

Л.И. Мачихина, доктор техн. наук,
 Е.П. Мелешкина, доктор техн. наук,
 Л.Г. Приезжева, канд. биол. наук,
 С.О. Смирнов, канд. техн. наук,
 ГНУ ВНИИЗ Россельхозакадемии
 (Москва)

А.А. Жученко (мл.), академик РАСХН,
 Научный центр «ЭкоВИЛАР» (Москва)

Т.А. Рожмина, доктор биол. наук,
 ГНУ ВНИИЛ Россельхозакадемии
 (г. Торжок)

Создание технологии производства новых продуктов питания из семян льна

В современных условиях возрастают требования к пищевым продуктам – они должны не только соответствовать сформировавшимся, традиционным вкусам потребителей, но и относиться к категории продуктов здорового питания, т.е. не вредить человеческому организму, а укреплять и оздоравливать его.

На протяжении XX в. перед технологами мукомольного производства стояла задача выделить из перерабатываемого зерна как можно больше эндосперма, в максимальной степени отделяя его от оболочек и других частей зерновки. Такая позиция соответствовала концепции питания, учитывающей пищевую и энергетическую ценность пищевых продуктов [5]. Однако при этом мука вследствие удаления оболочек и других периферийных частей зерновки была крайне обеднена макро- и микроэлементами.

В процессе развития науки о питании спектр необходимых для жизнедеятельности организма пищевых веществ был значительно расширен, и возникла новая концепция – концепция адекватного питания, в которой необходимым компонентом пищи были признаны не только полезные, но и балластные вещества (пищевые волокна), а на ее основе была разработана концепция функционального питания [4, 5], в рамках которой ученые ГНУ ВНИИЗ создают новые направления переработки зерна различных сельскохозяйственных культур.

Известно, что в развитых странах первое место по летальному исходу занимают сердечно-сосудистые заболевания и рак – около 75% смертей, как констатирует ООН [8] – [10]. Учитывая необходимость профилактики подобных заболеваний, пищевая и перерабатывающая отрасли промышленности должны претворять в жизнь стратегическую задачу создания таких продуктов, которые позволят улучшить и сохранить здоровье нации. Одним из главных направлений этой работы является выявление новых источников биологически ценных пищевых продуктов. В развитых странах в последние десятилетия потребление льняного семени и масла из льна переживает настоящий бум, что можно объяснить, сопоставив причины смертности и биохимический состав льняного семени. Так, в Канаде, где смертность от рака зани-

Аннотация. Приведены результаты поисковой работы по созданию новых пищевых продуктов лечебно-профилактического назначения из льняного семени. Проанализированы физико-химические свойства и жирнокислотный состав семян льна, льняных муки и отрубей, а также хлеба из пшенично-льняной смеси.

Ключевые слова: семена льна, льняные мука и отруби, новая технология, новые продукты

Abstract. Search work carried out to develop new food products of therapeutic and prophylactic use of flax seed. An analysis of physico-chemical properties and fatty acid composition of flax seed, flax flour and bran, and bread from the wheat-flax blends.

Keywords: flax seeds, flax meal and bran, new technology, new products.

мает первое место [10], принята специальная национальная программа по льну, рекомендующая включать до 12% семян льна в хлебобулочные изделия. Согласно исследованиям Канадского совета по льну, компоненты семян льна ω -3, лигнаны и пищевые волокна можно использовать в качестве лечебных добавок (рис. 1) [11].

Известно, что противораковый эффект льняного семени заключается в содержащихся в нем лигнанах – фитохимических веществах, имеющих широкий спектр биологической активности с антибактериальным, анти-вирусным и антигрибковым эффектом. Помимо лигнанов противораковым действием обладают полиненасыщенная жирная кислота (ПНЖК) ω -3 и растворимые пищевые волокна. По данным зарубежных ученых, ценные ПНЖК называют эликсиром молодости [6, 7].

В связи с лечебными свойствами льняного семени для профилактики рака и сердечно-сосудистых заболеваний лён должен стать сырьем не только для масло-жировой продукции, но и для производства широкого ассортимента продуктов: хлебобулочных, крупяных, кондитерских, кулинарных, а также пищевых добавок на основе полученных промежуточных продуктов переработки льна со значительным содержанием ω -3, лигнанов, пищевых волокон, макро- и микронутриентов.

Однако в нашей стране до сих пор отсутствует государственный стандарт на семена льна и продукты его пере-



Рис. 1. Вещества семян льна функционального назначения [11]

Пшеничная мука+ +5% льняных отрубей	21,1	7,68	65	I хорошая
----------------------------------------	------	------	----	-----------

личными; одна (3) – лён темноокрашенный масличный. Все пробы урожая 2010 г.

работки пищевого назначения. Согласно ГОСТ 10582–76 «Семена льна масличного. Промышленное сырье. Технические условия», семена льна предназначены для промышленной переработки, хотя имеются глубокие и интересные исследования льна как пищевого сырья [2, 3]. В целом для проведения такой работы требуется взаимодействие ученых различных отраслей сельского хозяйства, науки и промышленности в рамках федеральной целевой программы «Развитие льняного комплекса России на период до 2020 г.». Для успешного решения обозначенной проблемы ученые ГНУ ВНИИЛ и ГНУ ВНИИЗ Россельхозакадемии объединили свои усилия.

В 2005 г. впервые ученые ГНУ ВНИИЛ (академик РАСХН А.А. Жученко (мл.); доктор биол. наук Т.А. Рожмина; ст. науч. сотр. Т.С. Киселёва; ст. науч. сотр. Л.М. Голубева; канд. биол. наук И.В. Ущуповский; канд. с.-х. наук Н.И. Лошакова; канд. биол. наук Т.В. Крылова) создали отечественный сорт масличного льна пищевого назначения ЛМ 98 (патент № 2655 от 13.04.2005). Для России данный сорт уникален, поскольку авторы создали его специально для продовольственных целей с учетом необходимости сохранения функциональных свойств льна в процессе хранения и переработки в пищевую и фармацевтическую продукцию. Отличительные особенности данного сорта – желтая окраска семени (рис. 2), тонкая его оболочка и низкое содержание линоленовой кислоты, что обеспечивает существенный экономический эффект за счет значительного увеличения продолжительности хранения масла. Так, содержание линоленовой кислоты в масле составляет 4%, линолевой – 68,9%. Данное соотношение кислот приближается к рекомендованному совместным Комитетом пищевой и сельскохозяйственной организации и Всемирной организацией здоровья – 1 : 10. Сорт позднеспелый, урожайность семян – 16,3 ц/га, содержание масла – 42,8 %, устойчив к полеганию, осыпанию и болезням (ржавчина, фузариозное увядание). Сорт включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ с 2008 г. по Средневолжскому и Восточно-Сибирскому регионам.



Рис. 2. Семена льна сорта ЛМ 98

В соответствии с современными требованиями здорового питания, ученые ГНУ ВНИИЗ разработали концепцию мукомольного процесса, максимально использующего фитохимический потенциал перерабатываемого сырья. Эта концепция предусматривает, прежде всего, создание технологий помола зерновых и крупяных культур, позволяющих получать новые продукты переработки зерна на основе разделения зерновки или семени на отдельные анатомические части, в зависимости от их целевого назначения, что будет способствовать укреплению и поддержанию здоровья человека.

Поскольку главным источником лигнанов и пищевых волокон является семенная оболочка, ПНЖК – зародыш и

1. Характеристика качества семян льна урожая 2010 г.

Проба	Органолептические показатели			Натура, г/л	Содержание влаги, %	Масса 1000 семян		Зольность, %
	Цвет	Запах	Вкус			фактич.	С.В.	
1	Золотистый	Свойственный нормальному зерну	Сладковатый, слегка маслянистый	725	10	4,46	4,01	4,47
2				724	6,4	4,35	4,07	4,45
3	Коричневый		Специфический привкус, выраженная маслянистость	656	8	7,06	6,5	3,68

2. Характеристика клейковины пшеничной муки при добавлении льняной муки в разных концентрациях (проба 2)

Продукт	Количество клейковины, %		Качество клейковины	
	сырой	сухой	ед. ИДК	группа
Пшеничная мука высшего сорта (контроль)	28,7	10,85	57	I хорошая
<i>Механизированный способ</i>				
Пшеничная мука + 5% льняной муки	28,3	11,4	61	I хорошая
Пшеничная мука + 10% льняной муки	27,2	11,12	62	I хорошая
<i>Ручной способ</i>				
Пшеничная мука + 10% льняной муки	19,6	7,08	78	II удовл. слабая
Пшеничная мука + 15% льняной муки	13,7	5,4	Не определяется	
Пшеничная мука + 20% льняной муки	7,2	2,8		
Пшеничная мука + 5% льняных отрубей	21,1	7,68	65	I хорошая

эндосперм семени льна, белок – эндосперм и зародыш, то перед мукомолами стоит задача разделения семени льна на семенные оболочки, зародыш и эндосперм как источники веществ, используемые для профилактики онкологических, сердечно-сосудистых, желудочно-кишечных, почечных заболеваний, сахарного диабета, артрита и укрепления иммунной системы. ГНУ ВНИИЗ под руководством директора Л.И. Мачихиной провел поисковые исследования в направлении получения новых видов продуктов на основе использования семян нового сорта льна ЛМ 98. Поскольку до настоящего времени исследования в нашей стране по применению семян льна в пищевых целях проводились только на сортах с темноокрашенными семенами масличного льна и льна-долгунца, то представляет большой интерес исследование отечественного продовольственного сорта льна со светлоокрашенными семенами. В связи с этим исследовали 3 пробы льна, полученные от ГНУ ВНИИЛ: две (1 и 2) – лён светлоокрашенный маслянистый; одна (3) – лён темноокрашенный маслянистый. Все пробы урожая 2010 г.

Пробы семян льна были проанализированы по стандартизированным показателям качества в соответствии с ГОСТ 10582–76 «Семена льна масличного. Промышленное сырье. Технические условия», разработчиком которого является ГНУ ВНИИЗ. Дополнительно были определены масса 1000 семян и зольность (табл. 1). Установлено, что по физическим свойствам сорта темно- и светлоокрашенных семян льна значительно различаются.

В результате проведенной в ГНУ ВНИИЗ поисковой работы также установлено, что существует возможность получения из семян льна, как минимум, трех видов продуктов: крупы, крупки и муки с разным гранулометрическим составом. Решение этого комплекса задач позволит проводить извлечение и определять возможности использования извлеченных компонентов на те или иные лечебные цели с наибольшей целесообразностью.

Для выявления технологических свойств льняной необезжиренной муки провели переработку семян льна по предварительной технологической схеме, получив льняную нативную муку и льняные нативные отруби. У проб 1 и 2 выход муки составил соответственно 70 и 65%. Далее оценивали качество полученной муки, свойства клейковины в пшеничной муке при добавлении льняной муки и льняных отрубей. Установлено, что при введении до 10% льняной муки клейковина из смеси пшеничной и

льняной муки отмывается, однако увеличение количества льняной муки приводит к существенному расслаблению клейковины и препятствует агрегированию кусочков клейковины – она становится несвязной, особенно при ручном способе (табл. 2, рис. 3). Такое влияние характерно именно для муки, полученной по новой технологии, в отличие от технологии, описанной в работе И. Э. Миневиц [3], где получены данные по укреплению клейковины.

Но, поскольку главная цель работы – исследование функциональных свойств семян льна, то было определено содержание жира в продуктах его переработки. В отличие от пшеничной муки и отрубей, в льняной муке содержание жира выше, чем в отрубях, что объясняется анатомическим строением семян льна: зародыш, содержащий основное количество жира, находится внутри семени (табл. 3).

В табл. 4 и 5 приведены результаты определения с помощью газовой капиллярной хроматографии по ГОСТ Р 51483–99 содержания основных жирных кислот льняного семени, льняной муки и отрубей, пшеничной муки и смесей, составленных из пшеничной муки с добавлением льняной муки и отрубей.

Как видно из полученных результатов, сумма полиненасыщенных жирных кислот (первые 3 строчки табл. 4) составляет в льняном семени – 86,30%, в льняной муке – 87,21%, в льняных отрубях – 87,44%, т.е. жир льня-

3. Содержание жира в образцах семени льна, муки, отрубей и в хлебе с добавлением муки и отрубей из льна сорта ЛМ98

Продукт	Содержание влаги, %	Содержание жира, %
Семена льна	6,9	39,37
Льняная мука (выход 65%)	6,2	42,79
Льняные отруби (выход 35%)	7,8	33,02
Хлеб из пшеничной муки (контроль)	–	0,55
Хлеб из пшеничной муки + 20% льняной муки	–	0,47
Хлеб из пшеничной муки + 15% льняных отрубей	–	2,86

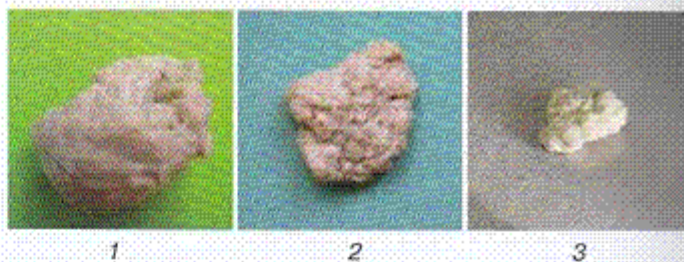


Рис. 3. Клейковина из смеси пшеничной муки высшего сорта и льняной муки односортового помола с содержанием последней в количестве: 1 – 10%; 2 – 15%; 3 – 20%

4. Жирнокислотный состав продуктов из льна

Наименование жирных кислот	Содержание жирных кислот, %					
	в семенах льна (39,37% жира)		в льняной муке (42,79% жира)		в льняных отрубях (33,02% жира)	
	относительное	абсолютное	относительное	абсолютное	относительное	абсолютное
α -Линоленовая $C_{18:3}$	1,99	0,78	1,57	0,67	1,73	0,57
Линолевая $C_{18:2}$	63,25	24,9	66,25	28,35	66,81	22,06
Олеиновая $C_{18:1}$	21,06	8,30	19,39	8,30	18,90	6,24
Стеариновая $C_{18:0}$	5,62	2,21	5,08	2,17	4,43	1,46
Пальмитиновая $C_{16:0}$	6,03	2,57	5,68	2,43	6,15	2,03
Всего	97,95	38,56	97,97	41,92	98,02	32,36

5. Жирнокислотный состав хлеба с добавлением продуктов из семян льна

Наименование жирных кислот	Содержание жирных кислот, %					
	в контроле – хлебе из пшеничной муки (0,55% жира)		в хлебе из пшеничной муки + 20% льняной муки (6,47% жира)		в хлебе из пшеничной муки + 15% льняных отрубей (2,86% жира)	
	относительное	абсолютное	относительное	абсолютное	относительное	абсолютное
α -Линоленовая $C_{18:3}$	1,51	0,008	1,44	0,10	1,50	0,04
Линолевая $C_{18:2}$	60,40	0,33	65,67	4,25	64,86	1,85
Олеиновая $C_{18:1}$	21,17	0,11	19,68	1,27	19,95	0,57
Стеариновая $C_{18:0}$	2,39	0,01	4,02	0,26	4,02	0,11
Пальмитиновая $C_{16:0}$	11,35	0,06	7,05	0,46	7,40	0,21
Всего	–	0,52	–	6,33	–	2,78

ного семени состоит в основном из полиненасыщенных жирных кислот (линоленовой, линолевой и олеиновой). Анализ полученных результатов показывает, что добавление 20% льняной муки увеличивает содержание жира в смеси на 5,92% (в 11,8 раза, по сравнению с пшеничной мукой), добавление 15% отрубей увеличивает содержание жира в смеси на 2,31% (в 5,2 раза, по сравнению с пшеничной мукой). Удельный вес линолевой и линоленовой кислот выше в жире отрубей, но в силу того, что мука содержит больше жира, общее содержание этих кислот выше в льняной муке. Хлеб, приготовленный из смеси пшеничной муки с добавлением льняной муки и отрубей, содержит, по сравнению с контролем, больше линоленовой кислоты – соответственно в 12,5 и 5,4 раз, линолевой – в 12,9 и 5,6 раз, олеиновой – в 11,5 и 5,2 раза.

Таким образом, можно сделать вывод: жирнокислотный состав нового сорта пищевого льна ЛМ 98 близок к пшеничной муке, что обеспечивает возможность его лучшего хранения, по сравнению с другими сортами масличного льна. В свою очередь, высокое содержание жира в льняной муке и отрубей позволит обогатить пшеничную муку жирными кислотами ω -3 и ω -6 и тем самым получить новые продукты с повышенными пищевыми, биологическими и лечебными свойствами.

Для обогащения пшеничной муки можно использовать льняной шрот после отжима масла из льняного семени. Этот шрот авторы статьи [1] называют *полуобезжиренной мукой*. Содержание жира в нем, по сравнению с исходным сырьем, в 8 раз меньше. Внесение даже 20% такой муки обогатит хлеб только пищевыми волокнами и белком, но практически исключит такой

ценный компонент льняного семени, как полиненасыщенные жирные кислоты типа ω -3 и ω -6.

Проведенная нами оценка качества хлеба, приготовленного из пшеничной муки односортного помола 70%-ного выхода с добавлением льняной муки односортного помола и льняных отрубей, показала, что такой важный показатель, как объемный выход при выпечке хлеба из смеси пшеничной и льняной муки или льняных отрубей соответствовал требованиям к пшеничной муке высшего и 1-го сортов, имел значения около 400 см³ и выше (406–500 см³) при формоустойчивости 0,38–0,67. Лишь при выпечке хлеба с льняной мукой пробы 2 в двух вариантах: пшеничная мука + 10% льняной муки и пшеничная мука + 15% льняной муки, этот показатель был ниже нормы (0,35) и имел значения 0,22, вследствие длительной расстойки. Также в хлебе из смеси пшеничной + 20% льняной муки значения объемного выхода и формоустойчивости были ниже нормы (табл. 6). Полученные результаты свидетельствуют о необходимости соблюдения определенной дозы добавления льняной муки и льняных отрубей в изделия. В частности, для хлебобулочных изделий, по-видимому, максимальной является доза 10% от массы муки при меньшей продолжительности расстойки полуфабрикатов, по сравнению с изделиями из одной только пшеничной муки.

Суммарная органолептическая оценка была достаточно высокой и составила 8–10 баллов. При этом качество мякиша было оценено в 4–5 баллов, за исключением пробы с добавлением 20% льняной муки – соответственно 6 и 3 балла (рис. 4). Хорошие показатели каче-

6. Характеристика качества хлеба, приготовленного по ГОСТ 27669–88 из семян льна сорта ЛМ 98

Проба	Вариант	Объемный выход хлеба V, см ³ /100 г муки	Формоустойчивость	Органолептическая оценка, баллы	
				внешнего вида	мякиша
1	Пшеничная мука (контроль)	553	0,46	5	5
	Пшеничная мука+10% льняной муки	425	0,38	4	4
	Пшеничная мука+20% льняной муки	369	0,33	3	3
	Пшеничная мука+10% льняных отрубей	463	0,42	5	4
	Пшеничная мука+15% льняных отрубей	414	0,42	4	4
2	Пшеничная мука (контроль)	535	0,67	5	5
	Пшеничная мука+10% льняной муки	476	0,22	4	4
	Пшеничная мука+15% льняной муки	428	0,22	4	4
	Пшеничная мука+10% льняных отрубей	500	0,38	5	5
	Пшеничная мука+20% льняных отрубей	406	0,41	4	4

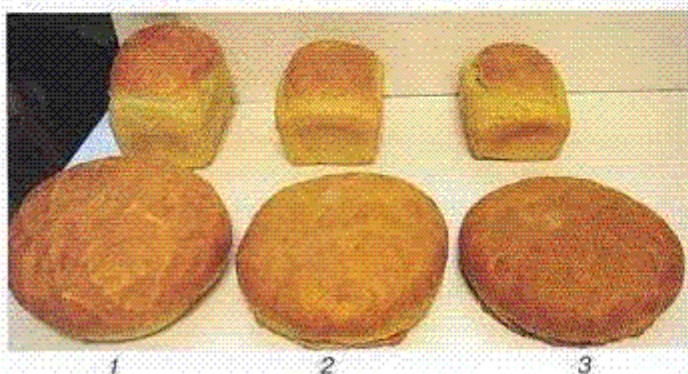


Рис. 4. Хлеб, приготовленный из смеси пшеничной и льняной муки односортного помола с содержанием последней в количестве: 1 – 0 (контроль); 2 – 10%; 3 – 20%

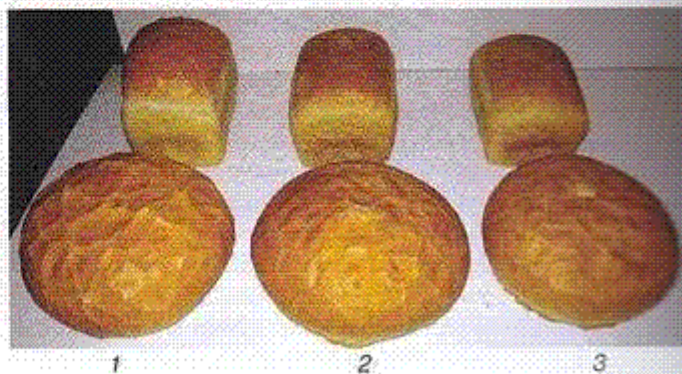


Рис. 5. Хлеб, приготовленный из смеси пшеничной муки односортного помола с льняными отрубями с содержанием последних в количестве: 1 – 0 (контроль); 2 – 10%; 3 – 20%

ства также были получены при выпечке хлеба из смеси пшеничной муки и льняных отрубей (рис. 5).

Однако наибольшим достоинством хлеба с добавлением льняной муки и льняных отрубей следует считать его потребительские свойства, в первую очередь вкус и запах. Экспертной дегустационной комиссией ГНУ ВНИИЗ был отмечен очень приятный, хорошо выраженный, характерный вкус у хлеба с добавлением льняной муки и льняных отрубей. При этом наивысшую оценку получил хлеб с содержанием 10 и 15% льняных отрубей.

Таким образом, анализ готового хлеба с добавлением льняной муки и льняных отрубей позволил сделать вывод, что семена льна, представленного ГНУ ВНИИЛ, не только отвечают требованиям, предъявляемым к продовольственным семенам, но и придают хлебобулочным изделиями великолепные потребительские свойства, внося в рацион крайне важные вещества функционального назначения.

В настоящее время исследования продолжаются. Результатом разработки технологического регламента переработки пищевого льна станет целый комплекс продуктов лечебно-профилактического и функционального назначения. Например, отруби – источник полезных пищевых волокон и лигнанов, льняная крупка – источник льняного масла, льняная мука – источник белков и ПНЖК ω -3 и ω -6, микронизированное семя льна и льняные нативные хлопья – комплексные лечебно-профилактические и пищевые препараты. Полученные новые продукты переработки семян льна могут быть использованы как в пищевой, так и в фармацевтической и медицинской промышленности.

Литература

1. *Зубцов, В.А.* Биологические и физико-химические основы использования льняной муки для разработки хлебо-булочных изделий / В.А. Зубцов, И.Э. Миневиц // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2011. – № 3. – С. 10–13.
2. *Котик, А.В.* Разработка и товароведная оценка полуфабрикатов из семян льна для использования в пищевой промышленности: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15 / Котик Анна Викторовна. – Новосибирск, 2006. – 171 с.
3. *Миневиц И.Э.* Разработка технологических решений переработки семян льна для создания функциональных пищевых продуктов: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Миневиц Ирина Эдуардовна. – М., 2009. – 234 с.
4. *Скальный, А.В.* Основы здорового питания. пособие по общей нутрициологии / А. В. Скальный, И. А. Рудаков, С. В. Нотова, Т. И. Бурцева, В. В. Скальный, О. В. Баранова. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. – 117 с.
5. *Уголев, А.М.* Теория адекватного питания и трофология / А. М. Уголев. – С.-Пб.: Наука, 1991. – 271 с.
6. *Goodhart, R.S.* Modern Nutrition in Health and Disease (6-th ed.) / R.S. Goodhart, M.E. Shils. – Philadelphia: Lea and Febinger, 1980. – P. 134–138.
7. *Mostofsky, D.I.* Handbook of Essential Fatty Acid Biology, Biochemistry, Physiology and Behavioral Neurobiology / D.I. Mostofsky; Yehuda, Shlomo (Eds.), Humana Press, 1997. – 480 p.
8. <http://www.medinfo.ru/mednews/8583.html>
9. <http://www.pgd-healthcare.com/ru/v-germanii-boyatsya-raka>
10. <http://www.veselibasparbaude.lv/ru/health-check/Statistics>
11. <http://almapharm.ru/2011/08/poljeznyie-svoistva-injanogo-sjemjeni/>