплексы в ежедневный рацион продуктов питания людей среднего и пожилого возраста даст положительный эффект в оздоровлении нации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Особенности процесса экстракции полисахаридов слизи из семян льна / И.Э. Миневич [и др.] // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2018. – № 2. – С. 3–11.
2. Миневич, И.Э. Гидроколлоиды из семян льна: характеристика и перспективы использования в пищевых технологиях / И.Э. Миневич, Л.Л. Осипова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2017. – № 3. – С. 16–25.

3. Цыганова, Т.Б. Перспективы глубокой переработки семян льна / Т.Б. Цыганова, И.Э. Миневич, В.А. Зубцов, Л.Л. Осипова // Хлебопечение России. – 2016. – № 4. – С. 12–15.

4. Миневич, И.Э. Реологические свойства растворов полисахаридов семян льна / И.Э. Миневич, Л.Л. Осипова, В.А. Зубцов // Пищевая промышленность. – 2017. – № 5. – С. 38–40.

5. Миневич, И.Э. Исследование процесса экстракции полисахаридов и белка из льняного жмыха / И.Э. Миневич, Л.Л. Осипова, В.А. Зубцов // Основные результаты и направления развития научных исследований по льну-долгунцу: сб. науч. тр. – Торжок. – 2010. – С. 406–410.

6. AOAC, 2005. Official Methods of Analysis. 15<sup>th</sup> Edn., Fssociation of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

7. AACC, 1990. American Association of Chemists. Approved Methods? 12<sup>th</sup> Edn., University Ave, Pub. Univ. of Family, St., Paul, Minn, USA.

8. Bhatt, R.S., 1993. Further compositional analysis of flax mucilage, trypsin inhibitors and hydrocyanic acid. J. Am. Oil Chem. Soci., 70: 899-904.

9. Dev, D.K. and E. Quensel, 1988. Preparation and functional properties of linseed protein products containing different levels of mucilage. J. Food Sci., 53:1834- 1837.

## REFERENCES

1. Osobennosti protsessa ekstraktsii polisakharidov slizi iz semyan lna / I.E. Minevich [i dr.] // Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya: Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv. – 2018. – № 2. – S. 3–11.

2. Minevich, I.E. Gidrokolloidy iz semyan lna: kharakteristika i perspektivy ispolzovaniya v pishchevykh tekhnologiyakh / I.E. Minevich, L.L. Osipova // Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya: Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv. – 2017. – № 3. – S. 16–25.

3. Tsyganova, T.B. Perspektivy glubokoy pererabotki semyan lna / T.B. Tsyganova, I.E. Minevich, V.A. Zubtsov, L.L. Osipova // *Khlebopechenie Rossii*. – 2016. – № 4. – S. 12–15.
4. Minevich, I.E. Reologicheskie svoystva rastvorov polisakharidov semyan lna / I.E. Minevich, L.L. Osipova, V.A. Zubtsov // *Pishchevaya promyshlennost*. – 2017. – № 5. – S. 38–40.
5. Minevich, I.E. Issledovanie protsessa ekstraktsii polisakharidov i belka iz lnyanogo zhmykha / I.E. Minevich, L.L. Osipova, V.A. Zubtsov // *Osnovnye rezultaty i napravleniya razvitiya nauchnykh issledovaniy po lnu-dolguntsu: sb. nauch. tr.* – Torzhok. – 2010. – S. 406–410.
6. AOAC, 2005. *Official Methods of Analysis*. 15th Edn., Fssociation of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
7. AACC, 1990. *American Association of Chemists. Approved Methods?* 12th Edn., University Ave, Pub. Univ. of Family, St., Paul, Minn, USA.
8. Bhatt, R.S., 1993. Further compositional analysis of flax mucilage, trypsin inhibitors and hydrocyanic acid. *J. Am. Oil Chem. Soci.*, 70: 899-904.
9. Dev, D.K. and E. Quensel, 1988. Preparation and functional properties of linseed protein products containing different levels of mucilage. *J. Food Sci.*, 53:1834- 1837.

*POLYSACCHARIDE-PROTEIN COMPLEXES-NEW BIOLOGICALLY ACTIVE COMPONENTS FOR THE FOOD INDUSTRY*

**V.A. ZUBTSOV<sup>1</sup>, D.P. EFREMOV<sup>2</sup>, I.M. ZHARKOVA<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Federal scientific center of bast cultures,  
17/56, Komsomolskiy av., Tver, Russian Federation, 170041;*

<sup>2</sup> *Agrolen LLC,*

*29, Pushkina st., Barnaul, Russian Federation, 656056;*

<sup>3</sup> *Voronezh State University of Engineering Technologies,  
19, Revolyutsii av., Voronezh, Russian Federation, 394036*

The article presents the results of a study on polysaccharide-protein complexes with biologically active properties. The use of them in the production of functional and

specialized foodstuffs for different groups of the population is relevant. Three products designated are: P 1, P 2, P 3 of flax seed mucus, which have biologically active properties. The most active were the product P 2 and P 3. Technological techniques are offered to maximize the release of polysaccharide-protein complexes from flaxflour processed by various solvents. Further research on their impact on the properties of finished products in the food industry is recommended.

**Keywords:** flax seeds, polysaccharadno-protein complex, mucus/protein, hexane, ethanol, isopropanol.