

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042275**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.01.30

(51) Int. Cl. *A23K 10/00* (2016.01)
A23K 10/40 (2016.01)

(21) Номер заявки
202190078

(22) Дата подачи заявки
2019.06.21

(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СИЛОСА И СИЛОСОВАНИЯ

(31) 18425048.8

(32) 2018.06.22

(33) EP

(43) 2021.03.22

(86) PCT/EP2019/066545

(87) WO 2019/243615 2019.12.26

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**КВС ЗААТ СЕ & Ко. КГаА (DE);
УНИВЕРСИТА ДЕЛЪИ СТУДИ ДИ
ПАДОВА (IT)**

(72) Изобретатель:
**Андригетто Игино, Марчесини
Джорджио, Серва Лоренцо, Гацциеро
Маттео, Тенти Сандро, Мирисола
Массимо, Гарбин Элисабетта,
Континеро Барбара, Грандис Даниэль
(IT)**

(74) Представитель:
Зуйков С.А. (RU)

(56) WO-A1-2013045931

WO-A1-2010015579

JONAS JATKAUSKAS ET AL.: "Evaluation of fermentation parameters, microbiological composition and aerobic stability of grass and whole crop maize silages treated with microbial inoculants", ZEMDIRBYSTE-AGRICULTURE, vol. 100, № 2, 28 June 2013 (2013-06-28), pages 143-150, XP055172296, ISSN: 1392-3196, DOI: 10.13080/z-a.2013.100.018, * pages 143-147 *

DATABASE BIOSIS [Online] BIOSCIENCES INFORMATION SERVICE, PHILADELPHIA, PA, US, December 2014 (2014-12), SANCHEZ D.J.I. ET AL.: "ASSESSMENT OF ENSILABILITY AND CHEMICAL COMPOSITION OF CANOLA AND ALFALFA FORAGES WITH OR WITHOUT MICROBIAL INOCULATION", XP002787950, Database accession № PREV201500124406, abstract

DATABASE BIOSIS [Online] BIOSCIENCES INFORMATION SERVICE, PHILADELPHIA, PA, US, June 2013 (2013-06), MARTINEZ-FERNANDEZ A. ET AL.: "Modelling a quantitative ensilability index adapted to forages from wet temperate areas", XP002787951, Database accession № PREV201300546782, abstract

(57) Изобретение относится к способу приготовления силоса с улучшенными качественными характеристиками, к процессу силосования, использующему этот способ или силос, а также к устройству для приготовления продукта силосования с улучшенными качественными характеристиками.

B1

042275

042275 B1

Изобретение относится к способу приготовления силоса с улучшенными качественными характеристиками, к процессу силосования, использующему этот способ или силос, а также к устройству для приготовления продукта силосования с улучшенными качественными характеристиками.

Предпосылки создания изобретения

Кукурузный силос - один из наиболее широко используемых кормов в рационах крупного рогатого скота во многих частях мира. Несмотря на то что пищевой состав силоса, который, как правило, характеризуется химическим составом, содержанием сухого вещества, сырым белком, крахмалом, клетчаткой и усвояемостью питательных веществ, имеет первостепенное значение для оптимизации показателей продуктивности и физиологического состояния животных, общепринято считать, что качество ферментации во время процесса силосования и его аэробная стабильность также важны. Фактически подвергшийся неправильной ферментации силос имеет более низкую пищевую ценность и часто отвергается животными, что становится причиной снижения потребления сухого вещества и снижения продуктивности и физиологического состояния. Качество происходящей во время процесса силосования ферментации можно определять путем анализа уровня pH и концентрации широкого спектра продуктов ферментации, таких как лактат, ацетат, пропионат, бутират, изобутират, этанол, маннит и аммиак. Однако каждый из этих параметров предоставляет информацию только об определенном аспекте ферментации. Таким образом, для оценки качественных характеристик двух разных процессов ферментации следовало использовать баллы индексов качества, такие как баллы по Флигу-Циммеру, баллы по шкале Немецкого сельскохозяйственного сообщества (DLG) и баллы по Ванбелло, или индексы качества I1-I6, как ранее описано Игино Андригетто и др. (Андригетто И. и др. (2018), "Предложение и проверка новых индексов для оценки ферментативного качества кукурузного силоса в лабораторных условиях силосования путем анализа кривых приемника", журнал Anim. Feed Sci. Technol., 242:31-40) для оценки качества разных процессов ферментации, учитывающих значение различных параметров.

Однако эти индексы предоставляют информацию исключительно о качестве силоса после ферментации и не подразумевают внесение каких-либо изменений или улучшений в процесс силосования.

Таким образом, задача настоящего изобретения заключалась в предоставлении способа, дающего фермеру возможность прогнозировать возможность производства из свежесобранных культур, предпочтительно кукурузы, силоса в процессе ферментации. Такой способ позволил бы фермеру изменять процесс силосования исходя из химического состава свежесобранных культур для улучшения качества продукта силосования. Таким образом, задачей настоящего изобретения является создание способа определения возможности производства из свежесобранных культур, предпочтительно кукурузы, силоса или необходимости добавления дополнительных веществ в процесс силосования для улучшения ферментации собранных культур.

Краткое описание изобретения

Первый объект настоящего изобретения касается способа подготовки силосного сырья улучшенного качества, подвергаемого процессу силосования, при этом способ включает в себя

процесс анализа свежесобранного сырья, подвергаемого процессу силосования для определения множества параметров x_i , характеризующих химический состав и/или свойства собранного сырья;

применение первой модели к оцененным параметрам x_i с целью определения числа Ini индекса пригодности к силосованию, которое характерно для ожидаемой пригодности к силосованию собранного сырья;

применение второй модели к оцененным параметрам x_i для определения числа Rei индекса удерживания, которое характерно для ожидаемой потери сухого вещества собранного сырья во время процесса силосования;

определение типов и объемов добавок для процесса силосования, которые следует добавлять к собранному сырью с целью управления процессом силосования в зависимости от числа Ini индекса пригодности к силосованию и числа Rei индекса удерживания; и

добавление определенных добавок к собранному сырью с целью производства сырья для силосования, в случае если определенное количество добавки для силосования превышает нулевое значение.

В отличие от предшествующего уровня техники, оценивающего качество сырья для силосования, способ по настоящему изобретению определяет потенциал собранного сырья для преобразования в сырье для силосования надлежащего качества, таким образом обеспечивая возможность прогнозирования осуществления эффективного процесса ферментации, а также риска потери сухого вещества в процессе силосования. Более того, способ по настоящему изобретению предоставляет фермеру возможность оптимизации процесса силосования путем выбора соответствующих добавок для силосования, добавляемых для влияния на процесс силосования. Это не представляется возможным в случае применения уже известных баллов индекса качества, например баллов по Флигу-Циммеру и других, описывающих качество кукурузного силоса после процесса ферментации; таким образом, точность регулирования процесса силосования для получения улучшенного силоса не представляется возможной.

Таким образом, способ изобретения применяет два индекса, а именно

(1) число индекса пригодности к силосованию, также называемое Ini ; и

(2) число индекса удерживания, также называемое Rei .

Число I_{pi} индекса пригодности к силосованию указывает на ожидаемую пригодность собранного сырья к силосованию. Таким образом, оно представляет собой взаимосвязь между химическим составом свежесобранного сырья (выражен параметрами x_i) и качеством силоса, т.е. его химическим составом. Последнее может быть выражено известными в данной области индексами качества, например баллами по Флигу-Циммеру, баллами по шкале Немецкого сельскохозяйственного сообщества (DLG) и баллами по Ванбеллю, или индексами качества И-И6, как ранее описано Игино Андригетто и др. (Андригетто и др., см. выше). Следовательно, число индекса пригодности к силосованию коррелирует химический состав собранного сырья с теоретическим максимальным значением индекса качества, который можно получить для собранного сырья после преобразования в силос.

Число Re_i индекса удерживания, с другой стороны, указывает на ожидаемую потерю сухого вещества (или ожидаемое удержание сухого вещества) во время процесса силосования. Таким образом, оно представляет собой взаимосвязь между химическим составом свежесобранного сырья (выражен параметрами x_i) и содержанием сухого вещества в силосе.

Соответственно способ согласно настоящему изобретению учитывает как ожидаемое качество химического состава, так и ожидаемое содержание сухого вещества в полученном в процессе силосования силосе для обеспечения возможности для фермера положительно влиять на процесс силосования при необходимости.

Для целей настоящего описания термин "собранное сырье" или "свежесобранное сырье" относится к культуре после уборки, которая не подвергается изменениям, включая добавление веществ или внесение изменений с применением процессов, влияющих на химический состав. Термин "силосное сырье" относится к сырью, которое подвергнется силосованию, т.е. к сырью перед силосованием. Таким образом, силосное сырье представляет собой сумму собранного сырья и любых силосных добавок, добавленных к собранному сырью. При отсутствии добавок силосное сырье и собранное сырье являются идентичными терминами. Это означает, что собранное сырье является силосным сырьем, если описанные здесь индексы указывают на то, что собранное сырье можно преобразовать в надлежащий силос без добавления силосных добавок. Тем не менее, если описанные здесь индексы указывают на то, что собранное сырье невозможно преобразовать в надлежащий силос, тогда к собранному сырью добавляются добавки. В последнем случае силосное сырье представляет собой сумму собранного сырья и всех добавленных к нему добавок. Кроме того, термин "силос" относится к продукту процесса силосования, в частности продукту микробиологической ферментации. Силос является результатом микробиологической ферментации силосного сырья, т.е. собранного сырья и всех силосных добавок, добавленных к нему в случае необходимости.

Выражение "потеря сухого вещества" в контексте настоящего изобретения следует понимать как массу или разницу массы [%] между собранным сырьем/силосом и продуктом силосования. Его не следует понимать исключительно в качестве состава или изменения химического состава [%]. Например, 10 кг свежего образца (перед силосованием) с содержанием сухого вещества 30% означает 3 кг массы сухого вещества. В том же примере образец после силосования имеет вес 9 кг (потеря 1 кг в связи с выщелачиванием жидкости, потреблением сахара, газа и т.д.), но с точки зрения химического состава имеет 31% содержания сухого вещества, что соответствует массе 2,79 кг сухого вещества. Таким образом, химический состав по содержанию сухого вещества увеличивается с 30 до 31%, но с точки зрения массы сухого вещества уменьшается с 3 до 2,79 кг, при этом потеря с точки зрения процентного содержания массы сухого вещества равна 7%.

Далее для целей настоящего описания выражение "силосное сырье улучшенного качества" относится к силосному сырью, имеющему более высокое содержание полезных питательных компонентов и/или более высокое содержание сухого вещества после влияния процесса силосования по сравнению с силосным сырьем, не измененным путем добавления силосных добавок, согласно настоящему изобретению после влияния процесса силосования в тех же условиях.

Собраннным сырьем может быть любая культура, которую можно подвергать процессу силосования, т.е. процессам ферментации. Собраннным сырьем могут быть, например, зерновые, такие как кукуруза (*Zea mays*), сорго, например *Sorghum bicolor* и *sudanese*, сахарный тростник, например *Saccharum officinarum*, рожь, например *Secale cereale* L., ячмень, например *Hordeum vulgare*, пшеница, например *Triticum aestivum* L., *triticale*, плевел многолетний, например *Lolium perenne*, люцерна, например *Medicago sativa*, и другие. Из них особый интерес представляет кукуруза, поскольку кукурузный силос является одним из наиболее широко используемых кормов в рационах крупного рогатого скота во многих частях мира, так как она является чрезвычайно урожайной культурой, которая характеризуется прекрасными питательными характеристиками и высокой вероятностью сохранения путем силосования.

Процесс анализа для определения параметров x_i может применять любой способ, способный предоставить информацию о химическом составе и/или другом свойстве собранного сырья. В предпочтительных вариантах осуществления изобретения процесс анализа может включать в себя спектроскопический способ, например инфракрасную спектроскопию (предпочтительно ближнюю инфракрасную спектроскопию), терагерцовую спектроскопию (предпочтительно терагерцовую спектроскопию с разрешением по времени), рамановскую спектроскопию, ультрафиолетовую спектроскопию, масс-спектроскопию,

например времяпролетную МАЛДИ спектрометрию, ядерно-магнитную спектроскопию, спектроскопию возбуждения лазерным пробоем и другие. В качестве альтернативы процесс анализа может включать в себя хроматографические способы, например газовую хроматографию (ГХ), высокоэффективную жидкостную хроматографию (ВЭЖХ) или другие. В иных примерах процесс анализа может включать в себя способы тепловой визуализации, анализ мокрым путем и исследование микроэлементов. Один или несколько способов из каждой категории можно объединять для увеличения количества информации по собранному сырью. К предпочтительным способам относятся быстрые, надежные и оперативно применяемые в полевых условиях. Здесь особенно удобными являются спектроскопические способы, предпочтительно способ инфракрасной спектроскопии, наиболее предпочтительно способ ближней инфракрасной спектроскопии (БИС), так как БИС обеспечивает возможность определения большого количества интересующих параметров за одно измерение.

Параметры x_i , определенные на этапе процесса анализа, могут включать в себя любой ингредиент, присутствующий в собранном сырье, в частности те, которые, как известно, подвергаются влиянию или влияют (положительно или отрицательно) на процессы ферментации во время силосования. Соответственно предпочтительными параметрами для выбора могут быть содержание воды, сухого вещества (DM), золы (A), золы, нерастворимой в кислоте (AIA), сырого протеина (CP), массовая концентрация сахаров (TS), глюкоза (GLU), фруктоза (FRU), сахароза (SAC), массовая концентрация эфирной вытяжки (EE), крахмал, целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин, сырая клетчатка (CF), кислотное детергентное волокно (ADF), волокно нейтрального детергента (NDF) и кислотный детергентный лигнин (ADL). Кроме того, можно определять параметры, характеризующие другие свойства собранного сырья, такие как значение pH. Однако применимые в настоящем способе параметры не ограничиваются указанными выше.

Количество параметров x_i , определенных на этапе процесса анализа, не имеет конкретного ограничения до тех пор, пока это количество является соответствующим для получения числа индекса пригодности к силосованию и числа индекса удерживания. Например, количество параметров x_i , определенных на этапе процесса анализа, может находиться в диапазоне от 2 до 20, предпочтительно от 3 до 15 и еще более предпочтительно от 4 до 10. Чем выше количество определенных параметров x_i , тем более предсказуемыми будут числа I_{ni} и Re_i индексов. С другой стороны, сложность способа увеличивается с увеличением числа, поэтому число, как правило, является компромиссом между надежностью и сложностью.

Первая модель обеспечивает возможность получения числа I_{ni} индекса пригодности к силосованию в качестве функции параметров x_i . Первая модель может быть математической функцией, таблицей преобразования и т.п., которая хранится в машинно-читаемом формате.

Согласно предпочтительному варианту осуществления изобретения первая применяемая в способе для определения числа I_{ni} индекса пригодности к силосованию модель получена корреляцией параметров $x_{i,e}$, которые были определены в результате измерений испытательных образцов перед силосованием, при этом данные химического состава силоса получены после силосования в заданных условиях. Другими словами, первую модель можно получить эмпирически путем выполнения экспериментов, включающих

- (a) сбор пробных образцов свежесобранного сырья;
- (b) определение параметров $x_{i,e}$ пробных образцов, соответствующих параметрам x_i , определенным на этапе процесса анализа;
- (c) силосование пробных образцов при заданных условиях;
- (d) определение химических составов силоса исследуемых образцов; и
- (e) корреляция химических составов силоса с параметрами $x_{i,e}$ исследуемого образца перед силосованием, в результате чего можно получить первую модель.

Предпочтительно этап корреляции (e) включает в себя присвоение силосу индекса качества в соответствии с его химическим составом, например баллов по Флигу-Циммеру (FZS), баллов по шкале Немецкого сельскохозяйственного сообщества (DLG) и баллов по Ванбеллю, или одного из индексов качества II-16 Игино Андригетто и др. (см. выше) и соотнесение индекса качества с параметрами $x_{i,e}$ исследуемых образцов. Этап корреляции может включать математический регрессивный анализ, результатом которого будет математическая функция (включая параметры регрессии), выражающая число I_{ni} индекса пригодности к силосованию в виде функции параметров x_i .

Вторая модель обеспечивает возможность получения числа Re_i индекса удерживания в качестве функции параметров x_i . Вторая модель может представлять собой математическую функцию, таблицу преобразования и т.п., которая хранится в машинно-читаемом формате.

Согласно предпочтительному варианту осуществления изобретения, вторая модель, применяемая в способе для определения числа индекса удерживания, получена корреляцией параметров $x_{i,e}$, которые были определены в результате измерений испытательных образцов перед силосованием, при этом данные о содержании сухого вещества в силосе получены после силосования в заданных условиях. Другими словами, вторую модель можно получить эмпирически путем выполнения экспериментов, включающих

- (a) сбор пробных образцов свежесобранного сырья;
- (b) определение параметров $x_{i,e}$ пробных образцов, соответствующих параметрам x_i , определенным

на этапе процесса анализа;

(с) силосование пробных образцов при заданных условиях;

(d) определение содержания сухого вещества в силосе исследуемых образцов; и

(е) корреляция содержания сухого вещества в силосе с параметрами $x_{i,e}$ исследуемого образца перед силосованием, в результате чего можно получить вторую модель.

Этап корреляции может включать математический регрессивный анализ, результатом которого будет математическая функция (включая параметры регрессии), выражающая число Re_i индекса в виде функции параметров x_i .

Как правило, число Ini индекса пригодности к силосованию и число Re_i индекса удерживания независимо друг от друга представляют собой безразмерное число или процент.

Согласно предпочтительному варианту осуществления изобретения этап определения типов добавляемых к собранному сырью для силосования добавок и их количества включает в себя

сравнение числа Ini индекса пригодности к силосованию с первым пороговым значением в зависимости от того, превышает ли определенное число индекса пригодности к силосованию первое пороговое значение или не достигает этого значения, определяется тип и содержание добавки, выбранной из первой группы добавок; и

сравнение числа Re_i индекса удерживания со вторым пороговым значением в зависимости от того, превышает ли определенное число индекса пригодности к силосованию первое пороговое значение или не достигает этого значения, определяется тип и содержание добавки, выбранной из второй группы добавок.

Согласно одному варианту осуществления изобретения добавки из первой и второй группы добавок выбирают из гомоферментативных и/или гетероферментативных организмов, более предпочтительно из *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus delbrückii* subs. *bulgaricus*, *Lb. acidophilus*, *Lb. helveticus*, *Streptococcus faecium*, *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*; *Streptococcus* spp., *Pediococcus pentosaceus*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus coryniformis* subs. *coryniformis* и *Pediococcus acidilactici*, энтерококков, педиококков и аэрококков, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus reuteri*, *Lactobacillus viridescens*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Leuconostoc cremoris* (*Leuconostoc mesenteroides* ssp. *cremoris*), *Lactobacillus platarum*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus curvatus* и *Leuconostoc dextranicum*. Прочие добавки первой группы могут включать в себя один/или несколько сахаров, таких как глюкоза, фруктоза, сахароза и их производные, одно или несколько кислотообразующих соединений, таких как муравьиная кислота, пропионовая кислота, молочная кислота и/или вода. Также могут применяться сочетания вышеупомянутых добавок.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения может применяться первая группа добавок к собранному сырью, имеющему низкое число индекса пригодности к силосованию. Согласно предпочтительному варианту осуществления изобретения первая группа добавок предпочтительно включает в себя гомоферментативные микроорганизмы. Например, первую группу добавок можно выбрать из инокулятов различных бактериальных штаммов, например *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus delbrückii* subs. *bulgaricus*, *Lb. acidophilus*, *Lb. helveticus*, *Streptococcus faecium*, *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*; *Streptococcus* spp., *Pediococcus pentosaceus*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus coryniformis* subs. *coryniformis* и *Pediococcus acidilactici*, энтерококков, педиококков и аэрококков. Прочие добавки первой группы могут включать в себя один/или несколько сахаров, таких как глюкоза, фруктоза, сахароза и их производные, одно или несколько кислотообразующих соединений, таких как муравьиная кислота, пропионовая кислота, молочная кислота и/или вода. Также могут применяться сочетания вышеупомянутых добавок. Используемый здесь термин "гомоферментативные микроорганизмы" относится к молочнокислым бактериям, которые ферментируют глюкозу молочной кислотой в качестве основного побочного продукта. Гомоферментативные микроорганизмы используются в процессах ферментации, в которых желательным является быстрое образование молочной кислоты и пониженный уровень pH.

Согласно другому предпочтительному варианту осуществления изобретения может применяться вторая группа добавок к собранному сырью с низким числом индекса удерживания, т.е. к сырью, которое, как ожидается, подвергнется большим потерям сухого вещества во время ферментации. Согласно другому предпочтительному варианту осуществления вторая группа добавок предпочтительно включает в себя гетероферментативные микроорганизмы. Например, вторую группу добавок можно выбрать из инокулятов различных бактериальных штаммов, например *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus reuteri*, *Lactobacillus viridescens*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Leuconostoc cremoris* (*Leuconostoc mesenteroides* ssp. *cremoris*), *Lactobacillus platarum*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus curvatus* и *Leuconostoc dextranicum*. Другие добавки второй группы могут включать в себя один или несколько сахаров, таких как глюкоза, фруктоза, сахароза и их производные, одно или несколько кислотообразующих соединений, таких как муравьиная кислота, пропионовая кислота, молочная кислота и/или вода. Также могут применяться сочетания вышеупомянутых добавок. Используемый здесь термин "гетероферментативные микроорганизмы" относится к молочнокислым бактериям, ферментирующим глюкозу молочной кислотой, этанолом/уксусной кислотой и диоксидом углерода (CO_2) в качестве побочных

продуктов. Гетероферментативные микроорганизмы используются в процессах ферментации.

В случае если собранное сырье имеет низкое число индекса пригодности к силосованию и низкий индекс удерживания, к собранному сырью могут применяться добавки первой и второй групп. Кроме того, если обнаружится, что собранное сырье имеет высокое число индекса пригодности к силосованию и высокий индекс удерживания, добавки применяться не будут.

Особо предпочтительно, чтобы способ осуществлялся непрерывным образом во время уборки сырья, т.е. в полевых условиях. Другими словами, согласно данному варианту осуществления изобретения определение числа индекса пригодности к силосованию и индекса удерживания, а также добавление добавок осуществляется в поле в виде технологического процесса уборки урожая; таким образом, подготовка силоса осуществляется в полевых условиях, а силос может непосредственно подаваться для процесса силосования.

Другой объект настоящего изобретения касается процесса силосования, который включает в себя подготовку силосного сырья с применением способа по первому объекту согласно настоящему описанию; и

ферментацию силосного сырья для получения силоса.

Еще один объект настоящего изобретения касается устройства для подготовки силосного сырья улучшенного качества, подлежащего силосованию, при этом устройство включает в себя

средство анализа для анализа свежесобранного сырья для определения множества параметров x_i , характеризующих химический состав и/или свойство собранного сырья;

первую модель, коррелирующую определенные параметры x_i с числом I_{pi} индекса пригодности к силосованию, которое характерно для ожидаемой пригодности к силосованию собранного сырья;

вторую модель, коррелирующую определенные параметры x_i с числом Re_i индекса удерживания, которое характерно для ожидаемой потери сухого вещества собранного сырья во время процесса силосования;

средство определения для определения типов и объемов добавок для процесса силосования, которые добавляют к собранному сырью с целью управления процессом силосования в зависимости от числа I_{pi} индекса пригодности к силосованию и числа Re_i индекса удерживания; и

средство подачи для добавления определенных добавок к собранному сырью с целью производства сырья для силосования, в случае если определенное количество добавки для силосования превышает нулевое значение.

Средство анализа включает в себя устройства, обеспечивающие определение параметров. В предпочтительных вариантах осуществления изобретения средство анализа может включать в себя спектрометр, например инфракрасный спектрометр (предпочтительно ближний инфракрасный спектрометр), терагерцовую спектроскопию (предпочтительно терагерцовую спектроскопию с разрешением по времени), рамановский спектрометр, ультрафиолетовый спектрометр, масс-спектрометр, например времяпролетный МАЛДИ спектрометр, ядерно-магнитную спектроскопию, спектрометр возбуждения лазерным пробоем и другие. В другом варианте осуществления изобретения средство анализа может включать в себя по меньшей мере один хроматограф, например газовый хроматограф (ГХ), высокоэффективный жидкостной хроматограф (ВЭЖХ) или другие. В иных примерах средство анализа может включать в себя устройство тепловой визуализации, устройство анализа мокрым путем и/или устройство анализа микроэлементов. Одно или несколько устройств из каждой категории можно объединять для увеличения количества информации по собранному сырью. К предпочтительным средствам анализа относятся средства, обеспечивающие возможность осуществления быстрых и надежных измерений и оперативное использование в полевых условиях. Здесь особенно удобными являются спектрометры, предпочтительно инфракрасные спектрометры и наиболее предпочтительно ближние инфракрасные спектрометры.

Кроме того, устройство может содержать устройство подачи, измельчения, обмолота, дробления, плющения, измельчения или очистки собранного сырья, например сельскохозяйственный измельчитель для измельчения собранного сырья. Здесь особо предпочтительно, чтобы устройство было оборудовано средством анализа для обеспечения возможности проведения анализа в полевых условиях, например оборудованный средством анализа сельскохозяйственный измельчитель.

Кроме того, устройство может включать в себя средство транспортировки, например конвейерную ленту и т.п., для транспортировки собранного сырья, необязательно обработанного с применением вышеупомянутого устройства подачи, измельчения, обмолота, дробления, плющения, измельчения или очистки собранного сырья, после сбора урожая к средству анализа и/или от средства анализа к средству подачи и от средства подачи к силосному бункеру.

Кроме того, устройство может включать в себя средство выравнивания для гомогенизации или равномерного распределения собранного сырья, необязательно обработанного с помощью вышеуказанного устройства подачи, измельчения, обмолота, дробления, плющения, измельчения или очистки, для формирования однородного потока (обработанного) собранного сырья. Такое средство выравнивания обеспечивает возможность улучшения или оптимизации предоставления собранного сырья для средства анализа, например, путем выравнивания поверхности потока (обработанного) собранного сырья. Одним из примеров такого средства выравнивания является каток в форме удлиненного вала, который предпочти-

тельно расположен на постоянном и фиксированном расстоянии вдоль оси валка над конвейерной лентой, направляющей (обработанное) собранное сырье к средству анализа. С помощью этого катка (обработанное) собранное сырье можно сжимать до определенной толщины, таким образом достигается ровность поверхности. В предпочтительном варианте осуществления двигатель приводит в движение каток и вращает его в направлении движения конвейерной ленты, в более предпочтительном варианте движение катка обеспечивается приводом конвейерной ленты. Под лентой допускается установка блока или другого катка для обеспечения противодействия давлению первого катка. Блок или другой каток обеспечивает отсутствие давления на ленту вниз и, таким образом, поток (обработанного) собранного сырья главным образом имеет предварительно выбранную высоту после прохождения первого катка. Во втором примере для средств анализа на основе излучения, предпочтительно инфракрасной спектроскопии, более предпочтительно ближней инфракрасной спектроскопии, поток (обработанного) собранного сырья проходит или направляется вдоль окна для передачи соответствующего излучения между средством анализа и (обработанным) собранным сырьем. Материал окна, например стекло или плексиглас, можно снимать для очистки или замены. Очистка или замена материала окна может потребоваться, так как остатки из обрабатываемого потока, например обработанного собранного сырья, проходящего через окно, может накапливаться на материале окна или повредить материал окна, препятствуя работе системы. При прохождении (обработанного) собранного сырья вдоль окна поток и поверхность потока сбоку от окна выравнивается.

Дополнительные варианты осуществления настоящего изобретения определены в зависимых пунктах формулы изобретения и в настоящем описании. Все варианты осуществления изобретения можно объединять друг с другом, если не указано иное.

Краткое описание чертежей

Здесь изобретение будет описано более подробно с точки зрения предпочтительных вариантов осуществления изобретения со ссылкой на указанные фигуры.

На фиг. 1 показана блок-схема способа подготовки силоса согласно предпочтительному варианту осуществления изобретения;

на фиг. 2 - блок-схема способа получения первой модели для определения числа индекса пригодности к силосованию, используемого в способе по фиг. 1;

на фиг. 3 - блок-схема способа получения второй модели для определения числа индекса удерживания, используемого в способе по фиг. 1;

на фиг. 4 показано графическое представление числа индекса пригодности к силосованию и числа индекса удерживания собранного сырья, определенных способом по настоящему изобретению;

на фиг. 5 показана схематическая диаграмма устройства для подготовки силоса в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления изобретения; и

на фиг. 6 - блок-схема процесса силосования согласно предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 1 показана блок-схема способа 100 подготовки силоса в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления изобретения.

Способ начинается на этапе S11 и продолжается на этапе S12, на котором получают собранное сырье. Данный этап включает в себя общеизвестные процессы сбора урожая сельскохозяйственных культур. Сбор урожая можно осуществлять вручную, но, как правило, сбор выполняется с помощью сельскохозяйственных уборочных машин. В дополнение к сбору сырья этап S12 способа может, если требуется, включать в себя механическую обработку собранного сырья, например подачу, измельчение, обмолот, дробление, плющение, измельчение или очистку для преобразования собранного сырья в размер или форму, приемлемую для силосования и/или выравнивания/гомогенизации (переработанного) собранного сырья. Собранное сырье может включать в себя любую сельскохозяйственную культуру, подходящую для силосования, в частности упомянутые ранее культуры, например кукурузу. В случае с кукурузой собранным сырьем является все надземное растение или только кукурузные зерна.

На следующем этапе S13 собранное и, если требуется, механически обработанное/гомогенизированное сырье подвергается процессу анализа для определения множества параметров x_i , характеризующих химический состав и/или другое свойство/характеристику собранного сырья. Здесь x обозначает параметр, полученный в результате анализа, а индекс i обозначает номер индекса от 2 до N , где N обозначает общее количество определенных в способе параметров. Параметр может включать в себя любой компонент в собранном сырье, в частности упомянутые ранее компоненты. В соответствии с конкретным примером на этапе S13 могут быть определены семь параметров x_i , включая содержание сухого вещества (DM), массовую концентрацию сахаров (TS), массовую концентрацию липидов (EE), содержание кислотного детергентного волокна (ADF), содержание кислотного детергентного лигнина (ADL), содержание волокон нейтрального детергента (NDF) и содержание крахмала (ST). Процесс анализа для определения параметров x_i может использовать любой способ, способный предоставить интересующую информацию, в частности упомянутые ранее способы. В соответствии с особо предпочтительным примером на этапе S13 применяется ближняя инфракрасная спектроскопия (БИС), так как она способна определять все упомянутые параметры.

Затем процедура переходит к этапу S14, при котором первая модель $Ini=f(x_i)$ применяется к параметрам x_i , определенным на этапе S13, для определения числа Ini индекса пригодности к силосованию, характерного для ожидаемой пригодности к силосованию собранного сырья. Число Ini индекса пригодности к силосованию отображает ожидаемое качество силосного сырья после силосования и может быть безразмерным числом. Предпочтительно число Ini индекса пригодности к силосованию представляет собой показатель в диапазоне от наихудшего качества силосного сырья до теоретического максимального качества. Первая модель может быть сохранена в форме многомерной таблицы преобразования, присваивающей число Ini индекса пригодности к силосованию параметрам x_i . В другом варианте осуществления изобретения первая модель может быть математическим уравнением, выражающим число Ini индекса пригодности к силосованию в качестве функции параметров x_i . Пример математического уравнения, полученного с помощью представляющего первую модель регрессивного анализа, показан в следующем уравнении 1:

$$Ini = Intercept + \sum_{i=1}^N C_i x_i + \sum_{i=1}^N B_i x_i^2$$

Здесь C_i и B_i представляют собой коэффициенты регрессии первого и второго порядка для i -го параметра x соответственно. Первая модель получена заранее с помощью эмпирических исследований. Пример получения первой модели будет описан далее на фиг. 2. Результатом этапа S14, таким образом, является число Ini индекса пригодности к силосованию в форме одного характеристического значения.

Затем процедура переходит к этапу S15, в котором вторая модель $Rei=f(x_i)$ применяется к параметрам x_i , определенным на этапе S13, для определения числа Rei индекса удерживания, характерного для ожидаемой потери или удержания сухого вещества собранного сырья в процессе силосования. Число Rei индекса удерживания может быть безразмерным числом или процентом. Таким образом, оно представляет собой взаимосвязь между химическим составом свежесобранного сырья (выражен параметрами x_i) и ожидаемым содержанием сухого вещества силоса. Например, число Rei индекса удерживания представляет собой показатель в диапазоне от теоретической минимальной потери сухого вещества до теоретической максимальной потери сухого вещества во время процесса силосования. Аналогично первой модели вторая модель может быть сохранена в форме многомерной таблицы преобразования, присваивающей число Rei индекса удерживания параметрам x_i . В другом варианте осуществления изобретения вторая модель может быть математическим уравнением, выражающим число Rei индекса удерживания в качестве функции параметров x_i . Пример математического уравнения, полученного с помощью представляющего вторую модель регрессивного анализа, показан в следующем уравнении 2:

$$Rei = Intercept + \sum_{i=1}^N D_i x_i + \sum_{i=1}^N E_i x_i^2$$

Здесь D_i и E_i представляют собой коэффициенты регрессии первого и второго порядка для i -го параметра x соответственно. Вторая модель получена заранее с помощью эмпирических исследований. Пример получения второй модели будет описан далее на фиг. 3. Результатом этапа S15, таким образом, является число Rei индекса удерживания в форме одного характеристического значения.

После определения числа Ini индекса пригодности к силосованию и числа Rei индекса удерживания способ переходит к этапу S16, на котором тип a_i добавки(ок) для силосования и количество m_{a_i} соответствующей добавки, добавляемой к собранному сырью для контроля процесса силосования, определяется исходя из числа Ini индекса пригодности к силосованию и числа Rei индекса удерживания. Этап S16 может включать в себя таблицу преобразования, в которой тип и количество добавки для силосования присваиваются Ini и Rei . В качестве альтернативы этап S16 может включать в себя математическую функцию, выражающую тип a_i и количество m_{a_i} добавки в качестве функции Ini и Rei . Согласно конкретному варианту осуществления изобретения на этапе S16 может приниматься решение относительно превышения числом Ini индекса пригодности к силосованию первого порогового значения Ini_1 . В зависимости от превышения или отсутствия превышения Ini первого порогового значения Ini_1 определяется тип и содержание добавки, выбранной из первой вышеупомянутой группы добавок. Поскольку число Ini индекса пригодности к силосованию указывает на способность химических ингредиентов собранного сырья к преобразованию в высококачественный силос, первая группа добавок предпочтительно включает гомоферментативные микроорганизмы, сахара и/или воду, в частности, упомянутые ранее. Аналогично на этапе S16 может приниматься решение относительно превышения числом Rei индекса удерживания второго порогового значения Rei_1 . В зависимости от превышения или отсутствия превышения Rei второго порогового значения Rei_1 определяется тип и содержание добавки, выбранной из второй вышеупомянутой группы добавок. Поскольку число Rei индекса удерживания отображает ожидаемую потерю сухого вещества во время процесса силосования, вторая группа добавок предпочтительно включает гетероферментативные микроорганизмы, в частности, упомянутые ранее. Подразумевается, что, в случае если индексы Ini и Rei указывают на то, что собранное сырье, как ожидается, будет легко преобразовано в высококачественный силос с низкой потерей сухого вещества, добавление каких-либо добавок в сырье может не требоваться. В этом случае количество добавляемых добавок определяется на уровне нулевого

значения.

Для целей этапа S16 определенные индексы Ini и Rei пригодности к силосованию и удерживания можно визуализировать в двумерном графическом представлении, как показано на фиг. 4 (собранное сырье=кукуруза). Здесь число Rei индекса удерживания показано на оси абсцисс в виде процента потери сухого вещества (исходя из общего значения сухого вещества собранного сырья), а число Ini индекса пригодности к силосованию показано на оси ординат. Первое пороговое значение Ini_1 для числа индекса пригодности к силосованию соответствует в этом примере значению 54,4, тогда как второе пороговое значение Rei_1 соответствует потере сухого вещества 7% по массе.

Посредством этих пороговых значений поле делится на четыре четверти (с 1 четверти по 4 четверть). Таким образом, собранное сырье относится к одной из четвертей с 1 по 4 (например, четверть 2, как показано на фиг. 4), что обуславливает возникновение одного из следующих сценариев.

Четверть 1 ($Ini > 54,4$; $Rei < 7\%$): кукуруза имеет сбалансированный химический состав, позволяющий быстро активировать процесс желательной ферментации. Для стимуляции ферментации коррекция путем добавления добавок для силосования не требуется.

Четверть 2 ($Ini > 54,4$; но $Rei > 7\%$): кукуруза имеет хороший химический состав, но не способна эффективно сдерживать потери на консервирование (возможно, из-за высокого содержания влаги в свежесрубленной кукурузе). Для ускорения и оптимизации процесса ферментации следует использовать добавки (гетероферментативные и/или гомоферментативные микроорганизмы).

Четверть 3 ($Rei < 7\%$; но $Ini < 54,4$): химический состав не способен эффективно стимулировать ферментацию. Если содержание сухого вещества превышает 45%, для достижения достаточной ферментации необходимо использовать добавки (гетероферментативные и/или гомоферментативные микроорганизмы, воду и сахар).

Четверть 4 ($Ini < 54,4$; $Rei > 7\%$): хороший химический состав, но установленный процесс не идеален с точки зрения качества и удержания сухого вещества, т.е. химический состав не способен обеспечить достаточно высокую пригодность для ферментации в связи с несоответствующим соотношением початок/сырье, процессы ферментации не идеальны с точки зрения качества и удержания сухого вещества. Для улучшения процесса ферментации следует использовать добавки.

Опять со ссылкой на фиг. 1 после определения типов a_i и количества m_{a_i} добавок для силосования процедура переходит к этапу S17, на котором определенные на этапе S16 добавки добавляются в сырье в соответствующих количествах. Добавление добавок может осуществляться любым соответствующим способом в зависимости от формы добавки. Предпочтительно добавки добавляются в форме растворов или суспензий путем распыления и т.п. Таким образом достигается однородное распределение или смешивание добавки(ок) в собранном сырье.

Способ заканчивается на этапе S18 получением силоса, включая собранное сырье плюс добавка(и), готового подвергнуться силосованию.

Согласно предпочтительному варианту осуществления изобретения способ 100 осуществляется непрерывно в виде технологического процесса уборки урожая. Таким образом, параметры x_i можно определять непрерывно пошаговым образом для свежесрезанных фракций собранного сырья. Это обеспечивает возможность непрерывного добавления добавок в соответствующие фракции сырья в зависимости от состава соответствующей фракции и осуществлять подготовку различных фракций, различающихся по виду и/или количеству добавляемой добавки силоса. Таким образом, различные фракции силоса можно подавать в силосный бункер.

Затем способы получения первой и второй моделей, используемых в способе на фиг. 1, будут описаны на фиг. 2 и 3 соответственно. Предполагается, что эти способы будут получены только один раз для постоянного использования в способе на фиг. 1.

На фиг. 2 описан способ 200 получения первой модели для определения числа Ini индекса пригодности к силосованию в качестве функции параметров x_i .

Способ начинается с этапа S21 и переходит к этапу S22, на котором осуществляется сбор исследуемых образцов собранного сырья интересующей культуры. Предпочтительно образцы собирают от разных сортов, разных климатических условий и разных периодов сбора урожая для обеспечения широкой дистрибуции композиций. В конкретном примере исследуемые образцы кукурузы были собраны с 29 сортов (включая ранние и поздние сорта), с трех участков производства (разных по почвенным и климатическим условиям) и в период раннего, нормального или позднего сбора урожая. После сбора урожая все образцы были измельчены.

Затем способ переходит к этапу S23, на котором исследуемые образцы анализируются для определения экспериментальных параметров $x_{i,e}$, характеризующих химический состав и/или свойства собранных исследуемых образцов. Здесь экспериментальные параметры $x_{i,e}$ и способы анализа могут быть аналогичными описанным для этапа S13 на фиг. 1.

Затем способ переходит к этапу S24, на котором исследуемые образцы перерабатываются в силос в результате силосования с применением заранее определенных стандартных условий. Предпочтительно заранее определенные условия представляют собой благоприятные условия, при которых ожидается оп-

тимизированная или оптимальная ферментация. Процесс силосования можно осуществлять в больших силосах в полевых или в лабораторных условиях. В конкретном примере процесс силосования осуществлялся в следующих лабораторных условиях: два образца (500 ± 50 г) для каждого свежесобранного цельного измельченного сырья кукурузы помещали в герметично упакованные мешки (Orved 2633040, Orved SpA, Musile di Piave, VE, Италия). Мешки (300×400 мм) толщиной 90 мкм изготовлены из полиамида и полиэтилена (PA/PE) с коэффициентом газопроницаемости при $23^\circ\text{C} \pm 2$ из 65, 15 и $200 \text{ см}^3 \text{ м}^{-2} \text{ сутки}^{-1} \text{ атм}^{-1}$ для кислорода, азота и CO_2 соответственно. Упаковка в герметичную тару осуществлялась с применением вакуумной упаковочной машины (Cuisson 41, Orved SpA, Musile di Piave, VE, Италия) с пропускной способностью 25 м^3 воздуха в час в течение 12 с. Затем после удаления воздуха мешки автоматически упаковывались. Перед открытием мешков для осуществления анализа во избежание вздутия образцы обрабатывали и хранили при 23°C в течение 60 дней.

На этапе S25 силос из исследуемых образцов снова анализируется для определения вторых экспериментальных параметров $y_{i,e}$, характерных для химического состава и/или других свойств силоса. Определяемые здесь параметры можно выбирать исходя из значения pH, содержания молочной кислоты, содержания уксусной кислоты, содержания масляной кислоты, содержания этанола, содержания маннита, содержания аммиака. Кроме того, ранее упомянутые в отношении параметров x_i аналогичные параметры можно определять на этапе S25. Далее на этом этапе могут применяться уже описанные ранее способы анализа. В конкретном примере содержимое каждого мешка было проанализировано в двух экземплярах с помощью БИС-спектроскопии для определения содержания сухого вещества (DM), сырого протеина (CP), золы (AS), крахмала (STA), эфирной вытяжки (EE), волокон нейтрального детергента (NDF) и кислотных детергентных волокон (ADF) с применением калибровочной кривой. Содержание лактата, летучих жирных кислот (ЛЖК), этанола и маннита определяли с помощью ВЭЖХ. Аммиак измеряли с помощью набора реактивов (Megazyme). Далее измеряли уровень pH. Затем были рассчитаны средние значения для каждого параметра.

На последующем этапе S26 каждому исследуемому образцу силоса присваивается индекс QI качества в зависимости от параметров $y_{i,e}$. Здесь можно применять известный в данной области техники индекс QI качества для оценки качества силоса. В конкретном примере применялся один из индексов качества от I1 до I6, описанных Игино Андригетто и др. (Андригетто и др., см. выше). Как показано в табл. 1, индексы с I1 по I6 основаны на содержании молочной кислоты, аммиака, этанола, уксусной кислоты, масляной кислоты, маннита и значения pH. Для каждого параметра $y_{i,e}$ был заранее определен диапазон значений, коррелирующий с диапазоном значений содержания (исходя из значения сухого вещества DM). Например, минимальное содержание молочной кислоты ($22,6 \text{ г/кг}$ сухого вещества) будет оценено как 0, а максимальное содержание молочной кислоты ($60,0 \text{ г/кг}$ сухого вещества) будет иметь значение 41 и т.д. Максимальный индекс качества равен 100 для каждого из индексов с I1 по I6.

Таблица 1

| Параметры $y_{i,e}$ | Диапазон значений (г/кг DM) | Интервал показателей | | | | | |
|---|--------------------------------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | I1 | I2 | I3 | I4 | I5 | I6 |
| Сухое вещество (г/кг) | 390 - 276 | - | - | - | - | - | 0 - 6 |
| Нейтрально-детергентная клетчатка (NDF) | 518 - 410 | - | - | - | - | - | 0 - 39 |
| Кислотно-детергентная клетчатка (ADF) | 297 - 220 | - | - | - | - | - | 0 - 2 |
| Молочная кислота | 22,6 – 60,0 | 0 - 41 | 0 - 41 | 0 - 41 | 0 - 41 | 0 - 41 | 0 - 17 |
| Аммиак | 82,0 - 35,4 | 0 - 18 | 0 - 18 | 0 - 18 | 0 - 18 | 0 - 18 | - |
| Этанол | 8,70 - 2,10 | 0 - 18 | 0 - 18 | 0 - 18 | 0 - 18 | 0 - 18 | - |
| Уксусная кислота | 27,4 - 7,20 | 0 - 9 | 0 - 9 | 0 - 9 | 0 - 9 | 0 - 9 | 0 - 20 |
| pH ^a | 3,97 - 3,65 | 0 - 8 | 0 - 4 | 0 - 4 | 0 - 6 | - | - |
| Масляная кислота | 1,00 - 0,00 | - | 0 - 10 | 0 - 7 | 0 - 2 | 0 - 14 | - |
| Маннит | 12,7 - 0,90 | 0 - 6 | - | 0 - 3 | 0 - 6 | - | 0 - 16 |
| Максимальный показатель индекса | - | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

^a Выражается в виде безразмерного числа.

Соответственно на этапе S26 показатель QI_i качества получают для каждого силоса в зависимости от его химического состава.

Затем способ переходит к этапу S27, на котором показатели QI_i качества коррелируют с параметрами $x_{i,e}$, определенными перед силосованием на этапе S23. Этап корреляции может включать математический регрессивный анализ, результатом которого будет математическая функция (включая параметры регрессии), выражающая число I_{ni} индекса пригодности к силосованию в виде функции параметров $x_{i,e}$. В настоящем примере изобретатели использовали данные всех проанализированных растений кукурузы

без или после трансформации (логарифмические, возведенные в квадрат и т.д.) или их сочетания. Кроме того, многие регрессии были рассчитаны с использованием программного обеспечения SAS и отличались рассматриваемыми параметрами (анализ) и/или примененным преобразованием. В завершение была принята регрессия с более высоким значением R-квадрата, дающая наилучшую корреляцию (см. уравнение 1 выше). В табл. 2 показаны параметры регрессии функции регрессии, полученные для исследуемых образцов кукурузы.

Таблица 2

Коэффициенты регрессии первой модели для прогнозирования пригодности к силосованию (значения рассчитываются исходя из % сухого вещества)

| Параметры $x_{i,e}$ | Выделение | C_i | B_i |
|------------------------------------|-----------|----------|----------|
| | 197,11574 | | |
| Сухое вещество (DM) | | -6,83667 | 0,07552 |
| Массовая концентрация сахаров (TS) | | 0,27189 | 0 |
| Липиды (EE) | | 11,37159 | 0 |
| ADF | | 1,68108 | 0 |
| Кислотно-детергентный лигнин (ADL) | | 12,55362 | 0 |
| NDF | | 0 | -0,01528 |
| Крахмал (STA) | | 0 | -0,00939 |

Таким образом, функция регрессии $Ini=f(x_{i,e})$ согласно первой модели с использованием коэффициентов регрессии из табл. 2 может быть выражена следующим образом (уравнение 1.1):

$$Ini = 197.11574 - 6.83667DM + 0.27189TS + 11.37159EE + 1.6810ADF - 12.55362ADL + 0.07552DM^2 - 0.01528NDF^2 - 0.00939STA^2$$

Следовательно, процедура на фиг. 2 заканчивается на этапе S28, обеспечивая таким образом наличие первой модели $Ini=f(x_{i,e})$, которую затем можно применять в процедуре на фиг. 1 для определения ожидаемой пригодности к силосованию свежесобранной кукурузы.

На фиг. 3 описывается способ 300 получения второй модели для определения числа Rei индекса удерживания в качестве функции параметров x_i .

Здесь этапы с S31 по S34 соответствуют этапам с S21 по S24 на фиг. 2 и повторно не описываются. Фактически оба способа определения первой модели для индекса пригодности к силосованию и определения второй модели для индекса удерживания могут быть выполнены в одном объединенном процессе с разделением соответствующих этапов.

После завершения процесса силосования на этапе S34 процедура переходит к этапу S35, на котором силос исследуемых образцов подвергается процессу анализа для определения содержания сухого вещества DM, в каждом исследуемом образце.

Затем способ переходит к этапу S37, на котором содержание сухого вещества DM, в исследуемых образцах силоса коррелирует с параметрами $x_{i,e}$, определенными на этапе S33 перед силосованием. Этап корреляции может включать математический регрессивный анализ, результатом которого будет математическая функция (включая параметры регрессии), выражающая число Rei индекса удерживания в виде функции параметров $x_{i,e}$. В настоящем примере изобретатели использовали тот же описанный в отношении фиг. 2 подход для принятия регрессии с более высоким значением R-квадрата (см. уравнение 2 выше). В табл. 2 показаны параметры регрессии функции регрессии второй модели, полученные для исследуемых образцов кукурузы.

Таблица 3

Коэффициент регрессии второй модели для прогнозирования потери сухого вещества (значения рассчитываются исходя из % сухого вещества), принимая в качестве эталона индекс II в виде индекса QI качества

| Параметры $x_{i,e}$ | Выделение | D_i | E_i |
|------------------------------------|-----------|----------|---------|
| | 223,34276 | | |
| Сухое вещество (DM) | | -5,10303 | 0,06241 |
| Массовая концентрация сахаров (TS) | | -2,60745 | 0,13445 |
| Кислотно-детергентный лигнин (ADL) | | -9,80569 | 0 |
| Крахмал (STA) | | -2,62779 | 0,02439 |
| NDF | | 0 | 0,00953 |
| ADF | | 0 | -0,0891 |

Таким образом, функция регрессии $Rei=f(x_{i,e})$ согласно второй модели с применением коэффициентов регрессии из табл. 3 может быть выражена следующим образом (уравнение 2.1):

$$Rei = 100 - (223.34276 - 5.10303DM - 2.60745TS - 9.80569ADL - 2.62779STA + 0.06241DM^2 + 0.00953NDF^2 - 0.0891ADF^2 + 0.02439STA^2 + 0.13445TS^2)$$

Следовательно, процедура, показанная на фиг. 3, завершается на этапе S38, обеспечивая таким образом наличие второй модели $Rei=f(x_{i,e})$, которую затем можно применять в процедуре на фиг. 1 для определения ожидаемой потери сухого вещества свежесобранной кукурузы во время процесса силосования.

Далее на фиг. 5 описывается устройство для подготовки силоса улучшенного качества для силосования.

Устройство 10 включает в себя сельскохозяйственный измельчитель 11 для механической обработки свежесобранного сырья 20 с целью получения частиц подходящего размера для силосования. Устройство дополнительно содержит конвейерную ленту 12 для транспортировки собранного сырья к различным станциям обработки устройства 10. Таким образом, измельченное собранное сырье 20 перемещается конвейерной лентой от измельчителя 11 к средству 13 анализа для анализа свежесобранного и измельченного сырья 20 для определения множества параметров x_i , характеризующих химический состав, и/или других свойств собранного сырья, как это описано выше. Здесь средство 13 анализа содержит ближний инфракрасный спектрометр NIRS. NIRS излучает ближнее инфракрасное излучение выбранных длин волн на измельченное собранное сырье 20 и определяет соответствующее поглощение или пропускание. Устройство 10 дополнительно содержит вычислительную станцию 14, соединенную со средством 13 анализа для анализа данных ближнего инфракрасного излучения, представленных из спектрометра NIRS, например, для определения параметров x_i из данных ближнего инфракрасного излучения. Вычислительная станция 14 дополнительно осуществляет этапы с S14 по S16 (фиг. 1). Для этой цели вычислительная станция 14 содержит первую и вторую модели для определения числа Ini индекса пригодности к силосованию и числа Rei индекса удерживания в качестве функции параметров x_i . Например, модели могут быть сохранены в форме уравнений уравнение 1.1 и уравнение 2.1, как показано выше, в машинно-читаемом формате. Кроме того, вычислительная станция 14 включает в себя алгоритм определения типов a_i и количества m_{a_i} добавок для силосования, которые должны добавляться в собранное сырье 20, в зависимости от числа Ini индекса пригодности к силосованию и числа Rei индекса удерживания, как это описано выше. Если требуется, устройство 10 может содержать средство 15 отображения для отображения результата анализа, например, определенных индексов Ini и Rei в форме 2-мерного представления, показанного на фиг. 4. Устройство 10 дополнительно содержит средство 16 подачи, например средство распыления для подачи добавок 17 для силосования к собранному сырью 20 в соответствии с определенными ранее типами a_i и количествами m_{a_i} . Для этой цели собранное сырье 20 далее перемещается конвейерной лентой 12 к средству 16 подачи, где добавка для силосования, в частности инокуляты микроорганизмов, распыляется на собранное сырье, в результате чего формируется силос 30. Затем силос 30 можно далее перемещать конвейерной лентой 12 в силосный бункер 18, в котором будет происходить последующий процесс силосования. Как показано на фиг. 5, силосный бункер 18, таким образом, заполняется разными слоями силоса 30, содержащего различные добавки (если таковые добавлены), выбранных здесь из двух смесей инокулята, выбранных вычислительной станцией 14 в зависимости от числа Ini индекса пригодности к силосованию и числа Rei индекса удерживания.

Затем процесс 400 силосования согласно настоящему изобретению объясняется со ссылкой на фиг. 6. Процесс начинается на этапе S41 и переходит к этапу S42, на котором осуществляется подготовка силоса 30 в соответствии с изобретением. Другими словами, этап S42 содержит этапы с S11 по S18 способа 100, описанного со ссылкой на фиг. 1. После приготовления силоса 30 способ переходит к этапу S43, на котором силос подвергается ферментации, т.е. силосованию, для получения желаемого продукта силосования. Силосование включает в себя общеизвестные процессы микробиологической ферментации. Однако благодаря приготовлению силоса согласно настоящему изобретению, включающему добавление выбранных с учетом состава собранного сырья добавок, процесс силосования улучшается по сравнению с процессом, в котором добавки не добавляются или в котором добавки добавляются скорее интуитивным образом. В результате формируется продукт силосования улучшенного качества, содержащий большее количество питательных веществ для кормления животных и сухого вещества.

Ссылочные позиции

- 10 - Устройство подготовки силоса;
- 11 - сельскохозяйственный измельчитель;
- 12 - средство перемещения, конвейерная лента;
- 13 - средство анализа, NIRS;
- 14 - средство определения, вычислительная станция;
- 15 - средство отображения;
- 16 - средство подачи;
- 17 - добавка для силосования;

18 - силосный бункер;
 20 - собранное сырье;
 30 - силос;
 100 - способ подготовки силоса;
 200 - способ получения первой модели, применяемый в способе 100;
 300 - способ получения второй модели, применяемый в способе 100;
 400 - процесс силосования;
 I_{ni} - число индекса пригодности к силосованию;
 Re_i - число индекса удерживания;
 x_i - параметры, характеризующие химический состав и/или свойства собранного сырья;
 $x_{i,e}$ - параметры, характеризующие химический состав и/или свойства собранного исследуемого образца перед силосованием;
 $y_{i,e}$ - параметры, характеризующие химический состав и/или свойства исследуемого образца после силосования;
 a_i - тип добавки для силосования;
 m_{a_i} - количество добавки для силосования.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ (100) подготовки силоса (30) с улучшенными качественными характеристиками для процесса силосования, включающий

процесс анализа свежесобранного сырья, подвергаемого процессу силосования, для определения множества параметров (x_i), характеризующих химический состав и/или свойства собранного сырья (20);

применение первой модели к определенным параметрам x_i с целью определения числа I_{ni} индекса пригодности к силосованию, которое характерно для ожидаемой пригодности к силосованию собранного сырья;

применение второй модели к определенным параметрам (x_i) для определения числа (Re_i) индекса удерживания, которое характерно для ожидаемой потери сухого вещества (DM) собранного сырья (20) во время процесса силосования;

определение типов и объемов добавок (17) для процесса силосования, которые следует добавлять к собранному сырью (20) с целью управления процессом силосования в зависимости от числа (I_{ni}) индекса пригодности к силосованию и числа (Re_i) индекса удерживания; и

добавление определенных добавок (17) к собранному сырью (20) с целью производства силоса (30), в случае если определенное количество добавки (17) для силосования превышает нулевое значение.

2. Способ по п.1, в котором процесс анализа включает спектроскопический способ, такой как инфракрасная спектроскопия, предпочтительно ближняя инфракрасная спектроскопия; терагерцовая спектроскопия, предпочтительно терагерцовая спектроскопия с разрешением по времени, рамановская спектроскопия, ультрафиолетовая спектроскопия, масс-спектроскопия, например времяпролетная МАЛДИ спектроскопия, ядерно-магнитная спектроскопия, спектроскопия возбуждения лазерным пробоем, и/или хроматографический способ, такой как газовая хроматография и высокоэффективная жидкостная хроматография; способы тепловой визуализации, анализ мокрым путем и исследование микроэлементов.

3. Способ по любому из пп.1 и 2, в котором собранное сырье (20) выбрано из кукурузы, в частности *Zea mays*, сорго, в частности *S. bicolor*, сахарного тростника, в частности *Saccharum officinarum*, ржи, в частности *Secale cereale*, тритикале, ячменя, в частности *Hordeum vulgare*, пшеницы, в частности *Triticum aestivum*, плевела многолетнего, например *Lolium perenne*, и люцерны, в частности *Medicago sativa*.

4. Способ по любому из пп.1-3, в котором параметры (x_i) выбирают по значению pH, содержанию воды, содержанию сухого вещества (DM), содержанию золы (A), золы, нерастворимой в кислоте (AIA), содержанию сырого протеина (CP), массовому содержанию сахара (TS), содержанию глюкозы (GLU), содержанию фруктозы (FRU), содержанию сахарозы (SAC), массовой концентрации эфирной вытяжки (EE), содержанию крахмала, содержанию целлюлозы, содержанию лигнина, содержанию сырой клетчатки (CF), содержанию кислотно-детергентного волокна (ADF), содержанию нейтрально-детергентного волокна (NDF) и содержанию кислотно-детергентного лигнина (ADL).

5. Способ по любому из пп.1-4, в котором применяемая в способе первая модель получена путем корреляции параметров ($x_{i,e}$), измеренных на исследуемых образцах перед силосованием, с химическим составом полученного силоса после силосования при использовании заранее определенных условий.

6. Способ по любому из пп.1-5, в котором применяемая в способе вторая модель получена путем корреляции параметров ($x_{i,e}$), измеренных на исследуемых образцах перед силосованием, с содержанием сухого вещества после силосования в заранее определенных условиях.

7. Способ по любому из пп.1-6, в котором применяемые в способе первая модель и/или вторая модель получены с помощью математического регрессивного анализа.

8. Способ по любому из пп.1-7, в котором определение типов и количеств добавляемых к собранному сырью (20) добавок (17) для силосования включает

сравнение числа (Ini) индекса пригодности к силосованию с первым пороговым значением (Ini_1): в зависимости от превышения определенного числа индекса пригодности к силосованию (Ini) первого порогового значения (Ini_1) или отсутствия превышения определяется тип и содержание добавки, выбранной из первой группы добавок; и

сравнение числа (Rei) индекса удерживания со вторым пороговым значением (Rei_1): в зависимости от превышения определенного числа (Rei) индекса удерживания первого порогового значения (Rei_1) или отсутствия превышения определяется тип и содержание добавки, выбранной из первой группы добавок.

9. Способ по п.8, в котором первая и вторая группы добавок включают инокуляты различных бактериальных штаммов, в частности *Lactobacillus Plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Streptococcus faecium*, *Pediococcus pentosaceus*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus coryniformis* ssp. *coryniformis*, *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus viridescens*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Leuconostoc cremoris* и *Leuconostoc dextranicum*.

10. Способ по п.9, в котором

первая группа добавок включает *Lactobacillus Plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Streptococcus faecium*, *Pediococcus pentosaceus*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus coryniformis* ssp. *coryniformis*, *Pediococcus acidilactici*; и

вторая группа добавок включает *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus viridescens*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Leuconostoc cremoris* и *Leuconostoc dextranicum*.

11. Способ по любому из пп.1-10, в котором способ осуществляется непрерывно во время сбора сырья (20).

12. Процесс (400) силосования, включающий

подготовку силоса (30) способом по любому из пп.1-11; и

ферментацию силоса (30) для получения продукта силосования.

13. Устройство (10) для приготовления силоса (30) улучшенного качества для силосования, при этом устройство включает

средство (13) анализа для анализа свежесобранного сырья (20) для определения множества параметров (x_i), характеризующих химический состав и/или свойство собранного сырья (20);

применение первой модели к оцененным параметрам (x_i) с целью определения числа (Ini) индекса пригодности к силосованию, которое характерно для ожидаемой пригодности к силосованию собранного сырья (20), где указанная первая модель представлена уравнением 1

$$Ini = Intercept + \sum_{i=1}^N C_i x_i + \sum_{i=1}^N B_i x_i^2 \quad (1),$$

где C_i и B_i представляют собой коэффициенты регрессии первого и второго порядка для i -го параметра x соответственно;

применение второй модели к оцененным параметрам (x_i) для определения числа (Ref) индекса удерживания, которое характерно для ожидаемой потери сухого вещества собранного сырья (20) во время процесса силосования, где указанная вторая модель представлена уравнением 2

$$Rei = Intercept + \sum_{i=1}^N D_i x_i + \sum_{i=1}^N E_i x_i^2 \quad (2),$$

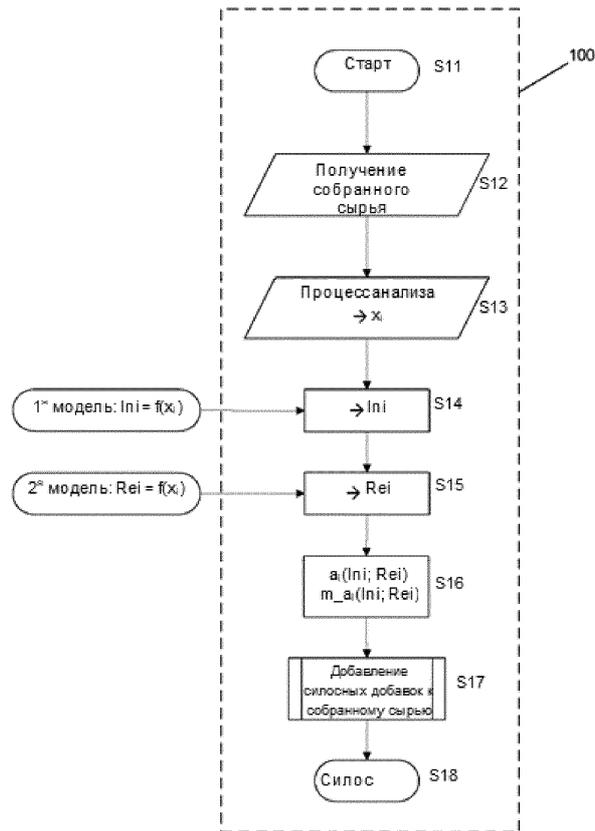
где D_i и E_i представляют собой коэффициенты регрессии первого и второго порядка для i -го параметра x соответственно;

определение средств (14, 15) для определения типов и количеств (a_i , m_{a_i}) добавок (17) для процесса силосования, которые добавляют к собранному сырью (20) с целью управления процессом силосования в зависимости от числа (Ini) индекса пригодности к силосованию и числа (Rei) индекса удерживания; и

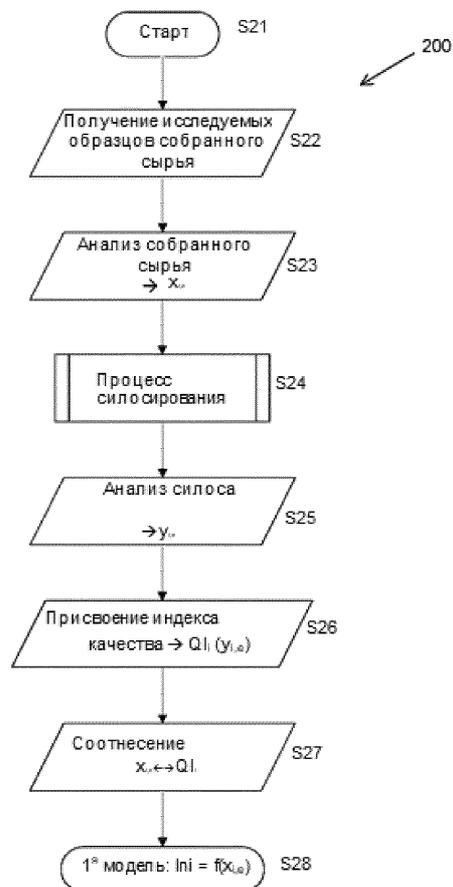
средство (16) подачи для добавления определенных добавок (17) к собранному сырью (20) с целью производства силоса (30), в случае если определенное количество (m_{a_i}) добавки (17) для силосования превышает нулевое значение.

14. Устройство (10) по п.13, дополнительно содержащее устройство (11) подачи, измельчения, обмолота, дробления, плющения, измельчения или очистки собранного сырья (20), при этом устройство (11) оснащено средством (13) анализа.

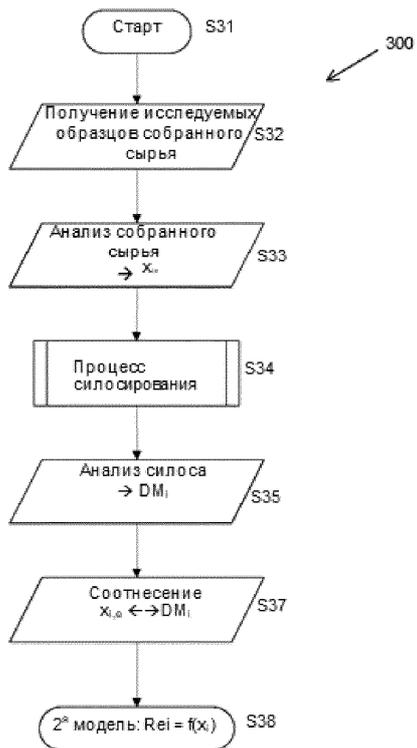
15. Устройство (10) по любому из пп.13 и 14, дополнительно содержащее средство (12) перемещения для транспортировки собранного сырья (20) от средства (13) анализа к средству (16) подачи и от средства (16) подачи в силосный бункер (18).



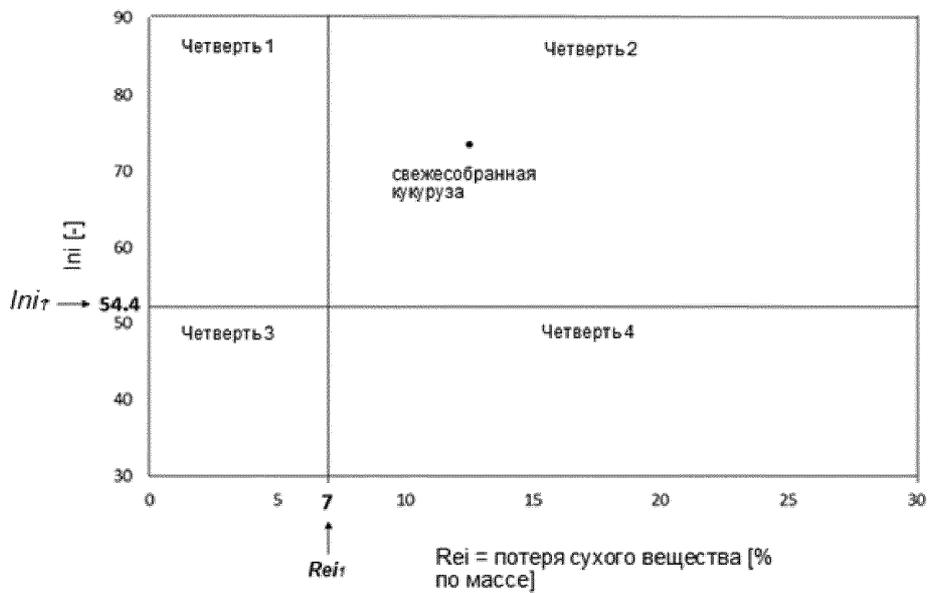
Фиг. 1



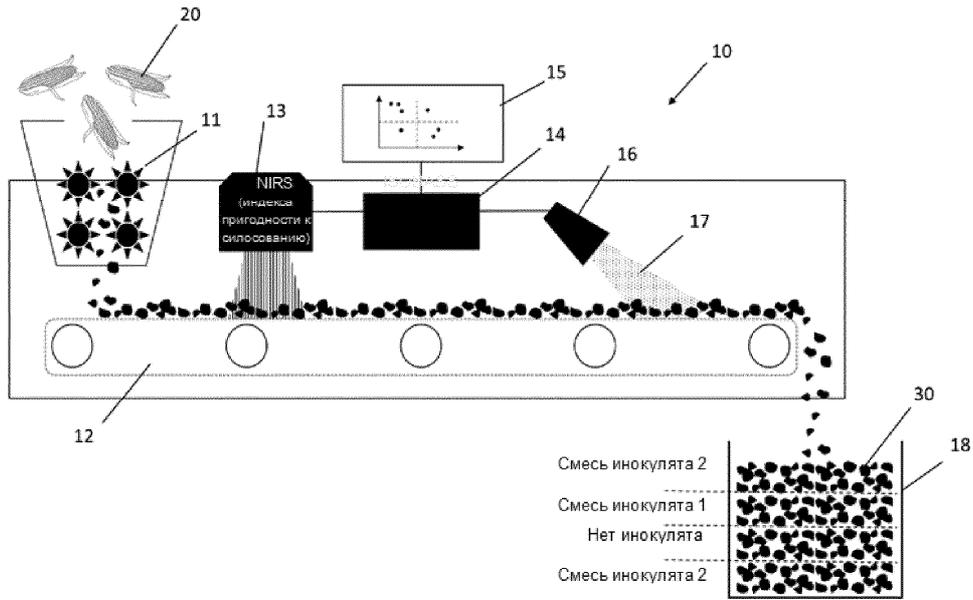
Фиг. 2



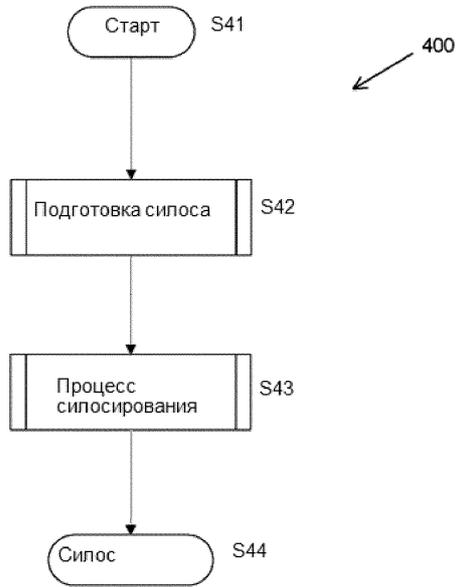
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6