

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **044057**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.07.20

(21) Номер заявки
202091209

(22) Дата подачи заявки
2018.11.20

(51) Int. Cl. *A23K 10/30* (2016.01)
A23K 20/158 (2016.01)
A23K 10/14 (2016.01)
A23K 50/10 (2016.01)
A23K 50/75 (2016.01)
A23K 50/30 (2016.01)

(54) СПОСОБ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ЛЬНА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ

(31) 1760984
(32) 2017.11.21

(33) FR
(43) 2020.08.11

(86) PCT/EP2018/081971

(87) WO 2019/101751 2019.05.31

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ВАЛОРЕКС (FR)

(72) Изобретатель:
**Шесно Гийом, Гийэвик Матьё,
Жермен Антуан, Жюэн Эрве, Лессир
Мишель, Анжальберт Франсис,
Бюрель Кристин, Ферле Анн (FR)**

(74) Представитель:
**Хмара М.В., Осипов К.В., Пантелеев
А.С., Ильмер Е.Г., Липатова И.И.,
Новоселова С.В., Дощечкина В.В.
(RU)**

(56) EP-A1-1155626

C.-F. WU ET AL.: "An efficient fermentation method for the degradation of cyanogenic glycosides in flaxseed", FOOD ADDITIVES & CONTAMINANTS: PART A, vol. 29, № 7, 1 July 2012 (2012-07-01), pages 1085-1091, XP055486888, ISSN: 1944-0049, DOI: 10.1080/19440049.2012.680202, page 3, column 2 - page 6; table 6

DINGYUAN FENG ET AL.: "Effectiveness of different processing methods in reducing hydrogen cyanide content of flaxseed", JOURNAL OF THE SCIENCE OF FOOD AND AGRICULTURE, vol. 83, № 8, 1 January 2003 (2003-01-01), pages 836-841, XP055486916, GB, ISSN: 0022-5142, DOI: 10.1002/jsfa.1412, page 4

TAKATOSHI YAMASHITA ET AL.: "Development of a method to remove cyanogen glycosides from flaxseed meal", INTERNATIONAL JOURNAL OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY, vol. 42, № 1, 1 January 2007 (2007-01-01), pages 70-75, XP055554348, GB, ISSN: 0950-5423, DOI: 10.1111/j.1365-2621.2006.01212.x, abstract

(57) Изобретение относится к способу обработки семян льна (*Linum usitatissimum*) для улучшения их пищевой ценности, в частности, для животных, отличающемуся тем, что он включает следующий ряд стадий: а) использование семян льна при условии, что указанные семена имеют содержание жира и/или омега-3 жирных кислот выше предварительно заданных значений; и только когда семена предназначены в качестве корма моногастричным животным, тогда значение способности удерживать воду или содержание питательного компонента с низкой ценностью будет меньше предварительно заданных значений; б) перемешивание, причем присутствуют по меньшей мере два вида сырья разной природы и/или качества, затем фракционирование или фракционирование, затем перемешивание указанных семян со стадии а); в) осуществление в отношении полученных на стадии б) семян стадии подготовительной термической обработки паром и/или жидкостью на водной основе; д) подвергание давлению семян или смеси со стадии в) при минимальном давлении 10 бар (1000 кПа); и/или d1) нагревание семян или смеси со стадии д) или стадии в).

B1

044057

044057 B1

Область изобретения

Настоящее изобретение относится к способу обработки семян льна для улучшения их применения в качестве пищи, в частности в качестве корма для животных.

Предшествующий уровень техники

Что касается питания человека, то фактически потребление жиров населением Франции в настоящее время в количественном отношении соответствует рекомендуемой норме потребления пищи, но остается качественно несбалансированным, особенно в отношении потребления незаменимых жирных кислот (FA) (омега-3 жирных кислот). Действительно потребление α -линоленовой кислоты (ALA) в среднем составляет только 0,8 г на одного человека в сутки, в то время как согласно рекомендации, изданной ANSES (Французское национальное агентство безопасности питания, окружающей среды и труда; от фр. Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail) в 2010 г., составляет 2 г. В то же время потребление линолевой кислоты (LA) находится приблизительно на уровне рекомендуемого потребления пищи, результатом чего является завышенное соотношение LA/ALA.

Чтобы обеспечить оптимальное удовлетворение потребителя незаменимыми FA, можно повлиять на выбор продуктов, составляющих ежедневное питание людей. Однако также существует и возможность выбора самих измененных кормовых продуктов при выращивании животных.

Действительно в настоящее время хорошо известно, что, когда животные потребляют больше ALA, тогда содержание ее в таких продуктах, как мясо, яйца или молочные продукты возрастает. Таким образом, важным вопросом является обеспечение животных легкоусвояемыми, эффективными и безопасными источниками ALA. При потреблении ALA животным она будет откладываться в его тканях или преобразовываться в ходе метаболизма в различные клеточные медиаторы, играющие роль, например, в иммунной, связанной с воспалением и репродуктивной системах.

Омега-3 жирные кислоты называются жизненно необходимыми и незаменимыми, потому что животные, включая человека, не могут их синтезировать. Поэтому они обязательно должны иметь их в своем рационе для собственного метаболического баланса и здоровья. Ввиду этого описанное ниже для животных также справедливо и для человека. Из приведенных ниже описания и формулы изобретения следует понимать, что человек является частью животных - моногастричных млекопитающих, таких как собаки и кошки.

I. Предыстория настоящего изобретения.

A. Пожелания, связанные с цепями потребления пищи.

Со времени выпуска документа "Рекомендуемые нормы потребления пищи", опубликованного ANSES (ранее AFSSA (Французское агентство по санитарной безопасности продуктов питания; от фр. Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments)) в 2001 г., в котором формулируется незаменимая природа омега-3 FA и, в частности ALA, для физиологических потребностей человека, а также отмечается их низкое потребление,

1) многие диетологи, медики и другие врачи, назначающие здоровую и сбалансированную диету, распространили эту информацию среди потребителей;

2) в многочисленных научных исследованиях также было показано влияние выбора пищевых FA в рационе животных на качество липидного профиля продуктов животного происхождения.

Каждое звено в пищевой цепи отражает пожелания, которые можно обобщить так, как приведено ниже.

Фермеров: подыскивать исходные материалы для севооборота, чтобы наращивать севооборот и, таким образом, ограничить давление болезней и вредителей, облегчить борьбу с сорняками, сократить использование азотных удобрений, чтобы в конечном итоге сделать систему их производства более отлаженной.

Животноводов: оптимизировать производительность своих средств производства путем обеспечения оптимального использования рациональных, продуктивных и здоровых животных, а также получать больше преимуществ от их продуктов посредством стремления придать им дополнительную ценность. Такова ситуация, например, с официальными знаками качества, такими как "применение только органических удобрений", красная метка (red label), AOP (от фр. Appellation d'Origine Protégée), AOC (от фр. Appellation d'Origine Contrôlée) (оба последних соответствуют знаку "зарегистрированное географическое указание происхождения (товара)"), или даже цепями, такими как цепь "Bleu-Blanc-Cœur" (зарегистрированная торговая марка), которая продвигает продукты с улучшенным в плане питания профилем, используя, например, конкретные спецификации;

Потребителей: потреблять безопасные, здоровые, натуральные продукты питания, полученные при незначительном использовании генетически модифицированных организмов (ГМО), полученные вблизи места производства и с доказанными благоприятными воздействиями в плане питания и здоровья; все это в рамках концепции рационального питания.

Но есть и другие пожелания, имеющие большое влияние и выражаемые

учреждениями, которые хотят ограничить импорт масличных культур, азотных удобрений и пестицидов и увеличить во Франции и Европе производство представляющих интерес культур;

фирмами по всей пищевой цепи, ориентированными на дифференциацию и дополнительную ценность в напряженной экономической ситуации; компаниями, работающими с агропромышленным комплексом, которые предоставляют широкую сеть услуг и продуктов.

В. Возможность комплексного решения: льняное семя.

Хотя это решение потенциально соответствует пожеланиям всех звеньев цепи, оно тем не менее может внести ограничения по некоторым пунктам.

В первую очередь, ниже излагаются представляющие интерес возможности применения льняного семени. Далее будут описаны связанные с ним ограничения.

1. Решение в отношении культур.

Включение льна в севооборот выгодно с агротехнической точки зрения как в традиционных системах, так и в системах с применением только органических удобрений, а также для стратегии и зимнего, и весеннего посева.

Эта культура способствует

разнообразию и наращиванию оборота (культур);

сокращению применения ресурсов: азотных удобрений, средств защиты растений, поташа, фосфора и т.д.;

повышению урожайности высеваемых после нее культур посредством эффекта чередования культур и формирования структуры корней на уровне почвы.

2. Решение в отношении питания.

Моногастричные животные, такие как бройлерная и несущая птица или откармливаемые на убой свиньи, имеют по определению один желудок. Вследствие физиологии их пищеварения имеется очень хорошая взаимосвязь между потребляемыми омега-3 жирными кислотами и теми, которые попадают в продукты, предназначенные для потребления человеком (Lessire, 2001).

Что касается жвачных животных или полигастричных животных, то их особенность заключается в том, что они имеют четыре желудка, один из которых называется рубцом. В этом желудке возможно осуществление биогидрогенизации значительной части омега-3 жирных кислот, т.е. в нем будут происходить насыщение и изомеризация омега-3 жирных кислот с образованием других насыщенных или ненасыщенных жирных кислот.

К счастью, по своей природе жвачные животные являются крупными потребителями омега-3 жирных кислот вследствие нахождения последних в больших количествах в траве, что позволяет животным получать омега-3 жирные кислоты в достаточных количествах после прохождения теми рубца, и, таким образом, часть омега-3 жирных кислот также может быть зафиксирована в тканях и также будет использоваться в разных метаболических путях, представляющих интерес для здоровья животного.

Но помимо этого омега-3 жирные кислоты, гидролизованные и затем расщепленные в рубце на большое число разных FA, будут оказывать полезное действие на популяцию бактерий в рубце, в частности, за счет сокращения количества простейших и стимулирования целлюлолитической флоры. В итоге можно наблюдать два очень благоприятных последствия: синтез уксусной кислоты, в результате которого образуется водород, будет ослаблен, а синтез пропионовой кислоты, в результате которого водород потребляется, будет усилен, что приведет, с одной стороны, к ослаблению синтеза *de novo* насыщенных FA, находящихся в молоке или мясе, а с другой стороны, к сокращению выделения образующегося в кишечнике метана в окружающую среду.

Таким образом, задача не обязательно заключается в полной защите омега-3 жирных кислот от расщепления в рубце, а в том, чтобы найти правильный баланс в том виде, в котором это возможно, при использовании корма на основе травы.

Будь то жвачные животные или моногастричные животные, в их рационе недостаточно полиненасыщенных ($n=3$) жирных кислот (AGPI $n-3$; от фр. d'acides gras polyinsaturés) (ввиду обширного применения в кормах для животных сои и маиса как источников омега-6 жирных кислот, ввиду сокращения применения травы для жвачных животных). Однако для их метаболизма необходимы омега-3 жирные кислоты в форме альфа-линоленовой кислоты (ALA). И хотя использование некоторых видов сырья (травы, люцерны, семени рапса) может способствовать ее потреблению, тем не менее невозможно обеспечить необходимые количества без использования источника с более высоким содержанием омега-3 жирных кислот.

В связи с этим льняное семя является лидером по своему липидному составу и своему профилю жирных кислот, подобному таковому у травы, при этом содержание жирных кислот в форме ALA составляет приблизительно 55%.

Поэтому семена льна являются важным источником энергии в форме липидов и омега-3 жирных кислот, известные благоприятные воздействия которых на здоровье людей в плане питания применимы до некоторой степени к питанию и здоровью животных.

а) Показатели пищевой ценности.

Показатели пищевой ценности льняного семени в соответствии с разработанными INRA (фр. L'Institut national de la recherche agronomique; Национальный институт сельскохозяйственных исследований) табли-

цами продуктов питания представлены в приведенной ниже таблице в сравнении с рапсовым семенем.

	Семя ЛЬНА	Семя РАПСА
Сухое вещество (%)	90,3	92,2
Неочищенный белок (%)	22,6	19,1
Жировое сырье (%)	32,7	42,0
Неочищенная целлюлоза (%)	9,2	8,2
Нейтрально-детергентная клетчатка (NDF)	22,1	17,6
Сырая зола (%)	4,3	4,0
Сахара (%)	3,4	5,1
Олеиновая кислота (в % от общего содержания FA)	18,7	58,0
Линолевая кислота (в % от общего содержания FA)	14,7	20,5
α -Линоленовая кислота (в % от общего содержания FA)	54,2	9,8
Валовая энергия (ккал/кг)	5780	6310
Усвояемая энергия, свинья (ккал/кг)	4190	5230
Усвояемая энергия, свинья/валовая энергия	72%	83%
Обменная энергия, петух (ккал/кг)	3390	4410
Обменная энергия, петух/энергия сырья	59%	70%
Обменная энергия, жвачное животное (ккал/кг)	3870	4470
Обменная энергия, жвачное животное/энергия сырья	67%	71%

(Источник: Table de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage, INRA, 2002.)

Таким образом, можно видеть, что льняное семя менее богато липидами и энергией по сравнению с рапсовым семенем и что для свиней, петухов и жвачных животных эта энергия представляет меньшую ценность. Фактически исходя из валовой энергии, содержащейся в семенах льна, свиньи, петухи и жвачные животные используют только 72% этой энергии в форме энергии, усвояемой свиньями, 59% в форме обменной энергии в случае петухов и 67% в случае жвачных животных по сравнению с 83, 70 и 71% соответственно для рапсового семени. Следует добавить, что для достижения указанных выше значений рапсовое семя должно быть подвергнуто технологическим обработкам (Leclercq и др., 1989).

Таким образом, хотя семена льна обладают благоприятным в отношении питания потенциалом, их потребление животными различных видов в плане питания остается недостаточным, на что указывают, в частности, низкие значения усвояемой и обменной энергии.

Другой путь оценки усвояемости льняного семени заключается в измерении степени доступности жира для усвоения. Большая часть энергии, содержащейся в семени, находится в форме жира. И, как будет показано ниже, одним из ограничений в плане усвояемости является низкая степень доступности для усвоения содержащегося в семени жира. Отсюда и интерес к попыткам оценить эту усвояемость, обычно измеряемую *in vivo* на специализированных экспериментальных фермах, посредством измерения *in vitro* степени доступности жира конкретного семени для усвоения.

Таким образом, чтобы сравнить методы обработки и прогнозируемую усвояемость, можно использовать в зависимости от применяемых к семени обработок простую величину доступного для усвоения жира (AF), как показано в статьях Noblet и др. (2008) для случая свиней и Chesneau и др. (2009) для случая жвачных животных.

b) Измерение доступного для усвоения жира (AF).

Эта собственная методика авторов изобретения основана на оценке доли жира, экстрагированного в растворитель по прошествии предварительно заданного промежутка времени. Целью этого анализа является имитация постепенного и постадийного высвобождения жира в разных отделах пищеварительного тракта животных.

Кратко данный анализ проводят за четыре следующие стадии.

Подготовка сырья: стадия заключается в грубом измельчении с целью получения смеси неоднородного гранулометрического состава, как в случае измельчения, проводимого в промышленности при производстве кормов для животных.

Экстрагирование жира: стадия заключается в приведении предварительно взвешенного сырья в контакт с применяемым для экстрагирования растворителем (например, петролейным эфиром) при регулируемом перемешивании в течение предварительно заданного промежутка времени, в данном случае в течение 10 мин. Также возможно проведение этой фазы экстракции в течение разных промежутков времени, что дает возможность составить представление о кинетике высвобождения жира.

Разделение твердого вещества/жидкости фильтрованием: эта стадия заключается в фильтровании измельченного вещества, растворенного в растворителе, с целью извлечения только жидкой фазы в

сухую и предварительно тарированную круглодонную колбу.

Удаление растворителя из экстракта и взвешивание сухого остатка: стадия заключается в выпаривании растворителя, в котором был растворен жир. После выпаривания, сушки и охлаждения будет проведено взвешивание колбы. Этот цикл повторяют до получения постоянной массы.

Таким образом, можно охарактеризовать семена по содержанию АФ, величина которого зависит от условий технологического процесса.

Этот высвободившийся жир, известный как доступный для усвоения, поскольку является быстро усвояемым, будет всасываться через стенку кишечника. Абсорбированный таким образом, он может быть использован животным для своего собственного метаболизма.

3. Наличие антипитательных факторов в значительных количествах.

Помимо низких значений усвояемости, семена льна характеризуются содержанием антипитательных факторов, которые могут ограничивать их применение. Этими антипитательными факторами в основном являются цианогенные соединения и пищевая клетчатка, включая растворимую клетчатку в виде слизи.

Их присутствие приводит к ограничениям для включения их в пищевые продукты и к плохим техническим показателям, что можно резюмировать как реальное затруднение в плане конкурентоспособности семян льна по сравнению с другими источниками энергии и жира, в особенности для моногастрических видов животных.

Основными описанными антипитательными факторами являются приведенные ниже.

Цианогенные соединения.

Льняное семя характеризуется высоким содержанием цианогенных соединений (в среднем 5 г/кг семени). Однако это содержание варьирует в зависимости от почвенно-климатических условий и сортов льна. Основную часть среди разновидностей, присутствующих в зрелом льняном семени, составляют два типа диглюкозидов: линустатин (2-4 г/кг семени) и неолинустатин (1-2 г/кг семени), происходящие из двух моноглюкозидов-предшественников. Под действием фермента, имеющегося в семени, а также у животных или людей, а именно β -глюкозидазы, цианогенные соединения высвобождают синильную кислоту (HCN), которая является очень летучим и легко диффундирующим веществом.

Поглощенная синильная кислота быстро распространяется по организму. Содержащийся в ней цианид-ион представляет собой сильнодействующий клеточный яд, ингибирующий по меньшей мере 40 разных ферментов, включая цитохромоксидазу, которая используется для транспорта электронов в дыхательной цепи с образованием молекул АТФ.

Другими словами, HCN вызывает такой же эффект, как и полное отсутствие кислорода, поскольку нет возможности его использовать. Она блокирует дыхательную цепь и в высоких дозах неминуемо приводит к смертельному исходу.

Конечно, у животных и людей, хотя и имеются защитные механизмы, позволяющие осуществлять выведение выработанной в низких дозах HCN посредством частичного удаления HCN, абсорбированной через легкие (вследствие ее чрезвычайной летучести), часть этой HCN, которая может стать значительной при более продолжительной абсорбции, подвергается метаболизму различными путями.

Основным путем детоксикации является превращение HCN в тиоцианаты под действием сульфотрансферазы или роданазы. Тиоцианаты, образованные таким образом в печени, селезенке, надпочечниках, поджелудочной железе, щитовидной железе и почках, выводятся с мочой, слюной и потом.

Другие более вспомогательные пути позволяют осуществлять ее удаление с мочой или через легкие после гидролиза и окисления.

Таким образом, усиленное потребление семян льна людьми (50 г/сутки) выявило повышение уровня тиоцианатов в моче, хотя и незначительное, но в сочетании с повышенной в 3 раза экскрецией креатинина ($p < 0,01$) указывающее на почечную дисфункцию.

Это является иллюстрацией нарушения, которое может быть вызвано потреблением недетоксифицированных семян льна, а также ограничений в энергии как вследствие блокирования механизма работы дыхательной цепи, так и вследствие необходимости использования энергии организмом с целью детоксикации HCN, распространяющейся в организме.

На сегодняшний день метод определения цианогенных соединений заключается в косвенном методе оценки уровня HCN после добавления β -глюкозидазы в соответствии со стандартным методом анализа EN 16160 от апреля 2012 г. Согласно нему содержание HCN выражается в мг на кг семени.

Слизи.

а) Описание.

Слизи из льняного семени находятся в семенной кожуре. Они представляют собой водорастворимые некрахмальные полисахариды.

Семена льна содержат большие количества слизей, которые увеличивают вязкость содержимого кишечника. На их долю приходится примерно до 8% от общей массы семян льна. Слизь характеризуется высокой водоудерживающей способностью.

Имеется большое количество научной литературы, в которой указывается, что эти слизи оказывают

вредное воздействие на здоровье пищеварительной системы, и процессы, которые происходят в организме животного во время прохождения пищи, объясняются ниже.

Высказывается гипотеза, что повышенная вязкость в кишечнике снижает усвояемость питательных веществ, препятствуя диффузии пищеварительных ферментов к их субстратам и движению содержимого пищеварительного тракта через просвет кишечника (Fengler & Marquardt, 1978, Longstaff & McNab, 1991).

Кроме того, вязкие полисахариды могут непосредственно образовывать комплекс с пищеварительными ферментами и снижать их активность (Ikeda & Kusano, 1983).

Помимо этого, при увеличении потока непереваренных питательных веществ в нижнем отделе кишечника стимулируется активность микробов, что приводит к возрастанию конкуренции за питательные вещества с животным-хозяином (Bedford, 1995; Choct и др., 1996).

Усвояемость жира, среди доступных для усвоения питательных веществ, особенно может претерпеть нарушение, поскольку некоторые виды микроорганизмов способны расщеплять желчные кислоты и влиять на образование мицелл, ухудшая тем самым переваривание жира (Hymetond, 1985).

b) Методы оценки.

Слизи представляют собой сложные в плане оценки соединения, что объясняет, почему в литературе описаны различные способы, приводящие к высокой вариабельности результатов анализа, и эти способы обычно разрабатываются в исследовательских лабораториях. Способ, описанный Elboutachfaiti и др. в 2017 г. и используемый в качестве ссылочного, основан на экстрагировании общего количества слизей, что описывается следующим образом.

Водорастворимые полисахариды экстрагируют из семян посредством перемешивания в дистиллированной воде. Затем отфильтрованную слизь собирают и центрифугируют для удаления нерастворенных частиц. Супернатант очищают с использованием тангенциальной ультрафильтрации против дистиллированной воды. И наконец, раствор ретентата подвергают сублимационной сушке, получая слизь льняного семени.

Ввиду неудовлетворительной доступности этого способа определения слизи, обусловленной его высокой стоимостью и большой продолжительностью анализа, альтернативный способ, который является более простым и более быстрым для реализации, заключается в оценке способности семян льна удерживать воду. Действительно слизи обладают значительной способностью задерживать воду в больших количествах. Таким образом, содержание слизей легче оценивать опосредованно или, более точно, измерять известные вызываемые слизями эффекты, связанные с их вязкостью.

Способ оценки водоудерживающей способности (WRC) для семян льна, разработанный собственно авторами изобретения, состоит в количественном определении объема воды, удерживаемой семенами в том виде, как они есть. Этот объем удерживаемой воды соответствует объему воды, которая не стекает под действием силы тяжести. Таким образом, имеется общее количество воды, удерживаемой растворимой пищевой клетчаткой, такой как не являющиеся крахмалом полисахариды семени, количество которых остается зависящим от условий технологического процесса, и чья аффинность к воде является важным показателем.

Кратко, определение водоудерживающей способности проводят, используя 10 г семени(ян) (P.MP), предварительно грубо измельченных, которое(ые) предварительно были насыщены водой (80 г воды при комнатной температуре; P. воды) в течение 1 ч. По окончании этого периода насыщения семени(ян) водой несвязанную в этой смеси воду оставляют стекать в течение 10 мин через сетчатый фильтр (с размером ячейки 1 мм). Затем эту несвязанную воду взвешивают (P. несвязанной воды). Когда ток несвязанной воды останавливается, говорят, что количество воды, оставшейся в смеси с семенами, определяется удерживающей способностью (RC). Способность удерживать воду (CRE; от фр. *capacité de rétention en eau*) (г/г сухого вещества (MS (от фр. *matière sèche*))) выражают в соответствии с формулой: (P. воды - P. несвязанной воды)/P.MP, затем делят на количество сухого вещества семени в соответствии с приведенным ниже выражением

$$RC \left(\frac{\text{г}}{\text{г MS}} \right) = \frac{100 - \% \text{ влажности}}{100} * P. MP$$

Количественно определенная таким образом водоудерживающая способность обеспечивает получение расчетного критерия для оценки эффекта слизей, которые могут влиять на промышленную обработку семян льна и на пищеварительный процесс у животных.

Клетчатка.

Обычно моногастричные животные плохо обеспечены способностью переваривать клетчатку, входящую в состав их корма. Согласно данным INRA в семенах льна в относительно большом количестве содержится 9,2% неочищенной целлюлозы и 22,1% нейтрально-детергентной клетчатки (NDF).

Таким образом, эта клетчатка также относится к категории антипитательных факторов, на которые важно обратить внимание, в частности, в случае молодых моногастричных сельскохозяйственных животных, таких как цыплята, поросята и рыба, а также в случае молодых домашних питомцев, таких как собаки и кошки.

Мало того, что клетчатка характеризуется низкой усвояемостью, но она также способствует мень-

шей усвояемости белка и других питательных веществ, так как действует как "укрытие" для пищеварительных ферментов животных, ограничивая их доступность, и вызывает перегруженность кишечника, ограничивая потребление питательных веществ.

В итоге.

Несмотря на то что семена льна могут улучшить показатели здоровья животного и человека или улучшить питательное качество продуктов животноводства, выше показано, что эта возможность сильно ограничена ввиду

низкой усвояемости необработанного льняного семени и содержащихся в нем омега-3 FA вследствие наличия сложной пектоцеллюлозной стенки, окружающей льняное семя. Таким образом, эти компоненты, с одной стороны, плохо доступны для моногастричного животного и плохо перевариваются им, а с другой стороны, плохо высвобождаются и плохо гидролизуются в рубце жвачных животных. Помимо этого, более конкретно для моногастричных животных, другие питательные компоненты, присущие семени, такие как клетчатка, не обладают высокой ценностью для животного;

наличия антипитательных факторов, таких как цианогенные соединения, слизи и клетчатка, которые естественным образом присутствуют в семени в его необработанном состоянии в качестве природного защитного механизма семени от агрессоров;

наличия в льняном семени главным образом цианогенных соединений, но также можно упомянуть клетчатку и, более конкретно, растворимую клетчатку, как например слизи, учитывая их водоудерживающую способность и их высокую вязкость, влияющую на пищеварительный процесс у молодых животных.

Таким образом, задача состоит в том, чтобы наилучшим образом продемонстрировать возможности льняного семени, акцентируя внимание на его пищевой и метаболической ценности при одновременном ограничении антипитательных факторов.

Техническая проблема, требующая разрешения

A. Введение семян льна: подходы и ограничения.

В настоящее время использование семян льна в составе корма описано, но этот способ находится в относительно неразработанном состоянии вследствие технических и экономических барьеров.

С технической точки зрения задача заключается в уменьшении количества антипитательных факторов, улучшении показателей усвояемости питательных веществ (энергии, белка, жира и т.д.) семян и в результате этого улучшении соотношения польза/риск, связанного, с одной стороны, с потреблением омега-3 жирных кислот, а с другой стороны, с наличием HCN, а также клетчатки, которая не является легко усвояемой.

С экономической точки зрения, поскольку полученные технические характеристики все еще неудовлетворительны, использование льняного семени в составе корма для животных не развивается и осуществляется только в редких случаях, когда фермеры получают улучшенные результаты в отношении здоровья животных и/или более выгодные цены на продаваемые ими продукты ввиду улучшенного состава питательных веществ.

Поэтому на сегодняшний момент проблема заключается в том, чтобы сделать использование льняного семени экономически целесообразным.

Существуют два основных подхода к более широкому использованию семян льна в составе пищи: селекция растений и в особенности технологические способы обработки семян.

i. Селекция сортов.

Селекция дающего масло льняного семени основывается главным образом на агротехнических критериях, т.е. учитывающих выход, скороспелость, устойчивость к полеганию и т.д. Он также основывается на критериях, относящихся к использованию семян, и на сегодняшний день критерии качества семян, применяемые в селекционных программах, дают относительно

содержания масла в семени и его экстрагируемости при использовании в дробилках в стремлении повысить выходы масла при отделении от жмыха и в другом масштабе;

содержания масла в таком семени и доли омега-3 жирных кислот в этом масле для компаний, которые будут стремиться увеличить долю омега-3 жирных кислот на один кг льняного семени и повысить конкурентоспособность.

Однако до настоящего времени при селекции сортов льна масличного не уделялось особого внимания антипитательным факторам с точки зрения маркетинга конкретных сортов со сниженными уровнями цианогенных соединений или слизей. Не было заинтересованности в том, чтобы сделать омега-3 жирные кислоты более перевариваемыми или доступными для усвоения.

Вот почему можно считать, что еще не доказана эффективность генетического подхода с точки зрения улучшения соотношения польза/риск между количеством перевариваемых омега-3 жирных кислот и количеством антипитательных факторов за исключением повышения содержания масла и омега-3 жирных кислот у некоторых сортов.

ii. Технологические способы.

Параллельно с работой по селекции сортов были испытаны многие технологические способы, направленные на уменьшение содержания и устранение антипитательных факторов и улучшение показателей пищевой ценности и усвояемости семян.

Разные способы, испытанные к настоящему времени, относятся к механическим, или термическим, или термомеханическим, или ферментативным подходам.

Следует отметить, что представленные в литературных источниках данные, касающиеся технологических способов обработки семян льна, являются очень разнородными, неполными, неинформативными и чаще всего устаревшими. Во многих опубликованных работах пытались сравнивать одну технологию, в которой применяли необработанный контроль, или другие технологии методом парного сравнения, используя часто разные методы оценки *in vitro* и/или исследования *in vivo* в различных условиях.

Кроме того, отдельные результаты, описанные в литературе, устаревают и не успевают за изменениями в технологии, произошедшими за последние 30 лет. И в них представлены только сравнения технологий без учета оптимизации этих технологий или, более того, комбинирований технологий.

По этой причине текущая литература в определенной степени пригодна для использования, но не позволяет сделать четкие выводы относительно технологий и соответствующих параметров, которые необходимо использовать, в частности, для промышленного применения.

С другой стороны, исследования *in vivo*, которые, как правило, довольно старые, в основном проводились на животных, характеризующихся менее продуктивной генетикой, и с использованием продуктов питания, менее адаптированных к современным системам питания.

Фактически генетический метод селекции животных, для которых показатель потребления кормов увеличивается в среднем на 2,5% в год, проводится для мирового производства с использованием продуктов на основе маиса и сои, которые применяются традиционно.

Это не позволяет получить оптимальную дополнительную ценность в случае более разнообразного сырья в качестве источников энергии и жиров, таких как семена льна.

Следовательно, влияние антипитательных факторов (ANF) и технологий вероятно может возрастать благодаря существующим в настоящее время моделям оценки *in vivo*. Поэтому в такой ситуации сейчас становится все труднее демонстрировать хорошие результаты при использовании семян льна.

Именно в этом смысле, несмотря на то что многие методы технологической обработки были опробованы в прошлом, некоторые из них заслуживают пересмотра в нынешних технических и экономических условиях.

Главными методами обработки, протестированными к настоящему времени на указанных семенах льна, являются приведенные далее.

1. Методы механической обработки.

Применение "классических" методов механической обработки (измельчения, микронизации) вызывает разрушение первоначальной структуры семян в результате разрушения клеточных стенок. Применение этих методов позволяет осуществить разделение на более мелкие частицы посредством грубого измельчения (до частиц размером 5 мм) или тонкого измельчения (размер ячеек 2-3 см), т.е. посредством дробления, разрыва (с использованием молотковой мельницы) или применения усилия сдвига (с использованием ножевой мельницы или вальцовой мельницы).

Размер получаемых частиц и степень их разрушения определяют степень воздействия пищеварительных агентов (микроорганизмов рубца или ферментов кишечника) на биохимические компоненты и, следовательно, на скорость их расщепления. Структура ткани в значительной степени сохраняется. Однако измельчение с использованием размера ячейки 3 мм или даже 1 мм с последующей агломерацией разрушает структуру ткани.

Несмотря на то что в результате применения таких методов механической обработки усвояемость льняных семян может быть улучшена, никакого воздействия на антипитательные факторы не обнаружено.

Другой способ механической обработки заключается в удалении кожуры с льняного семени. В результате удаления семенной кожуры происходит извлечение хлопьевидных частиц, которые содержат исключительно целлюлозу, клетчатку и некоторые антипитательные факторы, такие как слизи, и повышается концентрация некоторых питательных веществ, таких как жир, омега-3 жирные кислоты и белки.

Однако ввиду технических трудностей, связанных с переходом к серийному производству и экономической рентабельности, разработано очень мало способов удаления кожуры с семян льна.

2. Методы термической обработки.

Методы термической обработки включают гранулирование, обжаривание, расслаивание и автоклавирование. Воздействие тепла сочетается с воздействием внешнего увлажнения, используемого в форме воды или пара, при пониженном давлении (длительная влажная варка при умеренной температуре) с преобладающим эффектом обжаривания и автоклавирования по сравнению с расслаиванием и гранулированием.

Такие процессы могут оказывать положительное влияние на снижение уровней HCN только при определенных условиях, но оказывают, в частности, незначительное влияние на энергетическую ценность семени и не снижают негативного влияния клетчатки. Это объясняет, почему из-за отсутствия рентабельности они не получили широкого распространения в изготовлении кормов для животных.

3. Методы термомеханической обработки.

Имеются два основных метода термомеханической обработки, применяемые в случае льняного семени: растирание и экструзия с пропариванием.

Дробление зерна масличных культур представляет собой первую стадию способа получения съедобных масел, при этом второй стадией является рафинирование. Дробление льняного семени обычно осуществляют с целью разделения холодным отжимом, с одной стороны, льняного масла, предназначенного в большей степени для рынков красителей (и в редких случаях для пищевых продуктов ввиду его высокой окисляемости) а с другой стороны, льняного жмыха, предназначенного для рынков кормов для животных, как и жмыха из всех масличных семян.

Принято считать, что льняной жмых не подвержен экстракции растворителем для извлечения оставшегося масла после стадии холодного отжима. Таким образом, этот жмых все еще содержит примерно 13% жира, что соответствует той же доле омега-3 жирных кислот, что и в жире семян.

Но главный недостаток этого способа заключается в том, что, с одной стороны, жмых, предназначенный для кормов, содержит цианогенные соединения в большом количестве, что не способствует очень легкой усвояемости омега-3 жирных кислот.

С другой стороны, масло, которое в некоторых случаях может быть предназначено для употребления в пищу, больше не содержит гидрофильных антиоксидантов семени, что делает его высокоокисляемым, в особенности потому, что омега-3 жирные кислоты являются сильно ненасыщенными и ввиду этого характеризуются высокой реакционной способностью с точки зрения окисления. В большей степени это привело к существенному ограничению использования льняного масла для конкретного применения в пищевых продуктах для людей.

Экструзия с пропариванием, с другой стороны, представляет собой сложную процедуру, которая эквивалентна нескольким унитарным процедурам: перемешиванию, пропариванию и приданию формы. Каждая из этих процедур может быть оптимизирована в зависимости от подлежащего обработке вещества и получаемого продукта посредством соответствующего выбора параметров управления установкой. Приводимое в движение шнеками вещество подвергается в течение очень короткого промежутка времени (20-60 с) действию высоких температур (100-200°C), высоких давлений (50-150 бар (5-15 МПа)) и более или менее интенсивному усилию сдвига. Под действием этих физических параметров вещество претерпевает физико-химические изменения и гомогенизацию. В результате его выхода через головку ему придается окончательная форма. Резкое падение давления во время экструзии вызывает незамедлительное выпаривание присутствующей воды, что может привести к характерному расширению продукта.

Первые варочные экструдеры были одношнековыми. Оборудованием второго поколения являются двухшнековые устройства (с двумя расположенными параллельно, тангенциально или работающими навстречу друг другу шнеками, вращающимися в одном и том же направлении или в противоположных направлениях); они являются более гибкими в применении и позволяют, в частности, работать с большей равномерностью.

Этот способ, как свидетельствует Европейский патент № 1155626, в некоторых условиях может позволить осуществить детоксикацию части синильной кислоты и может улучшить усвояемость семян, но результаты остаются переменными и не всегда воспроизводимыми, если не контролировать многие используемые параметры: тип устройства (одношнековое/двухшнековое), механические ограничения (тип шнека, замок, скорость, головка и т.д.), связанные с нагреванием ограничения (вода, пар, продолжительность и т.д.), связанные с выходом продукта ограничения (головка для тонких порошков, крокетов и т.д.).

Наблюдается тенденция к развитию термомеханических способов этого типа, но для использования их потенциала необходимо их освоение.

4. Методы обработки ферментами.

Все животные секретируют ферменты с целью переваривания пищи. Однако пищеварительный процесс у животных эффективен не на 100%. Например, свиньи и домашняя птица не переваривают от 15 до 25% потребляемой ими пищи. Введение экзогенных ферментов в состав корма для животных, в особенности ферментов моногастрических животных, улучшает усвояемость крахмалов, белков, клетчатки и минеральных веществ. Участие таких ферментов позволяет улучшить показатели роста и уменьшить количество выделяемых в окружающую среду отходов.

Добавление ферментов выполняют, используя выделенный имеющийся в продаже фермент, отобранный по нескольким видам ферментативной активности. Что касается конкретно льняного семени, то в нескольких исследованиях пытались показать заинтересованность в этом методе как пути улучшения пищевой ценности семян льна, вероятно потому, что для этого вида семени степень включения в продукты питания остается низкой, принимая во внимание специфичность его клетчатки. По этой причине техническая эффективность и экономическая целесообразность такого ферментативного подхода еще не доказана.

5. Методы обработки, применяемые лицами, работающими в занимающихся селекцией организациях.

Результаты наблюдений, полученные в современных занимающихся селекцией организациях, основываются на том, что

1) выведенные сорта, как правило, не имеют своих собственных характеристик с точки зрения состава, помимо содержания масла и омега-3 жирных кислот, если вообще имеют агротехнические характеристики;

2) технологические способы применения семян в животноводстве по существу являются либо базо-

выми, поскольку они включают только методы обработки в виде механического дробления и растирания для использования в форме масла и жмыха или методы термической обработки с целью гранулирования, либо являются частично усложненными, поскольку они включают методы обработки в виде термомеханической проварки и экструзии с целью осуществления частичной детоксикации.

Действительно в настоящее время семена льна используются либо в форме измельченных, гранулированных или подвергнутых экструзии семян, либо используются в форме масла. Однако с учетом изложенных выше ограничений для каждого из этих видов обработки использование льняного семени в пищевых продуктах остается недостаточно разработанным, что объясняется, в частности, отсутствием технической и экономической эффективности, несмотря на преимущества омега-3 жирных кислот в плане здоровья.

iii. В итоге.

Некоторые технические преимущества могут быть получены с использованием генетических подходов. Таким примером являются преимущества в отношении содержания омега-3 жирных кислот в семенах или, к слову, выбора семян. Примером этого является преимущество в отношении некоторых антипитательных факторов, таких как цианогенные соединения и, в частности, слизи. Другими примерами могут быть, к слову, преимущества с точки зрения способов преобразования, таких как удаление кожуры, которое позволяет избавиться от слизи, содержащейся в кожуре, или способы термической обработки, заключающиеся в избавлении от HCN.

И наконец, механические способы, такие как измельчение, помогают улучшить пищевую ценность семян, также как и способы термической обработки, такие как обжаривание и гранулирование, и/или термомеханические способы, такие как дробление или экструзия с пропариванием.

Поэтому по отдельности каждый из этих путей: генетическая селекция, выбор семян или технологические способы, о которых сообщается в литературе, - предлагает хорошо известные направления для улучшения, с одной стороны, связанного с ограничением или устранением антипитательных факторов и/или, с другой стороны, с улучшением показателей усвояемости/расщепляемости семян, но ни один из них не является в достаточной степени технически завершенным и экономически неуязвимым с точки зрения технической и экономической ценности для животных.

Исторически на рынке, где выбор растительных источников энергии и/или липидов, присутствующих в рационах животных и человека, основывается по существу на экономических критериях, место семян льна в связи с существующими ограничениями было сведено на нет или сведено к редким исключениям при их очевидных преимуществах в плане питания по сравнению со всеми другими углеводными источниками энергии, такими как зерновые культуры, и источниками липидов, такими как пальмовое, соевое, рапсовое, кокосовое, подсолнечное масло и т.д.

На новом рынке, где существует тенденция не только производить мясо или яйца по конкурентоспособной цене, но также соответствовать пожеланиям потребителей, задача сейчас состоит в том, чтобы иметь конкурентоспособные источники энергии и липидов, а также источники перевариваемых незаменимых жирных кислот, которые пригодны для контроля, безопасны и являются продукцией местного производства.

В. Благоприятные, но недостаточные условия.

Для успешного повторного внесения семян льна в почву, в кормушки и миски и в тарелки существуют благоприятные ситуативные моменты, такие как "политические" меры поощрения (план "Esophyto", план "EsoAntibio" и т.д.), агротехнические преимущества (урожайность высеваемых вслед зерновых культур, использование меньшего количества ресурсов и т.д.), возможны ответы на многие агротехнические (здоровье почвы и животных, дополнительная ценность производства, экономическая обоснованность и т.д.) и социальные (питание, здоровье, местные условия, биологическое разнообразие, окружающая среда и т.д.) пожелания.

Однако такой благоприятной среды недостаточно для расширения области применения семян льна, если системы производства продуктов растениеводства и животноводства не являются технически обоснованными и экономически целесообразными.

В связи с этим это расширение должно сопровождаться разработкой наиболее эффективных, самых безопасных и наиболее обоснованных технологий на техническом и экономическом уровне, чтобы обеспечить наилучшие решения для сельского хозяйства и животноводства, а также для других применений, например, для домашних животных или непосредственно для людей.

Вкратце особый интерес заключается в улучшении соотношения количества перевариваемых (или доступных для усвоения) омега-3 жирных кислот и количества оставшихся ANF или наоборот, независимо от того, кто потребляет эти семена льна.

Таким образом, настоящее изобретение направлено на решение этой задачи.

Краткое описание сущности изобретения

Таким образом, настоящее изобретение относится к способу обработки семян льна (*Linum usitatissimum*) для повышения их пищевой ценности, в частности, для животных, отличающемуся тем, что он включает следующие последовательные стадии:

а) использование семян льна при условии, что эти семена имеют содержание жира и/или омега-3

жирных кислот выше значений, указанных в следующей таблице:

Питательный компонент с высокой дополнительной ценностью	Единица измерения	Содержание
Жир	г/100 г сырья	> 38
Омега-3	% TFA	> 54
Омега-3	г/100 г сырья	> 20

(TFA означает общее содержание жирных кислот),

и только когда указанные семена предназначены для кормления моногастричных видов животных, тогда значение водоудерживающей способности или содержание слизи, а также содержание неочищенной целлюлозы и/или нейтрально-детергентной клетчатки (NDF) будут меньше значений/содержаний, указанных в приведенной ниже таблице:

Питательный компонент с низкой дополнительной ценностью	Единица измерения	Содержание
Неочищенная целлюлоза	г/100 г сырья	< 11
NDF	г/100 г сырья	< 22
Слизи	г/кг сырья	< 4,5
Водоудерживающая способность	г/г сухого вещества	< 4,5

и с содержанием синильной кислоты меньше 250 мг на один килограмм сырья;

b) перемешивание, причем присутствуют по меньшей мере два вида сырья разной природы и/или качества, а затем фракционирование или фракционирование, а затем перемешивание указанных семян со стадии a) до тех пор, пока семенная кожура и ядра указанных семян не разрушатся;

c) осуществление стадии подготовительной термической обработки семян со стадии b) паром и/или жидкостью на водной основе до тех пор, пока не будут достигнуты значения температуры в диапазоне от 30 до 90°C и влажности более 10%, предпочтительно 15%, при этом продолжительность этой подготовительной обработки составляет более 2 мин, предпочтительно 15 мин;

d) подвержение давлению семян или смеси со стадии c) в течение более 10 с при минимальном давлении 10 бар (1000 кПа) до тех пор, пока не будет достигнута температура выше 80°C, предпочтительно в диапазоне от 100 до 150°C; и/или

d1) нагревание семян или смеси со стадии d) или стадии c) в течение минимум 15 мин, предпочтительно от 30 мин до 2 ч, до температуры, превышающей 80°C, предпочтительно в диапазоне от 90 до 150°C.

Согласно другим неограничивающим и предпочтительным характеристикам изобретения

стадию c) подготовительной термической обработки осуществляют в присутствии по меньшей мере одного экзогенного фермента, идентифицированного среди следующих семейств: арабинофуранозидаз, бета-глюканаз, целлюлаз, глюкоамилаз, пектиназ, пектин-метилэстераз, фитаз, протеаз, ксиланаз и, предпочтительно, ксиланаз, бета-глюканаз и пектиназ, при этом указанный экзогенный фермент добавляют к семенам или к смеси заранее;

на стадии c) подготовительной термической обработки в присутствии экзогенного фермента значение влажности устанавливают на уровне более 15%, предпочтительно 25%, и подготовительную термическую обработку проводят в течение по меньшей мере 15 мин, предпочтительно 60 мин;

при выполнении указанной стадии подготовительной термической обработки смесь перемешивают; когда выполняют перемешивание, а затем фракционирование, то новое перемешивание осуществляют после фракционирования;

указанное фракционирование продолжают до тех пор, пока по меньшей мере 90% семян не будут иметь размер частиц меньше 2000 мкм, предпочтительно меньше 1500 мкм;

стадия d) или d1) будет остановлена, если содержание HCN в семенах будет меньше такового, указанного в приведенной ниже таблице, а содержание AF будет выше такового, указанного в следующей таблице:

Критерии для оценки обработки	Задача
HCN (мг/кг)	< 30
AF (%)	> 65

после стадии a) или перед ней семена сортируют в соответствии с критерием, выбранным из размера, массы, формы, плотности, аэродинамического, колориметрического или электростатического параметра;

после стадии a) с семян удаляют кожуру и используют ту или иную из фракций; предпочтительно, чтобы после удаления кожуры относящаяся к ядру фракция характеризовалась концентрацией жира, составляющей по меньшей мере 3%, предпочтительно по меньшей мере 5%;

после стадии a) или b) семена, цельные или после удаления кожуры, измельчают и используют

жмых; предпочтительно, если он содержит по меньшей мере 8% жира;

с указанными семенами льна перемешивают по меньшей мере один из других видов сырья, выбранных из группы, состоящей из богатых белком семян, зерновых культур, сопродуктов зерновых культур и белков, источников простых и сложных углеводов, жмыха масличных семян и других сопродуктов масличных семян;

к указанным семенам добавляют по меньшей мере одно вещество-антиоксидант в ходе проведения по меньшей мере одной из указанных стадий;

способ включает стадию, после выполнения стадии d), соответственно d1), в ходе которой указанные семена охлаждают;

семена окончательно упаковывают, транспортируют и хранят в темном месте;

указанные семена окончательно упаковывают по меньшей мере в частичном вакууме или по меньшей мере с частичной заменой воздуха на инертный газ.

Подробное описание изобретения

Способ, составляющий объект настоящего изобретения, включает комбинацию приведенных далее стадий.

Стадия а): использование конкретных семян.

Использование семян льна (*Linum usitatissimum*).

Рассмотрим случай высокого содержания по меньшей мере одного питательного компонента, выбранного из жира и/или омега-3 жирных кислот. Семена, рассматриваемые как прошедшие селекцию или отобранные, представляют собой семена с высоким содержанием жира и/или омега-3 жирных кислот, превышающим приведенные ниже пороговые значения:

Вид	Питательный компонент с высокой дополнительной ценностью	Единицы измерения (относительно сырья)	Диапазон изменения		Для семян с высоким содержанием
			Минимум	Максимум	
Льняное семя	Жир (FAT)	%	30	50	> 38
	Омега-3 (ALA)	% от общего содержания FA	3	72	> 54
	Омега-3 (ALA)	%	1	36	> 20

Предпочтительно, чтобы семена с высоким содержанием характеризовались значением содержания жира по меньшей мере 40% или даже 42%; и 56% ALA от общего содержания FA или даже 58%.

Селекция льняного семени на основании его питательного качества оказывает влияние на технологические стадии, выполняемые в дальнейшем. Критериями, отобранными в данном описании для селекции льняного семени, являются содержание омега-3 жирных кислот в форме α -линоленовой кислоты (или ALA), а также содержание жира.

Выбор для использования семян льна, "обогащенных" согласно одному из этих критериев влияет на следующие стадии, что приводит к повышению усвояемости и/или детоксикации, как описано ниже.

Ниже проиллюстрирован пример льняного семени или состава смеси на основе семян льна, при этом содержание ALA установлено на уровне 205 г/кг.

Селекция семян льна по содержанию ALA.

Чем выше содержание ALA в льняном семени, тем меньше его требуется для приготовления смеси, содержащей 205 г ALA на один кг. Таким образом, данное включение в меньшем количестве приводит к более низкому уровню добавленного жира. При использовании термомеханического способа более низкое содержание жира приводит к более высокой механической прочности подлежащего обработке семени. Результатом является повышение усвояемости, фиксируемое посредством увеличения доступного для усвоения жира (AF), объясняемое большими значениями механических сил, приводящих к более высоким значениям давления и температуры. Действительно эти силы способствуют разрыву клеточных стенок и плазматических мембран, что приводит к большему уровню высвобождения жира, содержащегося в липидных вакуолях. Таким образом, чем выше содержание ALA в семенах льна, тем выше будет содержание AF в обработанных семенах льна, и поэтому они будут более усвояемыми для животных.

Селекция семян льна по содержанию жира.

Содержание жира в семени оказывает существенное влияние на общее содержание ALA в семени. Таким образом, чем выше содержание жира, тем меньше необходимо льняного семени для получения тех же 205 г ALA. Такое включение в меньшем количестве значительно снижает потребление слизи, присутствующей в семени. Так, как описано выше, результатом более низкого содержания слизи является повышение усвояемости питательных веществ под действием присутствующих ферментов (обусловленным доступностью субстрата, диффузией ферментов, механической прочностью). Таким образом, чем выше

содержание жира в семенах льна, тем большая эффективность ферментов сохраняется.

А теперь рассмотрим случай, когда указанные семена, предназначенные для кормления моногастрических видов животных, характеризуются слабой способностью удерживать воду или содержат два питательных компонента с низкой дополнительной ценностью, а именно нейтрально-детергентную клетчатку (NDF) и слизи. Семена, прошедшие селекцию или отобранные как семена, характеризующиеся слабой водоудерживающей способностью или наличием питательного компонента с низкой дополнительной ценностью, рассматриваются как прошедшие селекцию или отобранные семена, характеризующиеся слабой водоудерживающей способностью или наличием питательного компонента с низкой дополнительной ценностью, содержания и/или значения для которых меньше приведенных ниже пороговых значений.

Питательный компонент с низкой дополнительной ценностью	Единицы измерения (относит. сырья)	Диапазон изменения		Использованные семена
		Минимум	Максимум	
Неочищенная целлюлоза	%	3,5	15,3	< 11
NDF	%	12,1	30,9	< 22
Слизи	г/кг	2,2	5,8	< 4,5
Водоудерживающая способность	г/г DM	2,8	5,9	< 4,5

Предпочтительно, чтобы в составе семян с низкими содержаниями было не больше 19% или даже 17% NDF, 4 г слизи/кг или даже 3,5% или чтобы значение удерживания воды составляло 4 г на 1 г сухого вещества (DM).

Помимо вредного воздействия, которое растворимая клетчатка оказывает на пищеварительные процессы у животных, она также может оказывать влияние на технологический процесс, применяемый для повышения усвояемости семян, как, например, на содержание доступного для усвоения жира и на снижение уровней или даже устранение антипитательных факторов. Подобный характер действия разъясняется ниже.

Воздействие такой растворимой клетчатки разнообразно и характеризуется увеличением вязкости вследствие высокого сродства между растворимой клетчаткой и водой, что индуцирует, с одной стороны, более низкую доступность субстрата (роль барьера) и изменение диффузии ферментов; а с другой стороны, более высокую механическую прочность, ограничивающую теплообмен, диффузию воды, а также контактирование фермента с субстратом. Растворимая клетчатка семян льна характеризуется, в частности, содержанием в ней слизи, и ее гидрофильные свойства оценивают по ее водоудерживающей способности (WRC).

И содержание синильной кислоты должно быть меньше 250 мг на один килограмм исходного вещества.

Стадия b): перемешивание и фракционирование семян.

Выбор по меньшей мере одной из технологий механического перемешивания, где имеются по меньшей мере два исходных вещества разной природы (т.е. по меньшей мере одно из которых не представляет собой лен) и/или разного качества, и одной из технологий механического фракционирования семян, отлаженных таким образом, что они позволяют, во-первых, приготовить гомогенную смесь семян льна и любого дополнительного сырья и, во-вторых, разрушить семенную кожуру и ядра семян, чтобы сделать питательные вещества более доступными для ферментов (эндогенных или экзогенных и пищеварительных) и таким образом улучшить усвояемость и детоксикацию семян.

Предпочтительным является предварительное перемешивание веществ перед фракционированием, но также можно действовать, сначала фракционируя вещества по отдельности, и затем перемешивая их, а также можно выполнить две процедуры перемешивания, одну до фракционирования, другую после.

Простые и/или комбинированные механические воздействия, применяемые для выполнения этих функций, могут быть выполнены, в частности, посредством ударного воздействия, резания, прессования, усилия сдвига или истирания.

Для характеристики процесса фракционирования семян используют измерение размера частиц, при котором определяют размер частиц, получаемых в результате применения этого способа. Максимальный размер у 90% частиц, получаемых с применением такой технологии механической обработки, составляет предпочтительно меньше 2000 мкм и еще более предпочтительно меньше 1500 мкм.

Такого размера можно добиться, например, с использованием горизонтальной молотковой мельницы в соответствии с приведенными ниже параметрами для оборудования с производительностью 10 т/ч и мощностью двигателя 200 кВт, скоростью вращения 2800 об/мин и размером ячеек решетки 3 мм. Такого размера также можно добиться с применением другого обычного оборудования, такого как молотковые и роликовые мельницы или дробилки, лопастные мельницы.

И наконец, существует другое технологическое оборудование, с использованием которого также может быть выполнена эта процедура: мельница с шлифовальным кругом, дисковая мельница, штифтовая мельница, мельница с режущей головкой, бисерная или шаровая мельница, мельница с лезвиями или маятниковая мельница, молотковая дробилка или ударная мельница и т.д.

Стадия с): предварительная термическая обработка.

Эта стадия заключается в выборе по меньшей мере одной технологии термической обработки с параметрами, соответствующими приведенным далее характеристикам.

А. Первый вариант: стадия подготовительной гидротермической обработки.

Эта стадия решает двойную задачу - инициации детоксикации семян льна путем активации эндогенных ферментов и облегчения последующей стадии термической обработки путем улучшения теплопроводной способности.

Эта стадия заключается в пропитке семян водяным паром и/или водой в жидком состоянии для того, чтобы для предварительно фракционированных семян достичь температуры от 30 до 90°C в течение периода времени больше 2 мин и влажности более 10%.

В предпочтительном способе рекомендуется пропитывать семена в течение промежутка времени продолжительностью больше 5 или 15 мин, даже 30 мин и предпочтительно меньше 4 ч, даже 8 ч, не превышая 24 ч, для достижения влажности выше 12%, даже 15% и предпочтительно ниже 40%, не превышая 60%.

И в очень предпочтительном способе рекомендуется пропитывать семена в течение промежутка времени продолжительностью больше 1 ч, даже 2 ч, для достижения влажности выше 18%, даже 20 или 25%.

При проведении этой стадии и/или при проведении стадии перемешивания может быть добавлена вода.

Синильная кислота представляет продукт разложения цианогенных соединений (линамарина, линустатина, неолинустатина) под действием бета-глюкозидазы. Температура, время и условия влажности, упомянутые выше, обеспечивают эффективное ферментативное действие. Следует также помнить, что растворимая клетчатка повышает вязкость вследствие сильного сродства между слизью и водой и поэтому может ограничивать эффективность этого ферментативного способа (обусловленную доступностью субстрата, диффузией ферментов, механической прочностью). При температурах ниже 30°C ферменты обладают очень незначительной активностью, если вообще ею обладают, а выше 90°C большинство из них инактивируются нагреванием, уже выше 60°C.

Оборудованием, с помощью которого можно выполнить эту стадию, является, но не исчерпывается этим устройство предварительной обработки, предкондиционер и кондиционер, запарник, смеситель, установку для обжарки, пропариватель, устройство для вызревания.

В. Второй вариант: стадия подготовительной гидротермической и ферментативной обработки.

Эта подготовительная стадия заключается в выполнении тех же условий подготовки, которые описаны для первого варианта. Она отличается просто тем, что активизируют по меньшей мере один экзогенный фермент, не присутствующий в семенах льна, который может быть введен, в частности, в качестве технологической добавки (экстракта ферментов и т.д.) из вспомогательных веществ, необработанного или ферментированного сырья и т.д., и добавлен на одной из предварительных стадий способа или в ходе осуществления данного способа.

Температурные характеристики затем выбирают таким образом, чтобы они соответствовали диапазонам активности выбранных ферментов, но оставались в диапазоне от 30 до 90°C. Необходимыми характеристиками продолжительности и влажности являются те же характеристики, которые описаны выше тем не менее с учетом того, что для экзогенных ферментов необходимы более благоприятные условия, чем для эндогенных ферментов, поскольку они не так приближены к своим субстратам в пространственном и временном аспектах.

В этом смысле необходимо адаптировать условия пропитки таким образом, чтобы продолжительность пропитки составляла по меньшей мере 15 мин, предпочтительно 60 мин и предпочтительно меньше 4 ч или даже 8 ч, не превышая 24 ч, для достижения влажности больше 15%, предпочтительно 25% и предпочтительно меньше 40%, не превышая 60%.

Подлежащий(ие) введению фермент(ы) принадлежит(ат) семействам арабинофуранозидаз, бета-глюканаз, целлюлаз, глюкоамилаз, пектиназ, пектин-метилэстераз, фитаз, протеаз, ксиланаз, галактозидаз и предпочтительно ксиланаз, бета-глюканаз и пектиназ.

Он(они) будут выбраны заранее на основании его(их) эффективности при гидролизе конкретных химических связей, гидролизе, который в организме животного не может осуществляться совсем или осуществляется не полностью либо недостаточно быстро. В частности, цель будет заключаться в том, чтобы расщепить углеводы, которые не гидролизуются или плохо гидролизуются в организме животного, чтобы обеспечить улучшенную доступность других составляющих компонентов семени действию пищеварительных ферментов, доступность которых может быть объяснена, среди прочего, разрушением комплексов углеводов с питательными или антипитательными соединениями.

Оборудованием, с помощью которого можно выполнить эту стадию, являются, например, устройство предварительной обработки, предкондиционер и кондиционер, запарник, смеситель, установка для

обжарки, пропариватель, устройство для вызревания, реактор.

Стадия d/d1: термическая обработка.

Эту стадию термической обработки выполняют под давлением и/или без него.

А. Стадия термической обработки под давлением.

Эта стадия заключается в выдерживании семян или полученной таким образом смеси в условиях с минимальным давлением 10 бар (1000 кПа), предпочтительно выше 20 бар (2000 кПа), в течение промежутка времени более 10 с, предпочтительно в диапазоне от 10 с до 2 мин, при температуре выше 80°C, предпочтительно выше 100°C или даже в диапазоне от 100 до 150°C и в более предпочтительном случае даже в диапазоне от 110 до 140°C (и не превышая 160°C).

Такая температура предпочтительно обеспечивается самонагреванием, обусловленным усилиями сдвига, трением и прессованием и, помимо этого, возможно за счет подвода тепла извне, посредством конвективного теплообмена (переносающей тепло жидкости, электрического сопротивления, электромагнитных полей и т.д.) или посредством добавления пара.

Действительно повышение давления, оказываемого на предварительно фракционированные и подготовленные семена льна, дополнительно приводящее к повышению температуры, будет способствовать, с одной стороны, более хорошему выпариванию HCN, высвободившейся благодаря резкому изменению давления, или, другими словами, благодаря изотермическому расширению, а с другой стороны, улучшению усвояемости семян и, в частности, омега-3 жирных кислот, благодаря разрыву клеточных стенок, что облегчает доступность и, следовательно, усвояемость содержащихся в этих семенах липидов.

Кроме того, эта стадия оказывает эффект ингибирования ферментативных активностей вследствие индуцирования повышения температуры.

Неисчерпывающий список оборудования для термической обработки под давлением, с помощью которого можно выполнить эту стадию, следующий: экструдер, варочный экструдер, экспандер, пресс.

Цель этой стадии заключается в снижении содержания антипитательных факторов и улучшении усвояемости энергии и/или белка при одновременной инактивации эндогенных и/или экзогенных ферментов.

В. Стадия термической обработки без применения давления.

Эта стадия заключается в термической обработке без применения давления, продолжительность которой при этом увеличивают таким образом, чтобы она составляла больше 15 мин, предпочтительно 30 мин или даже в диапазоне от 30 мин до 2 ч, а температура была выше 80°C, предпочтительно выше 90°C, или даже находилась в диапазоне от 90 до 150°C.

Такая температура обеспечивается за счет подвода тепла извне посредством конвективного теплообмена (переносающей тепло жидкости, электрического сопротивления, электромагнитного поля и т.д.) или посредством добавления пара, например.

Задача этой стадии заключается в ингибировании ферментативных активностей и выпаривании высвободившейся HCN. Поскольку выпаривание здесь является менее резким, то имеется необходимость в увеличении промежутка времени, в течение которого вещество подвергается воздействию достаточно высокой температуры, чтобы произошло изменение состояния синильной кислоты от жидкого до газообразного.

Аналогичным образом, соответствующим оборудованием для такой термической обработки без применения давления является, например, сушилка, установка для обжарки, шнек с регулируемой температурой и т.д.

Цель этой стадии также заключается в инактивации эндогенных и/или экзогенных ферментов с одновременным улучшением доступности жира, особенно в случае термической обработки под давлением. И наконец, это позволяет в случае необходимости снизить влажность смеси, которая не должна превышать 14%, предпочтительно 12%, чтобы обеспечить хорошие условия для консервации смеси.

Один из способов характеристики эффективности этой(их) стадии(ий) заключается в оценке снижения содержания синильной кислоты (HCN) и улучшения содержания доступного для усвоения жира (AF).

Таким образом, ожидается, что значение для HCN будет составлять меньше 30 мг/кг, предпочтительно 20 мг/кг или даже 10 мг/кг. А касательно AF ожидается, что содержание будет составлять по меньшей мере выше 65%, предпочтительно 70% или даже 75% и даже 80%.

Предшествующие стадии способа, которые описаны выше, также могут быть выполнены экономически эффективным образом с учетом элементов, описанных ниже.

Охлаждение.

По окончании предшествующей стадии обработанные семена оказываются горячими. Поэтому, чтобы снизить их температуру, необходимо их охладить, что позволит им оставаться стабильными во времени и, таким образом, позволит поддерживать и сохранять их в хорошем состоянии до момента потребления. Например, температура не должна превышать 30°C, быть выше температуры окружающей среды, предпочтительно должна составлять 20°C.

Сортировка.

На данной стадии сортировки семена группируют в соответствии с критериями размера, массы, формы, плотности или в соответствии с аэродинамическими, колориметрическими или электростатиче-

скими характеристиками. Инструментами, используемыми для осуществления этих процедур, в частности, являются сито, сепаратор-очиститель, грохот, камнеудалитель, рассев, денсиметрический стол, веялка, оптический сортировщик, системы активного вентилирования (воздушный короб, всасывающие системы, вентиляторы и т.д.), магнитные системы.

Цель этой процедуры может состоять в разделении семян разных видов, в удалении примесей, отборе семян идентичных видов и т.д. Семя может быть отделено от семян другого вида, или оно может быть отобрано к семенам того же вида.

Удаление кожуры.

Цель стадии удаления кожуры заключается в повышении концентрации белка, запасании энергии в форме липидов или регулировании содержания клетчатки. Ее выполнение приводит к получению нескольких фракций, включая часть, называемую ядром, и другую часть, называемую кожурой.

Таким образом, эта процедура предоставляет возможность удовлетворить потребности в питании для разных видов путем ограничения доли слабо перевариваемых компонентов, с одной стороны, и путем снижения содержания некоторых антипитательных факторов, с другой стороны, в этом случае, в так называемой относящейся к ядру фракции. В так называемой относящейся к кожуре фракции в большей степени сосредоточены клетчатка, слизи и лигнаны и в меньшем количестве содержатся жиры, омега-3 жирные кислоты и белки. Таким образом, применение так называемых относящихся к ядру фракций, а не цельного семени, позволяет ограничить долю растворимой клетчатки для такого же количества омега-3 жирных кислот, что приводит к улучшению эффективности ферментативных механизмов (обусловленной доступностью субстрата, диффузией ферментов, механической прочностью). Что касается цианогенных соединений, то они присутствуют, в частности, в ядре, но при этом их не так мало в кожуре.

Эту стадию удаления кожуры характеризуют по минимальному выходу, оцененному исходя из эффекта увеличения или уменьшения количества по меньшей мере одного из приведенных далее компонентов по сравнению с относящейся к ядру фракции с самым высоким содержанием этих компонентов:

жиры	+3%, затем 5%, затем 10%;
неочищенные белки	+3%, затем 5%, затем 10%;
неочищенная целлюлоза	-5%, затем -10%, затем -15%;
слизи	-20%, затем -30%, затем -40%;
лигнаны	-20%, затем -30%, затем -40%.

Удаление кожуры осуществляют, комбинируя фазу механического воздействия и фазу разделения, затем при необходимости проводя возможное повторное увлажнение ядра, перед которой осуществляют фазу предварительной термической обработки для облегчения удаления кожуры.

Методами простого и/или комбинированного механического воздействия, используемыми для выполнения этих функций, могут быть удар, прессование или истирание. Инструменты, используемые для выполнения этой фазы, включают, но не ограничиваются этим, следующие: роликовые и молотковые мельницы или дробилки, ударный уплотнитель или ударную мельницу, шлифовальный постав, лопастную мельницу, мельницу с шлифовальным кругом, дисковую мельницу, штифтовую мельницу, мельницу с режущей головкой, бисерную или шаровую мельницу, мельницу с лезвиями или маятниковую мельницу и т.д.

Разделение может быть проведено в соответствии с критериями размера, массы, формы, плотности или в соответствии с аэродинамическими, колориметрическими или электростатическими характеристиками. Инструментами, используемыми для осуществления этой фазы, в частности, являются: сито, шейкер, сепаратор-очиститель, грохот, камнеудалитель, рассев, денсиметрический стол, веялка, оптический сортировщик, системы активного вентилирования (воздушный короб, всасывающие системы, вентиляторы и т.д.) или даже магнитные системы и т.д.

Поэтому по окончании этой стадии следует указать, что последующие стадии фракционирования (при необходимости), подготовительной термической обработки (при необходимости) и термической обработки, которые описаны, будут проведены с использованием сопродуктов семян льна, а не с использованием цельных семян льна.

Дробление семян и обработка муки из льняного семени.

Альтернативно после стадии а) или б), описанной выше, можно выполнить дробление цельных семян льна или семян льна после удаления с них кожуры, в результате чего получают льняное масло и льняной жмых. Поскольку льняной жмых все еще содержит более 8% жира, предпочтительно 10% или даже 12%, он все еще содержит некоторое количество омега-3 жирных кислот, но прежде всего HCN в большом количестве.

Поэтому, как указано ранее на стадии удаления кожуры, следует отметить, что по окончании этой стадии дробления последующие стадии фракционирования, подготовительной термической обработки (при необходимости) и термической обработки, которые описаны, будут проведены с использованием льняного жмыха, сопродукта дробления семян льна, а не с использованием цельных семян льна.

Использование дополнительного (дополнительных видов) сырья.

Можно получить преимущество, если к льняному семени добавить по меньшей мере еще одно сы-

рье, которое будет выбрано на основании его технологических, и/или пищевых, и/или экономических свойств. Действительно в зависимости от применения, которое планируется в отношении смеси, полученной согласно данному способу, и от ее назначения с точки зрения видов животных и, в частности, стадии физиологического развития, выбор (видов) сырья будет сосредоточен особенно на питательных характеристиках и стоимости видов сырья. Но их также необходимо выбирать на основании их технологических преимуществ, в частности, учитывая

их физические свойства и, следовательно, их предрасположенность к повышению интенсивности процесса посредством изменения сил давления и тепловой энергии с учетом, в частности, их реологического поведения в ходе осуществления данного процесса;

их способность смешиваться с семенами льна в условиях повышенной влажности и, следовательно, их способность к адсорбции (поглощению на поверхности) или всасыванию (поглощению посредством усвоения) масла и/или воды;

наличие и/или большое количество представляющих интерес ферментов, эндогенных для дополнительного сырья, и, следовательно, его способность усиливать активности ферментов, используемых в способе, например, благодаря наличию бета-глюкозидазы для улучшения детоксикации семян льна.

Предпочтительно, когда семена льна будут объединены преимущественно с частью богатых белком семян и/или зерновых культур, в особенности когда технология термической обработки включает стадию термической обработки под давлением.

Фактически добавление богатых белком семян и/или зерновых культур позволяет в результате усиления прохождения через экструдер лучше обрабатывать семена льна с технологической точки зрения и повышает биодоступность жира.

И наконец, в более общем случае в основе выбора дополнительного сырья предпочтительно лежит возможность улучшения пищевых и экономических показателей, что может быть достигнуто с использованием этого способа, применяемого к семенам льна.

Таким образом, среди дополнительных видов сырья предпочтение сначала будет отдано богатым белком семенам и зерновым культурам, затем сопродуктам зерновых культур и белков, источникам простых или даже сложных углеводов и жмыху масличных семян и другим сопродуктам масличных семян, затем всем другим видам сырья, обычно используемым для кормления животных.

Решение в отношении использования антиоксидантов.

Для сохранения пищевой и функциональной пригодности омега-3 жирных кислот из льняного семени, получаемого согласно данному способу, может быть целесообразно добавить стадию, касающуюся решения вопроса использования антиоксидантов.

Льняное семя уже от природы наделено антиоксидантами в форме лигнанов из семейства фитоэстрогенов. Тем не менее рекомендуется добавлять при необходимости раствор антиоксидантов, в особенности когда условия и продолжительность транспортировки и хранения вносят ограничения. Температура, свет и степень аэрации представляют собой факторы без ограничения, которые способствуют риску окисления жирных кислот и на которые может быть затруднительно повлиять с технической и экономической точки зрения.

Предлагаемое решение в отношении использования антиоксидантов заключается в принятии по меньшей мере одного из следующих решений:

упаковка, транспортировка и хранение семян, полученных согласно изобретению, осуществляются без доступа света; например, с использованием так называемых мягких контейнеров "биг-бэг (big bag)" и других непрозрачных контейнеров;

упаковка осуществляется с использованием мягкого контейнера, из которого по меньшей мере большая часть кислорода воздуха удалена (вакуумная упаковка) или заменена на инертный газ, например азот (упаковка в среде инертного газа);

осуществляют добавление по меньшей мере одного антиоксиданта, предпочтительно нескольких, с тем, чтобы они действовали взаимодополняющим образом на разных стадиях процесса окисления, от инициации до развития, независимо от того, являются ли они липофильными и гидрофильными по своей природе и имеют химическое и/или природное происхождение. Такое добавление антиоксидантов предпочтительно будет иметь место перед стадией фракционирования и перемешивания в порошковой и/или жидкой форме.

Неисключающим образом можно упомянуть несколько антиоксидантов природного или синтетического происхождения, а именно

фенольные соединения в различных формах: простые фенолы, флавоноиды, изофлавоноиды и антоцианины, фенольные кислоты и кумарины, лигнаны, лигнины, стильбеноиды, метаболиты нефенольной природы, нафтохиноны, танины, ресвератрол, процианидины, розмариновую кислоту, терпеноидные соединения, лецитины и т.д.;

витамины, такие как аскорбиновая кислота и ее соли (витамин С), токоферолы (витамин Е); β-каротин (провитамин А) и другие каротиноиды, токотриенолы и т.д.;

пропилгаллат, лимонную кислоту, бутилированный гидроксианизол (ВНА), бутилированный гидрокситолуол (ВНТ), трет-бутилгидрохинон (ВНQT) и т.д.

Перемешивание на стадии предварительной термической подготовки.

На стадии с) одно из преимуществ заключается в том, что семя или смесь перемешивают таким образом, чтобы они подвергались одинаковым условиям обработки. Действительно при перемешивании будут осуществляться

гомогенизация фракционированных семян вместе с водой и другими возможными дополняющими компонентами с целью, в частности, облегчения функциональных возможностей антиоксиданта в отношении жирных кислот, как только ферменты вступят в контакт со своими субстратами;

обеспечение однородного распределения добавленной воды и выравнивание температуры семян или смеси;

избегание образования агломератов и, таким образом, облегчение условий для транспортировки семян или смеси.

С применением этого способа достигают технически выгодных результатов относительно предшествующего уровня техники.

Фактически ни один из способов, широко описанных в литературе, не достигает улучшенных в техническом и экономическом отношении результатов по сравнению с результатами, полученными согласно способу по настоящему изобретению; в частности, это касается современных систем производства продуктов животноводства, характеризующихся значительными генетическими достижениями, адаптированными к системе кормления, основанной главным образом на использовании сои, зерна кукурузы и зерновых культур. Сочетание различных стадий, описанных выше, делает возможным получение льяного семени, характеризующегося одновременно

1) более высоким содержанием по меньшей мере одного питательного компонента:

Питательный компонент с высокой ценностью	Единицы измерения (относит. сырья)	Диапазон изменения		Семя, полученное согласно изобретению
		Минимум	Максимум	
Жир	%	30	50	> 38
Омега-3	% от общего содержания FA	3	72	> 54
Омега-3	%	1	36	> 20

предпочтительно семена, полученные согласно изобретению, содержат по меньшей мере 40% или даже 42% жира и 56% или даже 58% ALA от общего содержания FA;

2) более низким содержанием по меньшей мере одного питательного компонента, имеющего низкую ценность, или слабой водоудерживающей способностью:

Питательный компонент с низкой ценностью	Единицы измерения (относит. сырья)	Диапазон изменения		Пропаренное семя
		Минимум	Максимум	
NDF	%	12,1	30,9	< 22
Слизи	г/кг	2,2	5,8	< 4,5
Неочищенная целлюлоза	%	3,5	15,3	< 11

предпочтительно, чтобы семена, полученные согласно изобретению, содержали не больше 19% или даже 17% NDF и 4 или даже 3,5 г слизи/кг;

3) более низким содержанием синильной кислоты:

Антипитательный фактор	Единицы измерения (относит. сырья)	Диапазон изменения		Пропаренное семя
		Минимум	Максимум	
HCN	мг/кг	130	450	< 30

предпочтительно, чтобы семена, полученные согласно изобретению, содержали не больше 20 мг или даже 10 мг HCN на один кг;

4) улучшенным уровнем доступности жиров и/или усвояемости энергии и/или белка и содержащихся в нем аминокислот:

	Доступный для усвоения жир (AF)	Усвояемость энергии (% увеличения)	Усвояемость белков/аминокислот (% увеличения)
Домашняя птица	65%	ME (ккал)	DUC (%)
		от +20 до 100%	от +5 до 30%
Свиньи		ME (ккал)	DUC (%)
		от +40 до 100%	от +5 до 15%
Рыба		DUC (%)	DUC (%)
		от +10 до 40%	от +5 до 15%
Другие виды	% увеличения	DUC (%)	
	от +10 до 40%	от +5 до 15%	

предпочтительно семена, полученные согласно изобретению, будут иметь содержание доступного для усвоения жира, составляющее по меньшей мере 70%, даже 75% и до 80% включительно, в используемых рабочих условиях после 10-минутной экстракции.

Представленные выше результаты сопоставимы с результатами для семян, которые прошли только стадию фракционирования, аналогичную описанной в данном изобретении, и стадию гранулирования при температуре меньше 100°C. И эти результаты также опираются на современные исследования в области генетики животных с учетом пород, отобранных на основании их продуктивности.

Представленные ниже результаты с очевидностью демонстрируют, что на усвояемость энергии семян льна оказывает синергетическое влияние сочетание селекции льняного семени и его технологической обработки согласно способам, указанным в данном изобретении.

Селекция семян по изобретению	Технологическая обработка по изобретению	Улучшение пищевой ценности домашней птицы, исходя из основы, принятой за 100%
(Жир, омега-3, NDF, слизи, CRE)	(перемешивание, фракционирование, подготовительная термическая обработка, термическая обработка)	Усвояемость энергии
Нет	Нет	100
Да	Нет	149
Нет	Да	110
Да	Да	203
"Основа 100" означает льняное семя, не прошедшее селекцию и не подвергнутое обработке так, как описано выше в таблице.		

Пищевую ценность домашней птицы оценивают по двум параметрам: усвояемости энергии или обменной энергии (ME); усвояемости белков (от англ. Digestive Utilization Coefficient; DUC N).

Что касается усвояемости энергии, то при рассмотрении подходов по отдельности можно отметить, что в результате проведения селекции льняного семени удается увеличить ее значение на 49%; в результате технологической обработки удается увеличить на 10%. Когда учитываются оба эти два подхода, то результат составляет 103% по отношению к льняному семени, которое не проходило селекцию и не было подвергнуто обработке так, как описано в данном изобретении. Поэтому это не просто сложение результатов подходов, связанных с селекцией (+49%) и технологической обработкой (+10%), а проявление истинного синергизма (=103%).

На основании этих различных характеристик также можно отметить, что настоящее изобретение предоставляет возможность для улучшения детоксикации и пищевой ценности льняного семени, принимаемая во внимание литературные данные и, в частности, вышеупомянутый европейский патент.

Что касается общей детоксикации, то согласно настоящему изобретению улучшено содержание оставшихся цианогенных соединений до такой степени, что измеренное значение для HCN достигает 30 мг на кг семян по сравнению с 50 мг согласно патенту EP 1155626.

		Необработ. льняное семя	Льняное семя по патенту EP 1155626	Льняное семя по настоящему изобретению
Содержание HCN	мг/кг сырья	265	50	30

С учетом этого согласно данному изобретению предпочтительно может быть достигнуто снижение содержания HCN ниже порогового значения 20 мг/кг или даже 10 мг/кг.

В рамках анализа соотношения между риском и пользой также интересно сравнить количество HCN на один кг имеющихся омега-3 жирных кислот.

Настоящее изобретение предоставляет возможность снижения уровня HCN относительно патента EP 1155626 от 160 мг до 145 мг/кг омега-3 жирных кислот.

		Необработ. льняное семя	Льняное семя по патенту EP 1155626	Льняное семя по настоящему изобретению
Содержание HCN	мг/кг омега-3 жирных кислот	1100	160	145

С учетом этого согласно данному изобретению предпочтительно может быть достигнуто значение 100 мг или даже 50 мг HCN на один кг омега-3 жирных кислот.

И наконец, заключительный способ продемонстрировать преимущества изобретения заключается в сравнении содержания HCN на один кг доступных для усвоения омега-3 жирных кислот с использованием критерия AF в качестве средства предсказания усвояемости жира. Таким образом, показано, что настоящее изобретение предоставляет возможность получения улучшенного соотношения эффективности по сравнению с вышеупомянутым патентом.

		Необработ. льняное семя	Льняное семя по патенту EP 1155626	Льняное семя по настоящему изобретению
Содержание HCN	мг/кг доступных для усвоения омега-3 жирных кислот	3700	2000	255

С учетом этого согласно данному изобретению предпочтительно может быть достигнуто значение 145 мг или даже 65 мг HCN на один кг доступных для усвоения омега-3 жирных кислот.

Тем не менее согласно настоящему изобретению также повышается степень улучшения соотношения польза/риск в результате предложения использовать семена с более перевариваемой основой ввиду более низкого содержания в них соединений с низкой ценностью. То, как выглядят результаты сравнения необработанного семени и семени, полученного согласно изобретению, представлено в приведенной ниже таблице в виде количеств NDF и слизи в граммах на 1 кг сырья, но также в граммах на 1 кг омега-3 жирных кислот и особенно в граммах на 1 кг доступных для усвоения омега-3 жирных кислот.

Это демонстрирует двойное преимущество семени, содержащего небольшое количество соединений с низкой ценностью, с одной стороны, и большее количество омега-3 жирных кислот, доступных для усвоения, с другой.

		Необработ. льняное семя	Льняное семя по изобретению
NDF	г/кг сырья	240	190
NDF	г/кг омега-3 жирных кислот	996	926
NDF	г/кг доступных для усвоения омега-3 жирных кислот	3351	1543
Слизи	г/кг сырья	5	4
Слизи	г/кг омега-3 жирных кислот	21	19
Слизи	г/кг доступных для усвоения омега-3 жирных кислот	70	32

Такие характерные результаты для семян, полученных согласно изобретению, демонстрируют синергетический эффект, поскольку синильная кислота не оказывает влияния ни на результаты по так называемой усвояемости, ни на доступность жира, что хорошо коррелирует с результатами по усвояемости.

В действительности HCN оказывает негативный эффект на энергетический обмен у животных. Она оказывает влияние на ингибирование ферментативной активности цитохром-оксидазы, используемой для транспорта электронов в дыхательной цепи с образованием молекул АТФ.

Таким образом, данное изобретение имеет преимущество не только в достижении высоких уровней так называемого AF и усвояемости семян льна, высоких содержаний питательных компонентов и низких содержаний компонентов с низкой ценностью, но также в предотвращении технических неисправностей и других проблем здравоохранения, связанных с возможным выделением HCN.

0) Тестирование усвояемости на бройлерах.

На экспериментальной ферме оценивали усвояемость семян льна, полученных с использованием разных технологических процессов. Тестирования усвояемости проводили на петушках (ROSS PM3), заменяя 30% основного корма на подлежащие тестированию семена. Энергетическую ценность и усвоя-

емость белка рассчитывают по разнице, принимая во внимание принцип аддитивности. Тестируемые подходы демонстрируют независимое и кумулятивное влияние селекции льняного семени и технологической обработки последнего, как описано в изобретении. В приведенной ниже таблице показано следующее:

характеристики прошедших селекцию семян льна;

характеристики технологических способов;

характеристики обработанных семян льна.

Характеристики изобретения				
Стадия селекции льняных семян по изобретению	Нет	Нет	Да	Да
Стадия технологической обработки для семян льна по изобретению	Нет	Да	Нет	Да
Характеристики семян льна				
Жир, %	43,6		42,7	
Омега-3 жирные кислоты, % от TFA	59,2		58,2	
NDF, %	23,1		19,0	
Слизи, г/кг	4,7		2,4	
Способность удерживать воду (%)	5,1		3,5	
HCN/льняное семя, мг/кг	294		271	
Способы обработки льняных семян				
Смешивание	-	Нет	-	Нет
Фракционирование	-	Да	-	Да
Удаление кожуры	-	Да	-	Да
Предварительная термическая обработка				
Температура	-	45°C	-	45°C
Влажность	-	11%	-	11%
Продолжительность	-	15 мин	-	15 мин
Термическая обработка				
Температура	-	135°C	-	135°C
Продолжительность	-	15 с	-	15 с
Давление	-	20 бар (2 МПа)	-	20 бар (2 МПа)
Характеристики обработанных семян льна				
МЕ/льняное семя, ккал/кг	1842	2020	2751	3743
МЕ/льняное семя, исходя из основы, принятой за 100%	100	110	149	203

"Основа 100" означает льняное семя, не прошедшее селекцию и не подвергнутое обработке так, как описано выше в таблице.

В этом испытании на предмет усвояемости на цыплятах иллюстрируется значение селекции льняного семени и технологии обработки при выделении, селекции семян и их технологической обработке в отношении энергии влияния селекции составляет +49%, влияние обработки на усвояемость составляет +10% по сравнению с не проходившими селекцию или обработку семенами;

в случае совместного применения этих двух подходов достигается не просто аддитивный эффект рассматриваемых по отдельности воздействий, а скорее их синергизм;

в отношении энергии влияния селекции и технологической обработки льняного семени, как описано в данном изобретении, составляет +103% по сравнению с не проходившим селекцию или обработку льняным семенем.

Таким образом, описанное изобретение предоставляет реальное преимущество с точки зрения ценности для животного. Это можно видеть, исходя из использования энергии, как описано выше. Это результат использования семян с более высокой питательной плотностью, но также и подвергнутых более эффективной технологической обработке.

Благодаря этим преимуществам данное изобретение привело к получению результатов в области зоотехники, которые до сих пор не имели себе равных в животноводстве.

С использованием различных видов животных и на разных фермах проводили несколько зоотехнических испытаний на моногастричных животных и тест *in vitro* на жвачных животных, что позволило проверить в условиях производства или с экстраполяцией к условиям производства технические преимущества, полученные в результате осуществления данного изобретения. Эти тесты дополняются ис-

следованием экономического значения.

1) Зоотехнический тест на курах-несушках.

На экспериментальной ферме в течение примерно 3 месяцев куры-несушки (породы Иза Браун) получали корм, содержащий 3% льняного семени по изобретению, в комбинации с 3% семени бобов обыкновенных, при этом учитывались значения ME (обменной энергии) и DUC N (усвояемости белков), определенные заранее согласно исследованию усвояемости.

С учетом методологии, используемой для составления кормов для кур-несушек, в диете Isonutrients (обменная энергия, перевариваемые незаменимые аминокислоты, кальций, фосфор и т.д.) и принимая во внимание оцененные ранее различия в значениях усвояемости, задача этого испытания заключалась в проверке того, благодаря ли синергетическому эффекту снижения содержания антипитательных факторов реализация данного изобретения способствовала достижению уровня зоотехнических показателей, по меньшей мере равного или даже превышающего таковой для стандартного корма.

Льняное семя, полученное согласно изобретению, представляет собой результат сочетания обработок, в первую очередь селекции, дающей возможность отобрать семена с конкретными характеристиками (% жира, содержанием омега-3 жирных кислот, NDF, слизи, CRE), упомянутыми в приведенной ниже таблице.

Затем это семя подвергают дроблению и в течение 15 мин проводят подготовительную термическую обработку, используя пар с повышением температуры до 45°C и влажности до 11%. И наконец, выполняют предварительный нагрев измельченного семени и подвергают воздействию давления 20 бар (2 МПа) в течение 15 с, тогда температура составляет 135°C.

Таким образом в приведенной ниже таблице представлены

питательные характеристики, отобранные для льняного семени, полученного согласно изобретению, с одной стороны, и для льняного семени, которое просто было подвергнуто дроблению, с другой стороны, по сравнению с другим стандартным льняным семенем, не прошедшим тестирования на курах-несушках, значения для которых были определены заранее согласно исследованию их усвояемости на цыплятах в соответствии с обычными протоколами, известными специалисту, и на которые имеются ссылки;

показатели яйценоскости в терминах массы яйца, массы выданных яиц (с учетом количества несенных яиц) и эффективности использования кормов (эффективности использования кормов для получения 1 яйца).

Характеристики рационов и семян льна
для кур-несушек и связанная с ними продуктивность

	Контроль Без льняного семени	Стандартное льняное семя, подвергнутое только дроблению	Испытуемое льняное семя, подвергнутое только дроблению	Испытуемое льняное семя, полученное согласно изобретению
Характеристики рациона				
ME в рационе, ккал/кг	2800	-	2800	2800
Перевариваемый лизин, г/кг	6,9	-	6,9	6,9
Характеристики семян льна				
Жир, % жира		37,4		42,7
Омега-3 жирные кислоты, % от TFA		55,3		58,2
NDF, %		23,8		18,3

Слизи, г/кг		3,9	3,4	
CRE (%)		6,3	3,8	
HCN/льняное семя, мг/кг	-	290	271	
AF/льняное семя, %	-	45,7	40,2	
Способы обработки льняных семян				
Смешивание	-	-	Нет	Нет
Фракционирование	-	-	Да	Да
Предварительная термическая обработка				
Температура	-	-	-	45°C
Влажность	-	-	-	11%
Продолжительность	-	-	-	15 мин
Термическая обработка				
Температура	-	-	-	135°C
Продолжительность	-	-	-	15 с
Давление	-	-	-	20 бар (2 МПа)
Характеристики обработанных семян льна				
ME/льняное семя, ккал/кг	-	1842	2751	3743
DUC N/льняное семя, %	-	54	67	71
HCN/льняное семя, мг/кг	-	290	271	19
AF/льняное семя, %	-	49,8	45	81
Продуктивность кур				
Масса яиц, г	61,9	-	63,1	63,2
Масса выданных яиц, г/сут	61,0	-	61,4	61,8
Яйценоскость, %	98,6	-	97,3	97,8
Показатель потребления	1,92	-	1,94	1,93

Первое, что можно увидеть, это то, что различия в значениях усвояемости среди этих 3-х образцов семян льна очень велики. Значения ME и DUC N изменяются от 1842 ккал и 54% соответственно для стандартного льняного семени до 2751 ккал и 67% для прошедшего предварительную селекцию, но только дробленого льняного семени, до 3743 ккал и 71% для того же прошедшего селекцию льняного семени, но подвергнутого полному способу по изобретению.

Эти показатели продуктивности кур-несушек следует сопоставить с характеристиками состава льняного семени, прошедшего селекцию и затем обработанного, выраженными в мг, значениях NDF, содержаниях слизей, затем ME и DUC N, с одной стороны, и с характеристиками эффективности обработки в терминах HCN и AF, с другой стороны. Эти показатели представляют собой результат положительной взаимосвязи между селекцией адаптированных семян льна и оптимизированным технологическим способом.

Таким образом, по сравнению с контрольной партией с использованием соевой муки, которая уже очень хорошо зарекомендовала себя в плане значений усвояемости и продуктивности, следует сделать предположение, что

результаты с точки зрения продуктивности кур, полученные в "испытании с использованием подвергнутых только дроблению" семян льна, оказываются значительно ниже таковых, полученных с использованием контроля "соевая мука", что подчеркивает негативное влияние антипитательных факторов на показатели яйценоскости кур. Фактически основной вывод заключается в том, что у кур в этой группе была более низкая яйценоскость, но более высокая масса яйца, в результате чего они несли немного больше яиц по массе, но потребляли больше корма для получения такого же количества яиц, что является признаком небольшого уменьшения эффективности использования корма (увеличения индекса эффективности использования корма);

несмотря на то что пищевая ценность льняного семени в "испытании по изобретению" уже была значительно выше, чем у льняного семени в "испытании с использованием подвергнутого только дроблению", результаты, полученные с использованием льняного семени по изобретению, показывают существенное улучшение в плане различных критериев продуктивности.

Именно в этом можно увидеть преимущества данного изобретения. Мало того, что льняное семя, обработанное в соответствии со способом по настоящему изобретению, обладает превосходной пищевой ценностью по результатам так называемых исследований усвояемости, его применение также позволяет

избежать вредных эффектов антипитательных факторов при одновременном достижении значений продуктивности, аналогичных таковым для соевой муки.

2) Зоотехнический и экономический тест на цыплятах-бройлерах.

На образцовой ферме для быстрого выращивания цыплят птицы, содержащиеся в двух идентичных помещениях, получали корм в соответствии с двумя программами кормления. Обычную программу, основанную на использовании жмыха и масла сои и зерновых культур, сравнивают с программой кормления, включающего долю льняного семени по изобретению, смешанного с богатыми белком семенами. Эту смесь, с соотношением 70% семян льна и 30% семян бобов обыкновенных, давали в количестве 2,5% во время периода роста и 3% во время заключительного периода.

Технические и экономические показатели оценивали с учетом потребления, массы животного, роста, конверсии корма, смертности и стоимости корма.

В этом испытании оценку пищевой ценности льняного семени, используемого в составе пищи, проводили на основании значений так называемой усвояемости, определенных заранее. Поэтому задача состояла в проверке того, являлись ли зоотехнические показатели для цыплят одинаковыми или улучшенными по сравнению с таковыми в контрольной партии.

В приведенной ниже таблице показаны характеристики семян льна, использованные методы технологической обработки, данные, полученные для обработанных семян льна, и данные по техническим и экономическим показателям.

	Контрольная партия, без льняного семени	Испытуемая партия с льняным семенем, подвергнутым только дроблению	Испытуемая партия с льняным семенем, полученным согласно изобретению
Характеристики рациона			
МЕ в рационе, ккал/кг	3050	-	3050
Перевариваемый лизин, г/кг	10	-	10
Характеристики семян льна			
Жир, % жира			42,3
Омега-3 жирные кислоты, % от TFA			59,3
NDF, %			16,9
Слизи, г/кг			3,7
Способность удерживать воду (%)			4,0
НСН/льняное семя, мг/кг	-		135

АФ/льняное семя, %	-	38,5	
Способы обработки льняных семян			
Смешивание	-	Нет	Нет
Фракционирование	-	Да	Да
Предварительная термическая обработка			
Температура	-	-	45°C
Влажность	-	-	11%
Продолжительность	-	-	15 мин
Термическая обработка			
Температура	-	-	135°C
Продолжительность	-	-	15 с
Давление	-	-	20 бар (2 МПа)
Характеристики обработанных семян льна			
МЕ/льняное семя, ккал/кг		2751	3743
DUC N/льняное семя, %		67	71
HCN/льняное семя, мг/кг		135	<10
АФ/льняное семя, %		43,2	79,8
Продуктивность выращивания цыплят Исходя из контроля, принятого за 100%			
Средняя масса	100	-	104
Среднесуточный прирост массы	100	-	104
Технический показатель потребления	100	-	96
Показатель продуктивности	100	-	109
Экономический показатель потребления	100	-	96

Таким образом, технические результаты, полученные согласно данному изобретению, в первую очередь продемонстрировали эффективность способа в отношении снижения содержания HCN и повышения содержания АФ; и главным образом они продемонстрировали компенсацию дополнительных затрат на корма с улучшением на 4% экономического показателя.

Таким образом, решение, предложенное согласно изобретению, привело к существенному улучшению технических (масса +4%, среднесуточный прирост массы (GMQ; от фр. Gain Moyen Quotidien) +4%, технический показатель потребления (IC; от фр. Indice de Consommation) -4% и показатель продуктивности +9%) и экономических показателей.

В соответствии с результатами этих зоотехнических тестов невозможно объяснить улучшение показателей только значениями усвояемости семян льна, получающимися при реализации данного изобретения.

В действительности, несмотря на то что в процессе приготовления кормовой композиции результаты усвояемости были приняты во внимание, наблюдаемая продуктивность оказалась выше, что является признаком синергетического эффекта, связанного с улучшенной кормовой ценностью льняного семени, отражающейся на уровне метаболизма у животного, и который может быть связан с уменьшением содержания антипитательных факторов.

3) Исследование *in vitro* биогидрогенизации жирных кислот жвачных животных.

У жвачных животных пищевые липиды подвергаются липолизу, а ненасыщенные жирные кислоты подвергаются частичной гидрогенизации в рубце. Они всасываются в тонком кишечнике и попадают частично и после возможного уменьшения степени насыщения в молоко и мясо. Такую реакцию гидрогенизации ненасыщенных жирных кислот под действием рубцовых бактерий называют биогидрогенизацией.

В случае полиненасыщенных жирных кислот она разбивается на несколько стадий и всегда начинается с первой реакции изомеризации. Такая изомеризация осуществляется под действием разных рубцовых бактерий, что приводит к образованию различных изомеров. В случае альфа-линоленовой кислоты ALA за первой реакцией изомеризации следуют три реакции восстановления, в результате чего синтезируется 18:0 стеариновая кислота.

Промежуточные соединения этой биогидрогенизации, такие как конъюгированные линоленовые кислоты (CLnA), получающиеся в результате биогидрогенизации ALA, могут иметь свойства, полезные

для здоровья человека. В процессе биогидрогенизации ALA также образуется вакценовая кислота (транс11-C18:1), и степень ее насыщения может быть снижена путем образования конъюгированной линолевой кислоты (CLA) в вымени жвачных животных и в организме потребителя. Поэтому повышение степени ее образования в рубце также представляет интерес, поскольку содержание транс10-C18:1 кислоты не увеличивается в тех же пропорциях. Действительно наличие этой последней жирной кислоты является указанием на дисфункцию в работе рубца, а эта жирная кислота известна своими неблагоприятными действиями в отношении метаболизма жвачных животных и питательного качества продуктов для людей.

Поэтому исследование и регулирование биогидрогенизации жирных кислот в рубце является существенным моментом в плане имитации эффектов корма на основе травы, с одной стороны, и для улучшения микробного баланса в рубце и питательного качества продуктов, получаемых из жвачных животных, с другой.

Чтобы определить преимущества изобретения, связанные с кормами для жвачных животных, оценивали исчезновение омега-3 жирных кислот ALA в результате осуществления биогидрогенизации и их преобразование при гидрогенизации разных промежуточных жирных кислот по сравнению с семенами льна в его разных известных формах и по сравнению с омега-3 жирными кислотами ALA из референсного травянистого растения.

Все семена льна в своих различных известных формах, полученных согласно изобретению, были проанализированы с целью определения, в частности, содержания доступного для усвоения жира (AF) после 10-минутного перемешивания согласно описанному ранее методу.

Обработанные по-разному семена, масло и референсное травянистое растение вносили в нейлоновые контейнеры (зарегистрированная торговая марка) и инкубировали *in vitro* в соке рубца в течение 2-6 ч. Содержание жирных кислот анализировали в исходных продуктах и по окончании инкубирования, чтобы рассчитать процент исчезновения (степень биогидрогенизации, которая является мерой эффективности начальной стадии изомеризации) ALA, преобразование этого ALA в CLnA и C18:2 транс11-дис15, преобразование ненасыщенных жирных кислот (AG; от фр. d'acides gras) льняного семени в C18:0, но также и долю появляющихся C18:1 транс-11 и соотношение между C18:1 транс-11 и C18:1 транс-10.

Для того чтобы наилучшим образом имитировать кинетику гидрогенизации ALA из травы, необходимо провести аппроксимацию значений для этих разных изомеров FA, полученных с использованием травы. В приведенной ниже таблице приведены характеристики семян льна, использованных методов технологической обработки, обработанных семян льна и результаты после 2 ч инкубирования.

	Исходное льняное семя, подвергнутое дроблению	Пропаренное льняное семя, подвергнутое экструзии	Льняное семя по изобре- тению	Льняное масло	Референс. травянист. растение
Характеристики семян льна					
Жир, %		42,3		100	от 23,4 до 33,5
Омега-3 жирные кислоты, % от TFA		59,3		55,6	58,8
NDF, %		16,9		0	от 55,1 до 62,6
Слизи, г/кг		3,7		0	0
Способность удерживать воду (%)		4,0		-	-
HCN/льняное семя, мг/кг		135		0	0
AF/льняное семя, %		38,5		98,8	-
Способы обработки льняных семян					
Смешивание	Нет	Нет	Нет	-	-
Фракционирование	Да	Да	Да	-	-
Предварительная термическая обработка					

Температура	-	-	45°C	-	-
Влажность	-	-	11%	-	-
Продолжительность	-	-	15 мин	-	-
Термическая обработка					
Температура	-	90°C	135°C	-	-
Продолжительность	-	15 с	15 с	-	-
Давление	-	5 бар (0,5 МПа)	20 бар (2 МПа)	-	-
Характеристики обработанных льняных семян					
НСН/льняное семя, мг/кг	192	41	<10		
АФ/льняное семя, %	45	63	75,6		
Результаты					
% ВН для C18:3	33,0	36,5	от 34 до 40	32,8	81,3
Превращение в CLnA	2,3	4,3	от 5 до 9	7,8	6,9
Превращение в C18:2 транс11 цис15	10,6	14,9	от 15 до 19	11,3	17,8
% C18:1 транс11	2,1	2,6	от 2,7 до 3,6	2,0	6,9
C18:1 транс11/C18:1 транс10	2,4	3,0	от 3,5 до 4,1	2,6	3,9
Превращение в C18:0	27,7	19,1	от 10 до 20	23,8	53,6

% ВН: степень биогидрогенизации.

Во-первых, наблюдается очень высокая степень биогидрогенизации ALA из травы, приводящая, в частности, к очень высокой доле C18:0 по сравнению с источниками ALA в форме льна.

Таким образом, можно считать, что количество ALA, которое должно быть введено в рацион жвачных животных в форме льна, может быть более низким по сравнению со случаем использования травы, чтобы получить аналогичное количество ALA на выходе из рубца, тех ALA, которые не подверглись биогидрогенизации.

С другой стороны, если рассматривать потребление эквивалентного количества ALA в форме травы или льна, то для этих различных форм видно, что

измельченное исходное льняное семя демонстрирует быструю кинетику гидрогенизации, приводящую к образованию в процессе гидрогенизации промежуточных соединений в очень низкой доле, а соединения C18:0 в высокой доле; следует отметить, что соотношение C18:1 транс11/C18:1 транс10 получается относительно низким;

использование подвергнутого экструзии пропаренного льняного семени позволяет замедлить кинетику гидрогенизации ALA, что приводит к образованию в процессе гидрогенизации в большей степени промежуточных соединений (CLnA и C18:2 транс11 цис15) и C18:0, а также C18:1 транс11 в более высокой доле и к увеличению соотношения C18:1 транс11/C18:1 транс10;

использование льняного масла также приводит к замедлению кинетики гидрогенизации ALA, причем для некоторых вариантов по сравнению с подвергнутому экструзии пропаренным льняным семенем наблюдается меньше C18:1 транс11 и ухудшение соотношения C18:1 транс11/C18:1 транс10;

использование льняного семени, полученного согласно изобретению в различных упомянутых условиях обработки, дает возможность достичь кинетики появления промежуточных соединений, образованных в процессе гидрогенизации ALA, аналогичной таковой в случае травы, при этом доля C18:1 транс11 близка к таковой в случае травы, а соотношение C18:1 транс11/C18:1 транс10 аналогично таковому в случае травы.

Степень ее гидрогенизации увеличивается по сравнению с таковой для других источников льна, и наблюдается тенденция к достижению значений, незначительно приближающихся к таковым в случае травы. Тем не менее она остается совсем не близкой, но эта разница компенсируется благодаря слабому синтезу C18:0.

В конце этого исследования можно сделать заключение, что семена льна, полученные согласно изобретению, действительно наиболее близко приближаются к модели травы, и понятно, что трава представляет собой природный, здоровый и экологически безопасный корм, который используется в интере-

сах жвачных животных и их здоровья и в интересах потребителя.

Результаты этого исследования также подтвердили, что содержания в оцениваемом льняном семени доступного для усвоения жира являлось хорошим прогностическим фактором преобразования ALA в рубце.

4) Исследование экономических преимуществ способа по настоящему изобретению.

Для того чтобы провести такой экономический анализ, использовали программное обеспечение для приготовления кормовой композиции с соответствующей информацией о доступном для усвоения сырье, пищевой ценности сырья, ценах на это сырье и связанных с питанием ограничениях по кормам для бройлеров и кур-несушек на разных стадиях физиологического развития.

Таким образом, после сбора информации относительно пищевой ценности и возможных цен на самые лучшие комбинации по изобретению данное изобретение оценивали на предмет экономической целесообразности.

С использованием этого же подхода также можно провести оценку цен на представляющее интерес сырье, разработанное на основе наилучшего сочетания способов, реализуемых согласно данному изобретению. И исходя из этого было обнаружено, что изобретение может быть экономически релевантным в рамках сбалансированной диеты по части содержания омега-3 ALA, например, в результате формулирования ограничений по составу, связанных с обязательным использованием омега-3 ALA, как в требованиях ассоциации Bleu-Blanc-Coeur.

Ниже представлены данные относительно трех кормовых композиций для выращивания бройлеров, демонстрирующие экономическую пользу с учетом решения, полученного согласно изобретению (смесь семян льна и бобов обыкновенных в соотношении 70 и 30% соответственно), ввиду его технико-экономического приоритета с точки зрения включения в плане оптимизации в состав кормовых композиций Bleu-Blanc-Coeur по сравнению с известными исходными веществами предшествующего уровня техники (подвергнутыми дроблению или экструзии семенами льна).

Таблица сравнения данных трех кормовых композиций для выращивания бройлерного цыпленка от Blue-White-Coeur: одной на основе подвергнутого дроблению льняного семени, второй на основе подвергнутого экструзии льняного семени и последней кормовой композиции на основе семян льна по изобретению.

	Контрольная композиция с использован. подвергнутого дроблению льняного семени	Контрольная композиция с использован. подвергнутого экструзии льняного семени	Испытуемая композиция с использован. семян льна по изобретению
Состав композиций			
Соевая мука	22,3	18,1	20,8
Рапсовый жмых			
Пшеница	39,5	62,5	53,4
Кукуруза	24,5	3,7	11,9
Подвергнутое дроблению льняное семя	3,2		
Подвергнутое экструзии льняное семя (70% льняного семени + 30% пшеничных отрубей)		3,8	
Решение по изобретению (70% льняного семени + 30% семени бобов)			3,4
Глютен кукурузный	3,6	5,0	3,6
Рапсовое масло	4	4	4
Минеральные вещества и витамины	2,3	2,3	2,3
Аминокислоты	0,6	0,6	0,6

Пищевые характеристики			
Обменная энергия	3100 ккал	3100 ккал	3100 ккал
Белок	19,5%	19,5%	19,5%
Перевариваемый лизин	10,3 г/кг	10,3 г/кг	10,3 г/кг
Кальций	0,79%	0,79%	0,79%
Фосфор	0,40%	0,40%	0,40%
Омега-3 ALA	6 г/кг	6 г/кг	6 г/кг
Себестоимость производства продукции	288,3 евро/тонна	287,5 евро/тонна	286,4 евро/тонна

Благодаря данному примеру композиций можно видеть, что решение по изобретению оптимизировано в кормовой композиции для выращивания бройлерного цыпленка "Bleu-Blanc-Coeur" и позволяет сохранить около 1,9 евро за одну тонну и 1,1 евро за одну тонну по сравнению со случаем использования подвергнутого дроблению льняного семени и подвергнутого экструзии льняного семени соответственно.

Это исследование композиций демонстрирует техническую и экономическую целесообразность изобретения для любого подхода к питанию, сбалансированного по омега-3 ALA.

И наконец, с точки зрения применений, способ, составляющий объект изобретения, направлен на продвижение включения семян льна в корм в качестве вещества, замещающего другие источники энергии, такие как зерновые культуры и все источники липидов, и, следовательно, на удовлетворение потребностей животноводов в здоровых, высокопроизводительных животных и потребностей потребителей в доступных продуктах животноводства, которые являются более сбалансированными по питательным веществам, безопасными, здоровыми и рациональными, и при этом корм для животных является продукцией местного производства.

Область применения этого способа может касаться двух типов использования в селекционных программах.

Применение для подготовки сырья.

Подготовка концентрата, основанного на льняном семени или сопродуктах в качестве сырья с целью включения в полный или дополняющий корм для моногастричных животных и предназначенного для промышленных и/или сельскохозяйственных производителей. В этом случае минимальное включение указанных семян льна или его сопродуктов составляет по меньшей мере 20%, предпочтительно по меньшей мере 30% или даже по меньшей мере 40%.

Другие виды сырья, входящие в состав концентрата, могут проходить все стадии или часть стадий по настоящему изобретению, в особенности, если это дает преимущество этим видам сырья.

Таким образом, предпочтительно, чтобы сырье представляло собой богатые белком семена, любой крахмалсодержащий продукт, такой как зерновые культуры, затем сопродукты зерновых культур и культур с высоким содержанием белка, жмыхи масличных семян и источники простых и сложных углеводов, затем любые другие виды сырья, обычно используемые для кормления животных.

Применение для подготовки кормового продукта.

Подготовка полного или дополняющего корма на основе зерновых культур для специалистов по разведению сельскохозяйственных животных с целью кормления своих моногастричных животных. В этом, отличающемся случае минимальное включение указанного льняного семени или его сопродуктов составляет минимум 1%, предпочтительно минимум 3%.

Кроме того, продукты, полученные согласно изобретению, различаются в соответствии с потребностями производителей продуктов питания и животноводов в зависимости от того, идет ли речь о строгом установлении потребления омега-3 жирных кислот без каких-либо других технических соображений, или в зависимости от того, ставится ли вопрос о местных, французских и "Bleu-Blanc-Coeur" производственных каналах, например.

Действительно в случае соблюдения требований в отношении омега-3 жирных кислот, которые отслеживаются и гарантированно соответствуют требованиям относительно невозможности применения ГМО или требованиям "Bleu-Blanc-Coeur", предпочтительна обработка льняного семени или его сопродуктов вместе с богатым белком семенем.

Этот подход имеет преимущество с точки зрения применения производителями продуктов питания, поскольку с его помощью может быть обеспечено в одном и том же продукте питания наличие как источника омега-3 жирных кислот, так и источника белка, вместо необходимости закупки сырья без больших технических преимуществ (сопродуктов зерновых культур, злаков и т.д.) и, следовательно, не требуется дополнительных хранилищ для богатых белком семян.

Здесь же приведен пример композиций.

Составы для не содержащих ГМО/белок-содержащих цепей потребления пищи местного производства

из расчета 50% семян льна и 50% богатых белком семян;

из расчета 30% семян льна и 70% богатых белком семян;

из расчета 15% семян льна и 85% богатых белком семян.

Составы для подхода "Bleu-Blanc-Cœur":

из расчета 50% семян льна и 50% богатых белком семян;

из расчета 70% семян льна и 30% богатых белком семян;

из расчета 85% семян льна и 15% богатых белком семян.

Семена или сопродукты, получаемые согласно изобретению, также можно использовать для домашних животных и жвачных животных. Несмотря на то что изначально они были разработаны для кормления моногастричных животных, семена, обработанные согласно изобретению, полностью пригодны для кормления домашних животных, таких как собаки и кошки, и жвачных животных.

Интерес также представляет применение семян и сопродуктов по изобретению для кормления домашних питомцев. Льняное семя, полученное таким путем, предоставляет источник высокоусвояемых омега-3 жирных кислот, с одной стороны, и источник белка со сниженным аллергическим потенциалом, с другой. Действительно специалисту известно, что благодаря биохимическим реакциям, протекающим на одной из относящихся к термической обработке стадий способа, риск развития аллергических реакций существенно снижается (Franck и др., 2008).

И наконец, применение этого способа также может быть распространено на рынки продуктов питания для человека продовольственные рынки для человека ввиду дополнительной пищевой ценности и безопасности пищевых продуктов, получение которых он обеспечивает. Это происходит в ситуации, когда ожидается, что потребление людьми омега-3 жирных кислот в составе рационов для населения развитых стран будет возрастать, как рекомендовано ANSES (ANSES, 2011).

Ниже подробно описаны библиографические ссылки, процитированные в данном документе.

Légrand, P., J. M. Bourre, B. Descomps, G. Durand and S. Renaud, 2001:

Apports nutritionnels conseillés pour la population française - Lipides. In: E. T. Doc ed.

Apports nutritionnels conseillés pour la population française.

Sauvant, D., J.-M. Perez, G. Tran, V. Bontems, P. Chapoutot, B. Doreau, C.

Jondreville, S. J. Kaushik, M. Lessire, W. Martin-Rosset, F. Meschy, J. Noblet, J.-L.

Peyraud, H. Rulquin and B. Seve, 2004: Tables de composition et de valeur nutritive des

matières premières destinées aux animaux d'élevage.

Hylemond, P.B. (1985) Metabolism of bile acids in intestinal microflora, in:

DANIELSEN, H. & SJOVALL, J. (Eds) Sterols and Bile Acids: New Comprehensive Biochemistry, pp. 331-343 (Amsterdam, Elsevier Science).

Longstaff, M. & McNab, J.M. (1991) The inhibitory effects of hull

polysaccharides and tannins of field beans (*Vicia faba* L.) on the digestion of amino acids, starch and lipid and on digestive enzyme activities in young chicks. *British Journal of Nutrition*, 65: 199-216.

Noblet, J., Y. Jacquelin-Peyraud, B. Quemeneur and G. Chesneau, 2008: Valeur énergétique de la graine de lin chez le porc: impact de la technologie de cuisson-extrusion. *Journées Rech. Porc.* 40, 203-208.

Chesneau, G., S. Burban, F. Millet and P. Weill, 2009: Qualité du traitement des graines oléagineuses par cuisson-extrusion: matière grasse disponible. *Renc. Rech. Rum.* 16, 62-62.

AFNOR. NF EN 16160 Avril 2012. Aliments pour animaux - Dosage de l'acide cyanhydrique par CLHP - Aliments des animaux.

Ikeda, K. & Kusano, T. (1983) In vitro inhibition of digestive enzymes by indigestible polysaccharides. *Cereal Chemistry*, 60: 260-262.

Bedford, M.R. Mechanism of action and practical environmental benefits from the use of feed enzymes. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 1995, 25: 193-200.

Fengler, A.I. & Marquardt, R.R. (1988) Water-soluble pentosans from rye: II. Effects on rate of dialysis and on the retention of nutrients by the chick. *Cereal Chemistry*, 65: 298-302.

Choct, M., R. J. Hughes, J. Wang, M. R. Bedford, A. J. Morgan and G. Annison, 1996: Increased small intestinal fermentation is partly responsible for the anti-nutritive activity of non-starch polysaccharides in chickens. *British poultry science*, 37, 609-621.

Elboutachfaiti, R., C. Delattre, A. Quéro, R. Roulard, J. Duchêne, F. Mesnard and E. petit, 2017: Fractionation and structural characterization of six purified rhamnogalacturonans type I from flaxseed mucilage. *Food Hydrocolloids*, 62, 273-279.

Oomah, D. B., G. Mazza and E. O. Kenaschuk, 1996: Dehulling Characteristics of Flaxseed. *LWT - Food Science and Technology*, 29, 245-250.

Oomah, B. D. and G. Mazza, 1997: Effect of Dehulling on Chemical Composition and Physical Properties of Flaxseed. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 30, 135-140.

Oomah, B. D. and G. Mazza, 1998: Fractionation of flaxseed with a batch dehuller. *Ind. Crop. Prod.* 9, 19-27.

Akande, K. E., Doma, U. D., Agu, H. O., Adamu, H. M., 2010. Major antinutrients found in plant protein sources: their effect on nutrition. *Pakistan J. Nutr.*, 9 (8): 827-832.

Weill, P., 2001: Procédé de détoxification des graines de lin. In: Valorex ed. EP1155626 A1, France.

Meynard J.-M., Messéan A., Charlier A., Charrier F., Fares M., Le Bail M., Magrini M.B., Savini I., Réchauchère O., 2014, La diversification des cultures: lever les obstacles agronomiques et économiques, Éditions Quæ, 2014.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ обработки семян льна (*Linum usitatissimum*) для повышения их пищевой ценности, отличающийся тем, что указанный способ включает следующие последовательные стадии:

а) использование семян льна при условии, что каждое из этих семян имеет содержание синильной кислоты менее 250 мг на один килограмм сырья; содержание жира и/или омега-3 жирных кислот больше следующих значений: жир - 38/100 г сырья; омега-3 - 20/100 г сырья; омега-3 - 54% TFA (TFA означает общее содержание жирных кислот);

б) перемешивание, а затем фракционирование или фракционирование, а затем перемешивание указанных семян со стадии а) до тех пор, пока семенная кожура и ядра указанных семян не разрушатся;

с) осуществление стадии подготовительной термической обработки семян со стадии б) паром и/или жидкостью на водной основе до тех пор, пока не будут достигнуты значения температуры в диапазоне от 30 до 90°C и влажности более 10%, при этом продолжительность этой подготовительной обработки составляет более 2 мин;

д) подвергание давлению семян или смеси со стадии с) в течение более 10 с при минимальном давлении 10 бар (1000 кПа) до тех пор, пока не будет достигнута температура выше 80°C; и/или

д1) нагревание семян или смеси со стадии д) или стадии с) в течение минимум 15 мин до температуры, превышающей 80°C.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что стадию подготовительной термической обработки с) осуществляют в присутствии по меньшей мере одного экзогенного фермента, идентифицированного из следующих семейств: арабинофуранозидаз, бета-глюканаз, целлюлаз, глюкоамилаз, пектиназ, пектин-метилэстераз, фитаз, протеаз, ксиланаз и предпочтительно ксиланаз, бета-глюканаз и пектиназ, при этом указанный экзогенный фермент добавляют к семенам или смеси заранее.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что на стадии с) подготовительной термической обработки в присутствии экзогенного фермента устанавливают значение влажности выше 15%, предпочтительно 25%, и подготовительную термическую обработку проводят в течение по меньшей мере 15 мин, предпочтительно 60 мин.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что при выполнении указанной стадии подготовительной термической обработки смесь перемешивают.

5. Способ по одному из пп.1-4, отличающийся тем, что когда выполняют перемешивание, а затем фракционирование, то новое перемешивание осуществляют после указанного фракционирования.

6. Способ по одному из пп.1-5, отличающийся тем, что указанное фракционирование продолжают до тех пор, пока по меньшей мере 90% семян не будут иметь размер частиц менее 2000 мкм, предпочтительно менее 1500 мкм.

7. Способ по одному из пп.1-6, отличающийся тем, что стадию с) осуществляют до тех пор, пока не

будет достигнуто значение влажности 15%.

8. Способ по одному из пп.1-6, отличающийся тем, что стадию с) осуществляют в течение 15 мин.

9. Способ по одному из пп.1-8, отличающийся тем, что на стадии d) подвергание давлению семян или смеси со стадии с) осуществляют до тех пор, пока не будет достигнуто значение температуры в диапазоне от 100 до 150°C.

10. Способ по одному из пп.1-8, отличающийся тем, что на стадии d1) нагревание семян или смеси со стадии d) или стадии с) осуществляют в течение от 30 мин до 2 ч до температуры в диапазоне от 90 до 150°C.

11. Способ по одному из пп.1-10, отличающийся тем, что осуществление стадии d) или соответственно d1) прерывают, как только содержание HCN в указанных семенах составит менее 30 мг/кг, а содержание доступного для усвоения жира (AF) составит более 65%.

12. Способ по одному из пп.1-11, отличающийся тем, что после стадии a) или перед указанной стадией семена сортируют в соответствии с критерием, выбранным из размера, массы, формы, плотности, аэродинамического, колориметрического или электростатического параметра.

13. Способ по одному из пп.1-12, отличающийся тем, что после стадии a) с семян удаляют кожуру и используют ту или иную из фракций; предпочтительно, чтобы после удаления кожуры так называемая относящаяся к ядру фракция характеризовалась концентрацией жира, составляющей по меньшей мере 3%, предпочтительно по меньшей мере 5%.

14. Способ по одному из пп.1-13, отличающийся тем, что после стадии a) или b) семена, цельные или после удаления кожуры, подвергают дроблению и используют жмых; предпочтительно, если он содержит по меньшей мере 8% жира.

15. Способ по одному из пп.1-14, отличающийся тем, что с указанными семенами льна смешивают по меньшей мере один из других видов сырья, выбранных из группы, состоящей из богатых белком семян, зерновых культур, сопродуктов зерновых культур и белков, источников простых и сложных углеводов, жмыхов масличных семян и других сопродуктов масличных семян.

16. Способ по одному из пп.1-15, отличающийся тем, что к указанным семенам в ходе осуществления по меньшей мере одной из указанных стадий добавляют по меньшей мере одно вещество-антиоксидант.

17. Способ по одному из пп.1-16, отличающийся тем, что после осуществления стадии d) или соответственно d1) указанный способ включает стадию, в ходе которой указанные семена охлаждают.

18. Способ по одному из пп.1-17, отличающийся тем, что указанные семена окончательно упаковывают, транспортируют и хранят без доступа света.

19. Способ по одному из пп.1-18, отличающийся тем, что указанные семена окончательно упаковывают по меньшей мере в частичном вакууме или по меньшей мере с частичной заменой воздуха на инертный газ.

20. Способ по одному из пп.1-19, отличающийся тем, что указанные семена льна предназначены для кормления животных.

21. Способ по п.20, отличающийся тем, что указанные животные являются моногастричными видами и что на стадии a) каждое указанное семя имеет значение водоудерживающей способности или содержания слизи, а также содержание неочищенной целлюлозы и/или нейтрально-детергентной клетчатки (NDF) меньше следующих значений/содержаний: водоудерживающая способность - 4,5 г/г сухого вещества; неочищенная целлюлоза - 11/100 г сырья; NDF - 22/100 г сырья; слизи - 4,5 г/кг сырья.

