

Вязкость водного экстракта и содержание питательных веществ в зерне озимой ржи при экструдировании

Р.Р. Исмагилов, д.с.-х.н., профессор, К.В. Малютина, аспирантка, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ

В последние годы наблюдается сокращение площади посевов и валового сбора зерна озимой ржи в Российской Федерации, что обусловлено снижением спроса на зерно данной культуры. Важным условием расширения спроса на зерно озимой ржи выступает увеличение его использования на корм сельскохозяйственным животным. Согласно зоотехническим нормам в рацион кормления жвачных животных вводится зерна ржи не более 20–30%, свиней – 20%, птиц – 5–7%, при этом суточная норма скармливания составляет 1,5; 0,6 и 0,005–0,007 кг соответственно. На практике зерна ржи используется для производства концентрированных кормов ещё меньше – 3–5% [1, 2].

Урожайность озимой ржи более стабильна и выше яровых зерновых культур [3, 4]. Зерно ржи по содержанию питательных веществ и энергоёмкости практически не отличается от зерна других зерновых злаковых культур. Энергетическая кормовая единица зерна озимой ржи составляет 1,13–1,16, содержание белка в зерне – 8,8–16,0%, крахмала – 52–60%, сырой клетчатки – 2,0–2,2%, жира – 2,10–2,13%. В то же время зерно ржи отличается большим содержанием незаменимой аминокислоты лизина, а по энергоёмкости превосходит зерно овса и ячменя. Питательная ценность белка зерна ржи составляет 83%, а пшеницы – 41% питательной ценности коровьего молока [2].

Основной причиной ограниченного применения зерна ржи для кормления сельскохозяйственных животных является высокое содержание полисахаридов, в частности пентозанов. В зерне ржи содержится значительно больше по сравнению с зерном других зерновых культур водорастворимых пентозанов (1,5–3,1%) [5, 6].

Отрицательные кормовые свойства водорастворимых пентозанов вызваны их способностью поглощать большое количество воды, и они образуют высоковязкий раствор. В пищеварительном тракте животных высоковязкий раствор пентозанов затрудняет всасывание питательных веществ поедаемого корма. Потребление зерна ржи в большом объёме замедляет прохождение кормовой массы в желудочно-кишечном тракте, приводит к расстройству пищеварения и в конечном итоге ослаблению и снижению продуктивности сельскохозяйственных животных. У птиц могут даже забиваться желудок и пищевод [5, 7]. Следовательно, для снижения антипитательных свойств зерна ржи следует разработать способы снижения в нём содержания водорастворимых пентозанов. Количественный анализ водорастворимых

пентозанов – сравнительно трудоёмкий и продолжительный процесс. Достаточно надёжным показателем содержания водорастворимых пентозанов является вязкость водного экстракта зерна, определение которого не требует больших затрат [2].

Известны разные способы подготовки зерна к скармливанию животным. Одним из них является экструдирование, что позволяет использовать зерно озимой ржи в кормлении животных [8, 9]. Ряд исследователей [7, 10] указывают, что при экструдировании на зерно оказывает воздействие давление, деформация сдвига, температура и влажность. В результате влияния этих факторов подвергается изменению структура составных частей зерна, происходит снижение активности ингибиторов пищеварения, уменьшение вредных веществ, стерилизация, гидролиз крахмала и частично клетчатки до глюкозы. Положительным результатом является улучшение вкусовых качеств зерна в результате образования ароматических веществ. Благодаря экструдированию усвояемость питательных веществ зерна резко повышается в результате набухания и разрыва оболочек растительных клеток и денатурации белков. При введении экструдированного зерна в рацион кормления молодняка свиней увеличивается переваримость сухого вещества на 2,1%, сырого протеина – на 4,5% и сырого жира – на 3,8% [7, 8, 10].

В то же время отсутствуют результаты исследования влияния экструдирования на содержание в зерне озимой ржи основного антипитательного вещества – водорастворимых пентозанов и соответственно вязкости водного экстракта зерна.

Цель исследования состояла в выявлении влияния экструдирования на вязкость водного экстракта зерна и содержание питательных веществ в зерне озимой ржи.

Материал и методы исследования. Для реализации цели исследования проводили лабораторный опыт, который включал два варианта: I – зерно озимой ржи без экструдирования (контроль); II – экструдированное зерно озимой ржи.

Для проведения лабораторного опыта использовали зерно озимой ржи сорта Чулпан 7, выращенное на опытном поле кафедры растениеводства и земледелия в УНЦ Башкирского государственного аграрного университета. Территория учебно-научного центра расположена в южной лесостепи Республики Башкортостан. Климат данной зоны резко континентальный, почва опытного поля – чернозём выщелоченный. Экструдирование зерна ржи проводили при помощи пресс-экструдера ПЭ КМЗ-2У. Зерно анализировали в лаборатории биохимического анализа и биотехнологий Баш-

кирского государственного аграрного университета. Размол зерна проводили на лабораторной мельнице ЛМТ-2. Число падения определяли по стандартному методу Харберга – Пертена (ГОСТ 27676-88. Зерно и продукты переработки. Метод определения числа падения). Кинематическую вязкость водного экстракта из зерна определяли капиллярным вискозиметром ВПЖ-1, содержание белка, крахмала и минеральных веществ – инфракрасным анализатором «Инфралюм».

Результаты исследования. Высокое содержание водорастворимых пентозанов и соответственно высокая вязкость водного экстракта зерна ржи для хлебопечения являются положительными, однако для кормовых целей данные показатели качества зерна ржи отрицательны. Исследование показало значительное изменение вязкости водного экстракта зерна при его экструдировании. Кинематическая вязкость водного экстракта образцов зерна озимой ржи, взятых для эксперимента, была по годам разная и колебалась от 44,39 сСт (2014 г.) до 53,7 сСт (2015 г.), что вызвано неодинаковыми агрометеорологическими условиями вегетации растений. Вязкость водного экстракта зерна озимой ржи во все годы исследования в результате экструдирования закономерно снижалась, причём в значительной степени (табл. 1). Так, в 2014 г. кинематическая вязкость снизилась от 44,39 сСт до 10,40 сСт, т.е. в 4,27 раза, в 2015 г. – от 53,7 до 23,2 сСт (2,31 раза) и в 2016 г. – от 50,72 до 20,10 сСт (2,52 раза). В среднем за три года кинематическая вязкость водного экстракта зерна озимой ржи в варианте без экструдирования составляла 49,62 сСт, а в варианте с экструзионной обработкой – 17,88 сСт. Снижение кинематической вязкости водного экстракта зерна в среднем за три года составило 31,74 сСт, или в 2,8 раза. Снижение вязкости водного экстракта зерна при экструдировании обусловлено изменением структуры водорастворимых пентозанов, расщеплением их до пентоз под воздействием давления и высокой температуры. По результатам исследования следует, что экструдирование является эффективным способом снижения антипитательных свойств и расширения применения зерна ржи для кормления сельскохозяйственных животных. Следовательно, зерно ржи за счёт экструдирования можно увеличить в рационе кормления жвачных животных до 50–70%, свиней – до 50% и птиц – до 10–20%.

Белок является основным питательным веществом в кормах сельскохозяйственных животных. Белки участвуют в образовании иммунных тел, передаче генетической информации, транспортировании веществ в организме, регулируют и катализируют биохимические реакции в процессе обмена веществ. Около 40% белковой массы продукта используется как источник энергии, а остальная часть – как пластический материал и биологически активные вещества. Протеин корма необходим

для построения белка тела молодых животных, возобновления изношенных тканей взрослых, образования белка молока у животных, белка яиц у птиц-несушек, белка шерсти у овец. При недостатке протеина в кормовом рационе снижается количество гемоглобина в крови. Белковая недостаточность у животных вызывает различные заболевания.

Использование низкобелкового зерна на корм приводит к повышению расхода кормов на создание единицы продукции. По зоотехническим нормам должно быть на каждую кормовую единицу 100 г переваримого белка [1].

Содержание белка в зерне озимой ржи было по годам неодинаковым и изменялось в пределах 8,74–11,53% (табл. 1). Исследование показало, что содержание белка в зерне озимой ржи при экструдировании повысилось, хотя сравнительно немного и в зависимости от года выращивания повышение составило от 0,08 (2016 г.) до 0,52% (2015 г.). В среднем за три года содержание белка увеличилось от 10,27 до 10,55%, или на 0,28%. Вероятно, в процессе экструдирования не столько изменяется количество белковых веществ, сколько их структура. Известно, что при экструзионной обработке растительного сырья на белки одновременно действует целый комплекс факторов, вызывающих денатурацию: высокая температура, механические напряжения сдвига и сжатия. При денатурации белок из гидрофильного состояния переходит в гидрофобное. Наблюдается изменение оптической активности белков, увеличение реактивности химических групп, ранее экранированных внутри глобулы. Глобулярные белки зернового сырья, устойчивые к действию протеолитических ферментов, после денатурации легче образуют фермент-субстратный комплекс [8, 10].

Значительную долю углеводов, и в том числе полисахаридов, в зерне ржи составляет крахмал. Крахмал – основной запасной углевод зерновки злаков и питательное вещество для животных [8]. Содержание крахмала в зерне до экструдирования колебалось по годам от 55,6% (2016 г.) до 63,4% (2014 г.) (табл. 1). Во влажном и сравнительно прохладном по погодным условиям 2016 г. формировалось зерно озимой ржи с большим содержанием крахмала. В годы исследования содержание крахмала в зерне ржи после экструдирования снизилось в зависимости от года на 2,1% (2014 г.) – 4,1% (2015 г.). В среднем за три года снижение составило от 60,4 до 57,5%, т.е. на 2,9%. Считается, что в процессе экструзионной обработки идёт интенсивная декстринизация и желатинизация крахмала с образованием крахмального геля, декстринов и сахаров. Под действием повышенной температуры разрушается структура крахмальных зёрен, они увеличиваются в размерах и разрушаются.

Показателем активности амилолитических ферментов и состояния крахмала в зерне озимой

ржи является число падения. В годы проведения эксперимента исходное число падения зерна ржи было разным, и оно колебалось от 130 с. (2014 г.) до 217 с. (2016 г.). После экструзионной обработки число падения зерна во все годы исследования значительно снизилось (табл. 1). В 2014 г. число падения под действием экструдирования снизилось в 1,9 раза и составило 70 с., в 2015 г. – от 186 с. до 79 с., в 2016 г. – от 169 с. до 77 с. В среднем за три года число падения после экструзионной обработки снизилось от 178 с. до 78 с., или в 2,75 раза. При экструдировании высокая температура повышает активность ферментов альфа-амилазы, что усиливает гидролиз крахмала и приводит к образованию моносахаров. М.Р. Шевцова указывает, что крахмал, благодаря клейстеризации во время экструдирования, становится чувствительным к действию амилолитических ферментов [10].

В питании сельскохозяйственных животных минеральные вещества также играют важную роль. Это обусловлено участием их в процессах обмена веществ в организме животных. Из макроэлементов наибольшее значение в кормлении животных имеют кальций, фосфор, калий, натрий, хлор, магний и сера.

Кальций в организме служит основным материалом для образования костной ткани, он участвует

в регулировании реакции крови, возбудимости мышечной и нервной тканей, а также свертывания крови. В зерне ржи содержание кальция составляет 0,05–0,09%, что больше, чем в зерне пшеницы, но меньше, чем в зерне овса.

Фосфор составляет основу костной ткани животных и необходим для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов преджелудка жвачных животных. Недостаточное количество кальция и фосфора вызывает нарушение минерального обмена животных.

Экструдирование зерна не оказало закономерного влияния на содержание зольных элементов и в том числе на содержание фосфора и кальция (табл. 2). В 2014 г. содержание золы не изменилось, в 2015 г. повысилось на 0,01%, а в 2016 г. снизилось на 0,01%. В среднем за три года содержание золы в экструдированном и неэкструдированном зерне составило 1,79%, содержание фосфора после экструдирования в среднем повысилось от 0,86 до 0,87%, кальция – от 0,055 до 0,056% (табл. 2). Эти изменения статистически незначительны и в пределах ошибки.

Выводы. Экструдирование является эффективным способом снижения антипитательных свойств зерна озимой ржи. Экструзионная обработка в 2,8 раза снижает кинематическую вязкость во-

1. Изменение вязкости водного экстракта и числа падения, содержания белка и крахмала в зерне озимой ржи после экструдирования

Вариант	Вязкость водного экстракта, сСт	Число падения, с.	Содержание белка, %	Содержание крахмала, %
2014 г.				
Зерно неэкструдированное	44,4	130	8,74	63,4
Зерно экструдированное	10,4	70	9,00	59,3
2015 г.				
Зерно неэкструдированное	53,7	186	10,53	62,2
Зерно экструдированное	23,2	79	11,05	60,1
2016 г.				
Зерно неэкструдированное	50,7	217	11,53	55,6
Зерно экструдированное	20,1	85	11,61	53,2
В среднем были за 3 года				
Зерно неэкструдированное	49,62	178	10,27	60,4
Зерно экструдированное	17,88	78	10,55	57,5

2. Содержание минеральных веществ в зерне озимой ржи после экструдирования, %

Вариант	Зола	Фосфор	Кальций
2014 г.			
Зерно неэкструдированное	1,78	0,85	0,052
Зерно экструдированное	1,78	0,86	0,052
2015 г.			
Зерно неэкструдированное	1,80	0,87	0,063
Зерно экструдированное	1,81	0,87	0,064
2016 г.			
Зерно неэкструдированное	1,79	0,86	0,051
Зерно экструдированное	1,78	0,86	0,052
В среднем за 3 года			
Зерно неэкструдированное	1,79	0,86	0,055
Зерно экструдированное	1,79	0,87	0,056

дного экстракта зерна ржи. Снижение вязкости водного экстракта зерна при экструдировании обусловлено изменением структуры водорастворимых пентозанов под воздействием давления и высокой температуры. Зерно ржи путём экструдирования возможно значительно увеличить в рационе кормления сельскохозяйственных животных. При экструзионной обработке происходит некоторое снижение содержания крахмала в зерне (на 2,9%), значительное снижение числа падения зерна – в среднем за 3 года в 2,75 раза. Влияние экструдирования на содержание белка сравнительно небольшое, наблюдается некоторое повышение содержания белка (в среднем на 0,28%). Существенного изменения содержания зольных элементов, фосфора и кальция при экструдировании не выявлено.

Литература

1. Фицев А.И., Косолапов В.М. Зоотехническая оценка использования ржи в рационах сельскохозяйственных животных // Кормопроизводство. 2007. № 1. С. 27–30.
2. Исмагилов Р.Р., Ахиярова Л.М. Кормовые качества зерна озимой ржи. Уфа: Гилем, 2012. 115 с.
3. Кадиков Р.К., Никулин А.Ф., Исмагилов Р.Р. Зависимость урожайности сортов яровой пшеницы от погодных условий // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 6 (38). С. 63–65.
4. Максютов Н.А. Сравнительная урожайность озимых культур в степной зоне Южного Урала / Н.А. Максютов, В.М. Жданов, В.Ю. Скороходов, Д.В. Митрофанов, Ю.В. Кафтан В.Н. Жижин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 4 (54). С. 30–33.
5. Исмагилов Р.Р., Аюпов Д.С., Ванюшина Т.Н. Пентозаны в зерне озимой ржи // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка: матер. междунар. науч.-практич. конф. Киров, 2003. С. 137–139.
6. Kucerova J. Effects of location and year on technological quality and pentosan content in rye // Czech J. Food Sci., 2009. 27. 418–424.
7. Кедрова Л.И., Косолапов В.М., Косолапова В.Г. Экструдированная рожь в рационах телят // Животноводство России. 2003. № 10. С. 20–21.
8. Русаков Р.В., Косолапов В.М. Эффективность разных способов подготовки зерна озимой ржи в кормлении высокопродуктивных коров // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 6. С. 61–65.
9. Кушнир В.Г., Гаврилов Н.В., Кушнир А.С. Экспериментальные исследования процесса экструдирования зернового материала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 6 (62). С. 84–87.
10. Швецова М.Р., Саламахин С.П., Швецов Н.Н. Влияние метода экструзии на химический состав и питательность пшеницы и ячменя // Проблемы с.-х. производства на современном этапе и пути их решения: матер. XIII междунар. науч.-производ. конф. (19–22 мая 2009 г.). Белгород: Изд-во БелГСХА, 2009. С. 169.