

мальный рост и развитие животных, находящихся в помещениях. Достаточное и правильное освещение в коровнике способствует образованию витамина А, бетакаротина и витамина D3, в том числе, свет положительно влияет на гормональный баланс молочных коров. Выделение мелатонина (гормона сна) подавляется, что приводит к увеличению времени активности.

Перемены в микроклимате могут серьезно отразиться на здоровье животных и снизить их продуктивность, в среднем на 30 %. Особенно тяжело переносят это высокопродуктивные коровы и племенной скот. При этом, если говорить о температуре, вредны как очень низкие показатели, так и жара, причем духоту крупный рогатый скот переносит особенно тяжело. Именно поэтому, для сохранения высокой продуктивности и биологического потенциала животных необходимо уделять особое внимание системам содержания.

#### **Список использованной литературы**

1. Дидактические материалы по гигиеническим расчетам при проектировании животноводческих объектов : учеб.-метод. пособие для студентов биотехнологического факультета по специальности 1-74 03 01 «Зоотехния» / В. А. Медведский [и др.]. – Витебск : ВГАВМ. – 2017. – 52 с.

2. Карташова, А. Н. К вопросу обеспечения оптимального микроклимата животноводческих помещений / А. Н. Карташова, М. И. Закревский // Ветеринарные и зооинженерные проблемы животноводства : материалы I Международной научно-практической конференции (г. Витебск, 28–29 ноября 1996 г.) / Витебская государственная академия ветеринарной медицины. – Витебск. – 1996. – С. 183.

3. Медведский, В. А. Зоогигиена с основами проектирования животноводческих объектов. Практикум : учеб. пособие / В. А. Медведский. – Минск : ИВЦ Минфина. – 2018. – 328 с.

**УДК 661.155.3**

**Д.Б. Просвирников, д-р техн. наук, профессор,**

**Д.В. Тунцев, д-р техн. наук, профессор**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Казанский национальный исследовательский  
технологический университет», г. Казань  
prosvirnikov\_dmi@mail.ru*

### **КОНЦЕНТРИРОВАННАЯ ВЫСОКОБЕЛКОВАЯ КОРМОВАЯ ДОБАВКА ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦ, ПОЛУЧЕННАЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ ГК «ФЕРМЕНТ»**

**Ключевые слова:** люпин, белковый концентрат, изолят, кормовая добавка.

**Keywords:** lupine, protein concentrate, isolate, feed additive.

**Аннотация:** Проведён направленный ферментативный гидролиз углеводной и липидной фракций семян белого люпина сорта Дега с использованием мультиэнзимной композиции ферментов ГК «Фермент». Оптимизация параметров процесса позволила получить концентрат сырого протеина с содержанием 59,66% а.с.в., пригодный для применения в качестве высокобелковой кормовой добавки. Перспективным направлением дальнейших исследований является коррекция аминокислотного профиля и испытания на сельскохозяйственных животных.

**Summary:** Directed enzymatic hydrolysis of carbohydrate and lipid fractions of white lupine seeds of the Dega variety was carried out using a multi-enzyme composition of enzymes from the Ferment Group of Companies. Optimization of the process parameters made it possible to obtain a crude protein concentrate with a content of 59.66% a.d.v., suitable for use as a high-protein feed additive. A promising direction for further research is the correction of the amino acid profile and testing on farm animals.

Развитие животноводства в России требует увеличения производства высококачественных кормов, особенно белковых концентратов, в условиях роста цен и дефицита кормового белка. На фоне высокой стоимости соевых продуктов всё большее внимание привлекает люпин белый как перспективный источник растительного белка. Люпин отличается высоким содержанием белка и аминокислот [1], но требует обработки для удаления антипитательных веществ и повышения усвояемости [2].

В работе был использован люпин белый сорта Дега (г. Иваново, РФ). Семена люпина были измельчены на лабораторной мельнице «ВЬЮГА ЗМТ» (Россия) до фракции 0,1–0,5 мм. Концентрацию белка (общего азота) в люпине определяли по методу Кьельдаля (в установке для мокрого озольения от компании SELECTA, Испания, с выносным температурным блоком в вытяжном шкафу, с последующей отгонкой аммиака), клетчатки (целлюлозы) – азотно-спиртовым методом, жира – по ГОСТ 13496.15-2016 в аппарате Сокслета. Исходное содержание белка (общего азота) в люпине составило 39,4% от а.с.в., влажность – 7,42% [3]. Для проведения ферментативного гидролиза были использованы ферментные препараты ГК «Фермент» (Республика Беларусь). Поскольку целью работы являлся избирательный ферментативный гидролиз углеводной фракции люпина и жира, исходя из данных по количественному содержанию в сырье клетчатки, жира, легкогидролизуемых гемицеллюлоз, учитывая активность и теоретическую молекулярную массу субстрата, определяли дозировки ферментных препаратов (таблица 1).

Таблица 1 – Расчет дозировок ферментных препаратов ГК «Фермент»

Название препарата	Субстрат	% субстрата от а.с.в.	Дозировки ферментов, в % от субстрата	
			min (теор.)	max
Целлюлазный комплекс	целлюлоза	16,810	0,005	0,400
Белазим ГЦ комплекс бета-глюканазы (6800) и ксиланазы (550)	гемицеллюлоза	21,900	0,182	1,800
Ксиланаза	гемицеллюлоза	21,900	0,044	0,400
Бета-маннаназа	гемицеллюлоза	21,900	0,110	0,800
Липрозим С (группа 1)	жир	9,980	0,060	0,400

Ферментативный гидролиз препаратами ГК «Фермент» проводили следующим образом. В стерилизованные колбы 750 мл помещали подготовленное сырье (35,0 г) с известной влажностью, ферментную композицию в заданном количестве и соотношении (разведение водой 5 мл) и буфер в расчетном количестве (200 мл), колбы закрывали ватно-марлевым тампоном. Ферментативный гидролиз проводили в лабораторном шейкере-инкубаторе Kuhner ISF1-X (Швейцария) при  $t=50^{\circ}\text{C}$ , 130 об/мин,  $\text{pH}=4,5-5,0$ , в течение 10 часов. Эксперимент проводили по полному трехфакторному плану. Первый фактор X1 – дозировка целлюлозного комплекса (R цф, %), X2 – дозировка гемицеллюлаза (Белазим ГЦ+ксиланаза+бета-маннаназа) (R гф, %), X3 – дозировка липазы ЛИПРОЗИМ С (R жф, %). План эксперимента представлен в табл. 2. В центре плана дополнительно было поставлено 3 параллельных опыта. Функции отклика: Y1 – концентрация редуцирующих веществ (РВ) в % в гидролизатах после ферментативного гидролиза (характеризует степень конверсии углеводного комплекса люпина); Y2 – концентрация общего азота (CN) в твердых остатках после ферментативного гидролиза (характеризует содержание протеина в продукте) через 10 ч гидролиза.

Таблица 2 – План эксперимента

№ опыта	X1	X2	X3
	R цф, %	R гф, %	R жф, %
1	0,005	0,336	0,06
2	0,4	0,336	0,06
3	0,005	3,0	0,06
4	0,4	3,0	0,06
5	0,005	0,336	0,4
6	0,4	0,336	0,4
7	0,005	3,0	0,4
8	0,4	3,0	0,4
ЦП1	0,2025	1,668	0,23
ЦП2	0,2025	1,668	0,23
ЦП3	0,2025	1,668	0,23

Через 6, 8 и 10 часов из колб отбирали пробы гидролизата, центрифугировали на центрифуге Viobase (Китай) при 10 000 об/мин в течение 5 минут, и в надосадочной жидкости определяли рН (на анализаторе Мультитест ИПЛ – 311, Россия), концентрацию редуцирующих веществ (далее – РВ) в пересчете на глюкозу (метод Бенедикта Бертрана). По окончании ферментативного гидролиза содержимое колб центрифугировали и отделяли надосадочную жидкость от твердого остатка, стерилизовали кипячением и готовили к дальнейшему культивированию на ней микроорганизмов. Твердый осадок сушили в шкафу при 103–105°С в течение 12 часов, после чего измельчали. В полученных твердых образцах было определено количественное содержание общего азота (СN<sub>тв</sub>). Гидролизаты после отделения твердой фракции были простерилизованы кипячением. Во время кипячения в гидролизатах выпадал белый осадок в виде хлопьев (изолят растительного белка), который также был отделен от жидкости центрифугированием и проанализирован на содержание общего азота (СN<sub>из</sub>). В таблице 3 представлены результаты полнофакторного эксперимента.

Таблица 3 – Результаты полного трехфакторного эксперимента

№ опыта	X1	X2	X3	6 ч	8 ч	10 ч		
	Р цф, %	Р гф, %	Р жф, %	РВ, %	РВ, %	РВ, %	СN <sub>тв</sub> , %	СN <sub>из</sub> , %
1	0,005	0,336	0,06	1.4688	1.3719	0.8567	25,4	62,2
2	0,4	0,336	0,06	1.8262	1.3073	1.2429	34,3	59,9
<b>3</b>	<b>0,005</b>	<b>3,0</b>	<b>0,06</b>	<b>2.2306</b>	<b>1.2429</b>	<b>1.3719</b>	<b>33,6</b>	<b>68,7</b>
4	0,4	3,0	0,06	1.8589	1.5011	1.0819	30,3	56,6
5	0,005	0,336	0,4	1.6633	1.5984	1.0175	30,6	67,1
6	0,4	0,336	0,4	1.3073	1.0819	1.2751	27,8	66,2
7	0,005	3,0	0,4	1.3396	1.2429	1.5984	27,3	68,1
8	0,4	3,0	0,4	0.7596	1.8262	1.0498	28,2	64,4
ЦП1	0,2025	1,668	0,23	1.5751	2.1215	1.7936	34,8	52,3
ЦП2	0,2025	1,668	0,23	1.5012	1.8916	1.6141	32,4	53,4
ЦП3	0,2025	1,668	0,23	1.5984	1.9243	1.5659	34,4	53,7

По результатам ферментативного гидролиза была определена оптимальная ферментная композиция (опыт №3), при которой достигалось наибольшее содержание РВ в гидролизатах, и, соответственно, наибольшая конверсия углеводов (34%). Из данных видно, что содержание СN<sub>тв</sub> в твердых остатках снижается относительно исходного, что объясняется переходом в гидролизат растворимых альбуминов и части глобулинов растительного белка. Так, изолят растворимых белков в опыте №3 содержит общий азот СN<sub>из</sub> = 68,7%. Очевидно, в его состав входят и растворенные сахара. Объединение двух

белковых фракций – твердого остатка и изолята – привело к повышению общего азота в смеси до 43,11%. Эта смесь по-прежнему содержала в себе сахара, образованные в результате ферментативного гидролиза. При введении оптимальной мультиэнзимной композиции (опыт №3) эксперимент был повторен. По окончании гидролиза твердый остаток не отделяли от жидкости, все содержимое колбы вскипятили для осаждения растворимых белков, и далее на этой же смеси, обогащенной микроэлементами, культивировали кормовые дрожжи *Candida tropicalis* при  $t=30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в течение 24 часов. Расчетный CN в белковом концентрате после культивирования (без учета CN дрожжей) составлял 51,83%. По завершении процесса культивирования смесь растительного протеина (как нерастворимого, так и осажденного) и микробного белка (биомасса дрожжей *Candida tropicalis*) была отцентрифугирована и высушена на распылительной сушилке. Итоговое значение CN в концентрированной высокобелковой кормовой добавке составило 59,66%.

Таким образом, наиболее оптимальной ферментной композицией из ферментных препаратов ГК «Фермент» для ферментативного гидролиза люпина является R цф : R гф : R жф (0,005:3,0:0,06) в % от массы субстрата. Оптимальная продолжительность гидролиза – 6 ч. Последующее культивирование кормовых дрожжей на продуктах ферментативного гидролиза позволяет получить концентрированную высокобелковую кормовую композицию с содержанием сырого протеина 59,66% а.с.в., и может быть использована в качестве кормовой добавки для сельскохозяйственных животных и птиц [4]. Дальнейшая работа требует сбалансирования аминокислотного состава композиции и испытания на сельскохозяйственных животных.

*Работа выполнена за счет предоставленного в 2024 году Академией наук Республики Татарстан гранта на осуществление фундаментальных и прикладных научных работ в научных и образовательных организациях, предприятиях и организациях реального сектора экономики Республики Татарстан.*

#### **Список использованной литературы**

1. Chamone, M. E. R. et al. Chemical characterization of White Lupin (*Lupinus albus*) flour treated by extrusion cooking and aqueous debittering processes //Plant Foods for Human Nutrition. – 2023. – Т. 78. – №. 2. – С. 292–298.
2. Gaponov, N. V., Yagovenko G. L. The lupine significance for forage production: lupin-and-rape concentrate as a source of valuable nutrients for animal feeding //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2021. – Т. 723. – №. 2. – С. 022005.
3. Просвирников Д. Б. и др. Белковый концентрат из белого люпина сорта дега //Вестник Казанского ГАУ №. – 2025. – Т. 1. – С. 77.
4. Kasanova N. et al. Use of extruded lupin in feeding young quails //BIO Web of Conferences. – EDP Sciences, 2025. – Т. 161. – С. 00018.