

Краевое государственное бюджетное учреждение дополнительного образования «Алтайский краевой детский экологический центр»

Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды имени Б.В. Всесвятского

Номинация: Человек и его здоровье

Эффективность включения бетулина в сухарях в рацион декоративных крыс на фоне употребления продуктов с высоким содержанием канцерогенных веществ

Автор: Яткунайте София Константиновна,
ученица 11 класса, обучающаяся
КГБУ ДО АКДЭЦ

Руководитель: Ашенбреннер Елена
Сергеевна, педагог дополнительного
образования КГБУ ДО АКДЭЦ

г. Барнаул, 2025 г.

Оглавление

Введение.....	3
1. Теоретическая часть.....	5
1.1 Проблема политропного действия канцерогенных соединений на организм животных и человека	5
1.2 Обзор биологических и медицинских свойств бетулина	6
2. Материал и методы исследований	9
3. Результаты исследований.....	11
3.1 Рост и развитие животных родительских пар.....	11
3.2 Рост и развитие потомства	12
3.3 Репродуктивные показатели родительских пар.....	14
Выводы.....	15
Заключение	15
Список источников информации.....	16
Приложение	19

Введение

К наиболее распространенным канцерогенам, присутствующим в окружающей среде и в пищевой продукции, относят акриламиды. Доказано, что чаще человек употребляет загрязняющее вещество с продуктами, подвергшимися термообработке. При этом акриламид легко усваивается организмом и разносится по тканям. Есть сведения о том, что акриламид способен реагировать с ДНК и РНК. Акриламид высоко токсичен в отношении животных и человека. Многочисленными исследованиями подтверждена его взаимосвязь с проблемами здоровья (поражением нервной системы, канцерогенезом).

Таким образом, потенциальный канцероген для человека является веществом, которое вызывает или повышает риск развития рака, а также обладает мутагенным, тератогенным и репротоксичным эффектом. В ряде исследований учеными продемонстрирована роль природных активных соединений против образования канцерогенных веществ во время приготовления пищи. К таким натуральным ингибиторам можно отнести: экстракты чая шиповника морщинистого, боярышника, семян граната, яблочной кожуры, оливковых листьев, оливковое масло, сычуаньский перец, куркумин и др. Растительные биологически активные вещества рассматриваются и в качестве включения в рацион питания человека. До сих пор идет изыскание и изучение природных соединений, обладающих антиканцерогенными, антимуtagenными, антитератогенными и иными защитными свойствами. Расширение путей исследования бетулина считается сегодня актуальным и подтверждением целесообразности изучения является высокая эффективность биологически активного вещества коры березы против рака, гепатита, коронавируса, ВИЧ и поддержка во время химиотерапии.

Цель исследований – оценить эффективность использования бетулина при включении в рацион декоративных крыс продуктов с высоким содержанием канцерогенных веществ.

Задачи:

- оценить воздействие бетулина на рост и развитие крыс родительских пар;
- оценить воздействие бетулина на рост и развитие потомства через включение в рацион родительским особям;
- определить влияние бетулина на репродуктивные показатели родительских особей.

Объект – бетулин.

Предмет – влияние бетулина на биологические и физиологические показатели организма декоративных крыс на фоне употребления продуктов, содержащих канцерогенные вещества.

Материал и методы. Исследования проведены в 2024-2025 гг. на базе зоопарка и лаборатории «Микроскопическая техника» детского экологического центра (КГБУ ДО АКДЭЦ, <https://akdec.ru/>). Материал –

бетулин (форма – порошок). Модельный объект – декоративные крысы. Методы: наблюдения, весовой и измерительный метод учета роста и развития организма, статистическая обработка данных.

Новизна. Показан пример скормливания бетулина декоративным крысам в виде сухарей на фоне включения в рацион продукта с высоким содержанием канцерогенных веществ. Продемонстрировано отрицательное воздействие чипсов на родителей и потомков. Отмечен вероятный эффект действия бетулина на родителей и потомков и выраженное влияние на репродуктивную функцию грызунов.

Практическая значимость. Результаты исследований могут представлять практическую ценность для специалистов в сфере медицины, ветеринарии, экологии, биологии, технологии производства продуктов питания. Данные об изменениях, происходящих у животных на фоне употребления продуктов, с биологически активными веществами и канцерогенными соединениями, могут быть использованы в образовательных и научно-просветительских целях.

1. Теоретическая часть

1.1 Проблема политропного действия канцерогенных соединений на организм животных и человека

Акриламид является известным канцерогенным соединением с доказанным политропным действием на организм. Международное агентство по изучению рака классифицирует его как вероятное канцерогенное вещество группы «2А». Большое количество продуктов, которые употребляет человек, содержит акриламид, что приводит к его пожизненному воздействию на организм [4].

По данным Управления по контролю за продуктами и лекарствами США (FDA) высокий уровень содержания акриламида отмечен в печенье, сухих завтраках, картофеле «фри», сухариках, картофельных и кукурузных чипсах, тостах, хлебе, миндале, кофе с термической обработкой. Всемирная организация здравоохранения указывает на то, что содержание акриламида может варьировать от десятков мкг/кг (хлеб) до тысяч мкг/кг (чипсы). В экспериментах доказано, что максимальное количество акриламида содержится в чипсах, обжаренных в масле [2, 17]. Следовательно, химическое вещество акриламид образуется при нагревании крахмалистых продуктов, таких как картофель и зерно, при температуре выше 120 °С. Соединение является канцерогеном для человека, у лабораторных грызунов вызывает рак. Его высокое содержание увеличивает риск заболевания раком, но при этом, нет данных о том, какое количество акриламида можно употреблять без вреда для здоровья [27].

В ходе исследований нейротоксичности и нейротропного действия акриламида (модель острого отравления), проведенных на беспородных крысах-самцах, зафиксированы: повреждение стенок сосудов, нарушение функции эндотелия, поражение мелких мозговых сосудов, развитие бессимптомных и клинически выраженных инфарктов головного мозга. Так же у экспериментальных животных отмечались: возбуждение, судороги, тремор, галлюцинации, эмоциональные расстройства, локальные неврологические симптомы [21].

У человека доказанное влияние на здоровье, как правило на репродуктивную функцию (попадание в плод, накопление в молоке), и канцерогенный эффект акриламида связаны с очень высокими концентрациями вещества. Химическое соединение метаболизируется в печени и в больших дозах воздействует на нервную систему, провоцируя повреждение и нейротоксичные проявления, способствует возникновению мутаций [23].

Мутагенное действие акриламида в дозе 12,4 мг/кг на клетки щитовидной железы выявлено исследованиями на самцах крысах линии Wistar. Отмечены повышение пролиферативных процессов и функциональной активности железы (увеличение доли коллоида с резорбцией). Цитогенетические нарушения и изменение пролиферации клеток способствует

развитию новообразований в железе [1]. Токсическое действие акриламида на организм подтверждено в условиях экспериментального введения вещества крысам самкам в дозе 20 мг/кг в течение 28-ми дней [25].

Ингаляционное введение акриламида самкам крысам в концентрации 1 мг/м³ по 4 часа с 1 по 20 день беременности способствовало репротоксическому действию и выразалось в уменьшении диаметра плаценты. Ингаляции самцам в соответствующей самкам дозе по 4 часа 4 месяца привели к снижению количества сперматозоидов и уменьшению размеров и массы семенников. В результате дальнейшего спаривания самцов с интактными самками отмечена ранняя и общая эмбриональная гибель плодов.

Внутрижелудочное введение самкам в дозе 20 мг/кг 20 дней привело к снижению массы плодов и плаценты. У самцов в течение 4 месяцев – к атрофическим и дистрофическим изменениям в семенниках, к снижению подвижности сперматозоидов.

При этом, введение акриламида в меньших концентрациях 0,2 и 0,04 мг/м³ не давало никакого эффекта. Повышение дозы ингаляций до 27,5 мг/м³ приводило к изменению времени движения сперматозоидов у самцов [27].

Нейро-, гено-, репродуктивная токсичность, канцерогенные свойства акриламида изучены достаточно хорошо. В исследованиях на животных показано, что он вызывает повышенную заболеваемость опухолями в различных местах. Хотя сам механизм повреждающего действия учеными до конца не выяснен. Ограниченное доказательство канцерогенности акриламида требует большей научной изученности.

1.2 Обзор биологических и медицинских свойств бетулина

Бетулин – это природное соединение, которое производят из верхней части коры различных видов березы. Несмотря на то, что бетулин содержится в различных растениях, основным его источником считается серая береза (*Betula lenta*) и белая береза (*Betula pendula*). Химически бетулин представляет собой пентациклический тритерпеновый спирт C₃₀H₅₀O₂ лупанового ряда. Физически бетулин – белый порошок без запаха [6].

На данный момент интерес к бетулину только возрастает. Изучением его свойств занимается более 40 научных центров. Среди доказанных перспективных биологических и медицинских свойств бетулина следующие: противовоспалительные свойства (снижает воспаление и участвует в модуляции воспалительных процессов); антиоксидантная активность (нейтрализует свободные радикалы и защищает клетки от окислительного стресса); противоопухолевое действие (ингибирует рост некоторых типов опухолей и индуцирует апоптоз в раковых клетках); антибактериальные и противогрибковые свойства (активен против различных патогенных микроорганизмов, бактерий, грибов); иммуномодулирующее действие (оказывает влияние на иммунную систему, усиливает иммунный ответ организма); защита печени (защищает клетки печени от повреждений);

антивирусная активность (препятствует размножению некоторых вирусов) [24].

Экстракт березы широко используется для улучшения пищеварения у животных, нормализации обмена веществ, повышения резистентности организма в отношении к неблагоприятным факторам воздействия внешней среды. Так, совместное использование бетулина и комплексного антимикробного препарата оказало лечебное и иммуностимулирующее влияние на организм больных сочетанными инфекциями телят. У животных раньше исчезали клинические признаки, синтезировались тканевые антитела, появлялась возможность раннего купирования развития инфекционного процесса, что позволяло предотвратить гибель животных [3, 11].

Известно, что животным ежедневно вводят лекарственные вещества. Особую опасность и нежелательные реакции вызывают противопаразитарные препараты. Исследователи пришли к выводу, что после острой интоксикации авермектинсодержащим средством (средство относится к III классу опасности, используется в животноводстве и растениеводстве) лабораторных крыс применение углеродного энтеросорбента, модифицированного бетулином в этанольноглицериновой основе, предотвращало развитие выраженных изменений в гемограмме у животных и приводило к преобладанию циркулирующих иммунных комплексов средних размеров, а также приводило снижению гиперактивного фагоцитоза [5].

При изучении сухих экстрактов бетулина, полученных из нативной бересты и бересты с тонким предварительным измельчением на модели токсического повреждения печени лабораторных крыс (вводили тетрахлометан), доказана эффективность последнего. Ученые предполагают, что экстракт из измельченного сырья стимулировал процесс деления клеток печени и приводил к активации внутриклеточных регенеративных процессов [7, 8].

Исследования влияния 1,2,4-триоксоланов (оксидантов, участвующих в окислительно-восстановительной передаче сигналов), и бетулина в рыбьем жире показали нормализующее действие на липидный и энергетический метаболизм лабораторных крыс. В эксперименте, моделирующем гипоксию и иммобилизационный стресс у животных, доказано положительное действие на большинство показателей липидного обмена [16].

Многочисленными методами исследований доказано, что экстракт бересты *Betula sp.* сухой обладает выраженными противовоспалительными и гепатопротекторными свойствами [20]. Оценка острой токсичности бетулина на белых лабораторных мышах позволила отнести соединение к IV классу опасности (вещества малоопасные) [13].

Бетулин широко используют не только при изготовлении лекарственных форм, но и косметических препаратов. Сообщается, что в шампунях наиболее эффективное соотношение бетулина и лаурилсульфата – 1:1. Курсовое применение шампуня позволяло сдерживать отек (каррагениновый отек) лапы у крыс в результате противовоспалительной активности соединения [19].

Исследованиями доказан положительный эффект бетулина при включении его в рацион перепелов. На основании показателей маркеров крови судили о метаболических процессах. Отмечена нормализация обменных процессов в организме птиц, улучшение состояния их здоровья [12].

Изучение влияния бетулина на обмен веществ и продуктивность цыплят-бройлеров показало его положительное воздействие на белковый обмен в организме, увеличение показателя общего белка в сыворотке крови. Отмеченное повышение продуктивности от 3,8% до 7,0% обосновано стимулированием функции печени и синтеза альбуминов [9]. При этом увеличению живой массы, сохранности и повышению мясных качеств цыплят способствует введение бетулина в состав комбикормов в объеме 0,25% от массы корма [22].

По показателям продуктивности цыплят получены следующие результаты: бетулин (препарат) оказывает положительное влияние на развитие цыплят в ростовой и финишный периоды жизни, увеличивает их живую массу, среднесуточный прирост, способствует лучшему усвоению и перевариванию корма, снижает его затраты на 1 кг прироста живой массы [10].

Добавка бетулина в корм цыплят-бройлеров приводит к снижению подкожного и абдоминального жировых отложений, способствует повышению биологической ценности мяса, оказывает влияние на технологические свойства [18].

При кормлении животных готовыми (промышленными) кормами нередко возникают заболевания желудочно-кишечного тракта. Эффективным средством профилактики и лечения заболеваний являются растительные препараты. Экстракт бересты задавали собакам с сухим кормом. Ученые пришли к выводам, что независимо от уровня содержания бетулина в экстракте, повышается эффективность потребления корма, использования питательных веществ рациона. Критериями оценки послужили гематологические показатели и показатели переваримости корма. Доказано, что для положительного эффекта достаточной препарата средней степени очистки [14, 15].

Ряд свойств бетулина все еще находятся в исследовании и нуждаются в подтверждении.

2. Материал и методы исследований

Исследования проведены в 2024-2025 гг. на базе зоопарка и лаборатории «Микроскопическая техника» детского экологического центра (КГБУ ДО АКДЭЦ, <https://akdec.ru/>). Материал исследований – бетулин (форма – порошок) предоставлен Международной кафедрой ЮНЕСКО «Инженерная экология» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова». Модельный объект – декоративные крысы (прил. 1, рис. 1, 2). Родительские пары сформированы из активных ручных особей 2-х неродственных пометов (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика животных родительских пар

Пол	Живая масса, в ср., г	Возраст, прим., нед.	Окрас шерсти
Самец	84	5-6	Темно-серый
Самка	72	5-6	Белый с темно-серым капюшоном и полосой на спине

Эффективность действия бетулина определяли опытным путем в течение 6 месяцев. Были сформированы 4 опытных группы (табл. 2). Одна группа – 1 родительская пара. Животных содержали в стеклянных аквариумах (прил. 1, рис. 3). В качестве подстилки использовали древесную стружку, для гнезда – сено. Для укрытия в аквариумах размещали пластиковые домики или кокосовую скорлупу. Кормление осуществляли 1 раз в день в утреннее время. Воду животным предлагали вволю со свободным доступом к поилкам.

Таблица 2. Схема опыта

Группа	Живая масса, г		Рацион	Кол-во корма в расчете на 1 родительскую пару
	♀	♂		
К	55,19	71,17	ОР	80 г
О1	74,61	91,44	ОР/Чипс	80 г/1 чипс
О2	88,76	109,51	ОР/Чипс/Сухарь	80 г /1 чипс/1 сухарь
О3	68,79	64,02	ОР/Сухарь	80 г /1 сухарь

Основной рацион (ОР) – зерносмесь. В равных частях: семена подсолнечника, комбикорм, травяная мука, овес, пшеница, просо, кукуруза. Корм с содержанием канцерогенов – чипсы марки BRUNCHERS со вкусом бекона (прил. 1, рис. 4). Вес 1 чипсы в среднем 0,5 г. Корм с растительным биологически активным соединением – сухари с бетулином (прил. 1, рис. 5). Вес 1 сухаря в среднем 1,5 г. За весь период скормлено 15 граммов бетулина (0,08 г в сутки на аквариум). Основные методы исследований: наблюдение, весовой и измерительный метод учета роста и развития организма.

Статистическая обработка данных произведена в программе для работы с электронными таблицами Microsoft Excel.

Систематическое взвешивание и изменения отдельных частей тела животных отражены через показатели весового и линейного учета.

Абсолютный прирост – величина прироста за период.

$A=M_1-M_0$, M_1 – масса животного в конце контрольного периода, M_0 – масса животного в начале контрольного периода.

Относительный прирост – энергия роста.

$$O = \frac{(M_1 - M_0)}{0,5 \times (M_1 + M_0)} \times 100$$

Среднесуточный прирост $C=(M_1-M_0)/T$, T – период, дней.

3. Результаты исследований

3.1 Рост и развитие животных родительских пар

Включение в рацион кормления крыс дополнительных продуктов с разной питательной ценностью вызвало неоднозначную реакцию у животных. Чипсы поедались очень активно и в первую очередь. Всегда наблюдалась реакция «попрошайничества» и борьба за слайс. Стойкое привыкание произошло на 2-3-й день кормления. Добавка сухарей с бетулином плохо поедалась даже на фоне сокращения объема основного рациона во всех группах. Сухари оставались в кормушке и на следующий день. К концу опытного периода привыкания к сухарям так же не наблюдалось (прил. 1, рис.6).

Живая масса (ж.м.) является важнейшим показателем, отражающим развитие животного (прил. 1, рис. 7, 8). Относительный прирост живой массы показывает интенсивность, напряженность процесса роста животного. Энергия или «сила» роста связана с физиологическими периодами жизни животного (табл. 3, 4).

Таблица 3. Относительный прирост показателей роста и развития, %

Группа	Самки			Самцы		
	Ж.м.	Дл.тул.	Дл.хв.	Ж.м.	Дл.тул.	Дл.хв.
К	98,2	38,4	40,9	101,8	43,5	37,8
О1	66,2	24,8	22,5	93,0	39,0	35,8
О2	72,5	20,9	22,4	95,7	38,2	35,3
О3	89,9	31,0	28,2	110,8	47,8	39,2

Относительный прирост показателей роста и развития животных варьирует в зависимости от их половой принадлежности. Наибольшая энергия роста характерна для крыс-самцов. Среди учтенных показателей наиболее интенсивно и самцы и самки набирали массу тела. В группах с ОР и с ОР+сухарь отмечены наивысшие показатели прироста независимо от пола. Отсутствие четкой разницы, вероятно связано со слабым воздействием изучаемого фактора в виду низкой поедаемости. При этом в группе с бетулином у самок показатели ниже контрольных, у самцов – выше.

В группах с кормлением чипсами показатели прироста сравнительно выровненные, более низкие по значению. Так, относительный прирост живой массы крыс-самок оказался ниже контрольного на 26,5-32,6%, длины тела 35,4-45,5%, длины хвоста 45%; самцов на 6,0-8,6%, 10,3-12,2% и 10,0-11,3% соответственно. И самцы и самки при употреблении чипсов в меньшей степени показали разницу в снижении прироста живой массы по сравнению с контролем. По линейным промерам снижение интенсивности роста оказалось более выраженным (прил. 1, рис. 9).

Большее снижение интенсивности прибавки массы тела самок по сравнению с самцами в группах с добавкой чипсов объясняется, вероятно, половыми различиями и физиологическими особенностями животных.

Таблица 4. Среднесуточный прирост показателей роста и развития

Группа	Самки			Самцы		
	Ж.м., г	Дл.тул., см	Дл.хв., см	Ж.м., г	Дл.тул., см	Дл.хв., см
К	0,71	0,03	0,03	1,11	0,04	0,03
О1	0,51	0,02	0,02	1,42	0,04	0,03
О2	0,59	0,02	0,02	1,58	0,04	0,03
О3	0,69	0,03	0,02	1,21	0,05	0,03

Показатели среднесуточных приростов продемонстрировали половые различия. Приросты линейных показателей оказались выровненными и у самок и у самцов независимо от опытной группы. Прирост живой массы самок в группах с чипсами отмечен ниже контрольного значения, а у самцов, наоборот, выше. Такую разницу, предположительно, можно объяснить и физиологическими и половыми особенностями. Несмотря на то, что чипс делили и выдавали животным поровну, самцы регулярно отбирали часть корма. Особенно это удавалось во время появления потомства, когда самка была занята новорожденными крысятами. Эффекта от добавки сухарей с бетулином в кормосмесь животным по регистрируемым показателям не отмечено.

Введение в рацион крыс бетулина в сухарях оказалось неоправданным ввиду низкой поедаемости добавки в данной форме, особенно на фоне кормления чипсами. Скармливание чипсов с основным рационом и в сочетании с сухарями с бетулином в течение 6 месяцев оказало выраженное влияние на рост и развитие крыс родительских пар, что отмечалось по всем регистрируемым в ходе исследований показателям. Отмечена более низкая активность прибавки в весе и по показателям роста. Действие бетулина на изучаемые показатели родительских крыс не отмечено.

3.2 Рост и развитие потомства

Количество новорожденных в приплоде декоративных крыс зависит от множества факторов и в среднем составляет 6-12 (минимально – 2, максимально – 20) малышей (прил. 1, рис. 10, 11). Вес крысят так же зависит от ряда факторов, определяющим из которых является количество малышей в приплоде [26]. В связи с чем, проводить анализ изменений массы тела и линейных промеров крысят целесообразно через относительные показатели (табл. 5).

В группах с добавкой чипсов нами отмечены сходные изменения, выраженные в количестве полученного приплода, которое было максимальным в 1-й беременности и всегда ниже во 2-й и 3-й. В группах ОР и

ОР+сухарик с бетулином количество приплода с каждой последующей беременностью в большей степени было выше.

В группах с употреблением чипсов, несмотря на добавку бетулина, отмечено нарастание интенсивности прироста живой массы крысят в рамках учетного периода от 1-го к 3-му потомству. Вероятно, это связано с накопительным действием веществ употребляемого продукта родительской парой. Разницы от добавки бетулина к основному рациону в отношении показателя живой массы не выявлено.

Таблица 5. Показатели роста и развития потомства

Показатель*	К			О1			О2			О3		
	Беременность-потомство											
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Кол-во крысят в помете, гол.	6	6	9	9	4	6	10	6	8	7	10	8
Ср. ж. м., г												
- 10 дней	19,5	19,4	21,5	14,7	24,6	18,4	13,8	18,4	15,2	15,4	12,6	22,5
- 20 дней	39,0	35,7	37,7	23,9	40,4	37,6	23,3	33,1	38,6	29,5	24,1	34,8
- 30 дней	59,7	59,9	55,5	39,8	79,3	65,6	39,5	53,1	63,4	46,1	37,8	52,2
Отн. прирост ж.м. за период, %	101,5	102,1	88,3	92,1	105,3	112,4	96,4	97,1	122,6	100,2	100,0	80,3
Ср. дл. тела, см												
- 20 дней	10,8	9,6	10,6	8,7	10,0	9,7	8,9	9,5	9,8	8,7	9,0	10,1
- 30 дней	12,7	11,7	12,1	11,2	11,9	10,8	11,1	12,4	12,5	10,8	11,0	12,3
Отн. прирост дл. тела за период, %	16,2	19,7	13,2	25,1	17,4	10,7	22,0	26,5	24,2	21,1	20,0	19,6
Ср. дл. хв., см												
- 20 дней	8,3	7,4	7,7	7,0	8,1	8,1	7,1	7,1	7,9	7,5	7,2	7,7
- 30 дней	11,6	10,7	11,0	10,5	11,6	9,6	10,4	11,3	11,3	10,2	10,1	10,1
Отн. прирост дл. хв. за период, %	33,2	36,5	35,3	40,0	35,5	17,0	37,7	45,7	35,4	30,1	33,5	27,0

* Расчет на 1 голову в помете в среднем

В группах с чипсами интенсивность прироста в длине тела и длине хвоста преимущественно была выше. В динамике при скармливании чипсов без сухарей, наблюдалось снижение энергии роста длины тела и хвоста от 1-го к 3-му потомству. При потреблении одновременно и чипсов и бетулина интенсивность линейных приростов оставалась высокой, выровненной.

Таким образом, добавка чипсов в рацион родительских пар влияет и на интенсивность роста и развития потомков и на активность этих процессов у животных каждого последующего потомства. Включение в рацион бетулина имеет вероятный характер слабовыраженного действия и отражается в большей степени в показателях линейных промеров.

3.3 Репродуктивные показатели родительских пар

При непрерывном совместном содержании самцов и самок родительских пар в учетный период во всех группах зарегистрировано только по 3 беременности. Исключение составила 1-я опытная группа, в которой результатом 4-й беременности стал 1 крысенок (табл. 6).

Таблица 6. Репродуктивные показатели

Группа	Кол-во беременностей	Межродовой период, дн.	Кол-во приплода на момент рождения, всего гол.	Кол-во приплода на 30 день, всего гол.	Выжив-ть крысят %
К	3	45/70	21	21	100
О1	4	50/23/30	20	19	95
О2	3	43/49	24	24	100
О3	3	44/51	25	25	100

В группах с бетулином в совокупности получено на 4-5 крысят больше, чем в контрольной группе и в группе с чипсами без сухариков (прил. 2, рис. 12-15). В данных группах, по сравнению с контролем, выровненные межродовые периоды, а, следовательно, все физиологические процессы воспроизводства синхронны.

Выявлена динамика уменьшения периода между родами при употреблении чипсов. Следствием повышенной половой активности стало рождение 1 крысенка, не жизнеспособного и погибшего в первые 10 дней, что не является нормой для грызунов.

Можно предположить, что введение сухарей с бетулином в рацион особей родительских пар, даже при условии низкой поедаемости, положительно сказывается на репродуктивных качествах декоративных крыс.

Выводы

1. Добавка сухарей с бетулином крысам родительских пар не показала высокой эффективности. Одной из причин явилась низкая поедаемость сухарей. Параллельное включение чипсов в рацион способствовало снижению интенсивности прироста живой массы и линейных промеров. Энергия роста и самцов и самок оказалась в большей степени зависима от кормления продуктом с содержанием канцерогенных веществ.

2. Включение в рацион родительских особей бетулина имеет вероятный характер слабовыраженного действия на потомков, которое отражается в большей степени в выравнивании показателей линейных промеров на фоне кормления чипсами. Результатом скормливания чипсов стала выявленная динамика изменения количества крысят в каждом помете и энергии роста и развития потомков.

3. Введение сухарей с бетулином в рацион родительских особей, даже при условии низкой поедаемости, положительно сказывается на репродуктивных качествах пар и отражается в большем количестве приплода и выровненных межродовых периодах.

Заключение

Исследования показали необходимость подбора оптимальной формы введения в рацион животных бетулина как биологически активной добавки с целью достижения 100% ее поедаемости. С учетом того, что бетулин плохо растворяется в воде и имеет порошкообразный вид, необходима дальнейшая разработка вариантов, доступных для скормливания грызунам.

Список источников информации

1. Алтаева, А. А. Влияние разных режимов введения акриламида на цитогенетические и структурно-функциональные показатели щитовидной железы крыс / А. А. Алтаева // Токсикологический вестник. – 2010. - № 5 (104). – С. 46-49.
2. Борович, А. М. Влияние продуктов, имеющие канцерогенные свойства на опухолевые процессы / А. М. Борович, В. Г. Симонова // Международный студенческий научный вестник. – 2024. – № 3.; URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=21558> (дата обращения: 02.01.2025).
3. Бороздин, А. А. Разработка витаминизированного премикса на основе бетулина / А. А. Бороздин, В. Ф. Позднякова // Актуальные вопросы развития науки и технологий : электронный сборник статей молодых учёных. – 2022. – С. 65-74.
4. Бурхан, Б. Акриламид: скрытая опасность / Б. Бурхан, А. Ферид // Health, Food & Biotechnology. – 2019. - № 1 (1). – С. 113-117.
5. Герунова, Л. К. Иммунная реактивность крыс при острой интоксикации Аверсектом-2 и коррекции энтеросорбентом, модифицированным бетулином / Л. К. Герунова, В. И. Околелов, Л. Г. Пьянова, А. А. Вовк // Ветеринарная патология. – 2013. - № 2. – С. 35-39.
6. Гиндулин, И. К. Выделение бетулина и синтез его производных : учебное пособие / И. К. Гиндулин, Т. М. Панова. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2023. – 90 с.
7. Грек, О. Р. Влияние экстрактов бересты на морфологические изменения печени крыс при введении тетрахлорметана / О. Р. Грек, М. А. Карпов, В. В. Иванова, Ю. В. Лигостаева и др. // Journal of Siberian Medical Sciences. – 2015. – № 2. - С. 40.
8. Грек, О. Р. Гепатопротекторное действие водно-спиртового экстракта диспергированной бересты при остром отравлении парацетамолом / О. Р. Грек, В. В. Иванова, М. А. Карпов, Ю. В. Лигостаева и др. // Journal of Siberian Medical Sciences. – 2014. – № 5. - С. 22.
9. Задорожная, М. В. Влияние бетулина на обмен веществ и продуктивность цыплят-бройлеров / М. В. Задорожная, С. Б. Лыско, А. П. Красиков // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2021. – № 8. – С. 69-71.
10. Задорожная, М. В. Эффективность применения бетулина в птицеводстве // М. В. Задорожная, С. Б. Лыско, А. П. Красиков // Ветеринарный врач. – 2012. - № 5. – С. 34-36.
11. Красиков, А. П. Применение бетулина для лечения телят при ассоциативных инфекциях / А. П. Красиков, И. Г. Алексеева, Л. Е. Деев, Р. Ю. Панфилов // Ветеринарная патология. – 2010. – № 1. – С. 49-57.
12. Кундрюкова, У. И. Метаболические эффекты применения бетулина на перепелах / У. Ю. Кундрюкова, Е. Н. Беспамятных, Л. И. Дроздова, Н. Ю. Попова и др. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 7 (189). – С. 96-102.

13. Лигостаева, Ю. В. Фармакогностическое исследование бересты и перспективы ее использования в медицине. Автореферат канд. дис. по спец. 14.04.02 – фармацевтическая химия, фармакогнозия / Лигостаева Юлия Валерьевна. – Новосибирск, 2015. – 18 с.
14. Медведев, В. М. Усвояемость собаками питательных веществ сухого корма «ROYAL CANIN» с добавлением кормовой добавки с различным содержанием бетулина / В. М. Медведев, В. А. Ситников, Л. Е. Деев // Аграрный вестник Урала. – 2012. – № 8 (100) – С. 26-28.
15. Медведев, В. М. Усвояемость собаками питательных веществ сухого корма с добавлением кормовой добавки с различным содержанием бетулина / В. М. Медведев, В. А. Ситников // Пермский аграрный вестник. – 2014. – № 3 (7) – С. 60-63.
16. Мельникова, Н. Б. Регуляция липидного метаболизма под действием 1,2,4-триоксоланов и бетулина в условиях гипоксии и иммобилизационного стресса в эксперименте на крысах / Н. Б. Мельникова, Д. С. Малыгина, П. В. Ястребов, И. В. Спицкая и др. // The Scientific Notes of Pavlov University. – 2023. – Ч. 30. – № 4. – С. 18–31.
17. Никитенко, А. Н. Исследование содержания акриламида в чипсах / А. Н. Никитенко, С. А. Ламоткин, О. М. Найдюк, А. В. Бусуматорова // Труды БГТУ. – 2018. – С. 2. – № 1. – С. 26-30.
18. Новикова, М. В. Перспективы применения бетулина в бройлерном птицеводстве / М. В. Новикова, И. А. Лебедева, Л. И. Дроздова, А. В. Бюлер // Ветеринария сегодня. – 2020. - № 4 (35). – С. 277-282.
19. Погребняк, Л. В. Перспективы использования внешней коры деревьев и кустарников семейства Березовые (Betulaceae) в качестве источника биологически активных и вспомогательных веществ / Л. В. Погребняк, А. В. Погребняк // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2015. – Т. 17. - № 5. – С. 174-178.
20. Репина, Э. Ф. Экспрессия генов антиоксидантной защиты при хроническом воздействии акриламида и медикаментозной коррекции / Э. Ф. Репина, Д. О. Каримов, Т. Г. Якупова, Н.Ю. Хуснутдинова и др. // Медицина труда и экология человека. – 2024. - № 3. – С. 163-175.
21. Тарских, М. М. Исследование нейротоксичности акрилатов акрилонитрила и акриламида / М. М. Тарских // Международный научно-исследовательский журнал. – 2013. – № 7 (14). – Ч. 5. – С. 74-78.
22. Фархутдинов, С. М. Продуктивные качества цыплят-бройлеров при использовании препарата натурального происхождения Бетулин / С. М. Фархутдинов, Р. Р. Гадиев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 1 (39). – С. 110-112.
23. Чернова, А. В. Регламентирование содержания контаминанта акриламида в пищевой продукции / А. В. Чернова, А. В. Петроченкова // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2023. – Т. 63. – № 1. – С. 20–27.
24. Шлейкин, А. Г. Биологически активные вещества растений как потенциальные антагонисты канцерогенов и их роль в химиопрофилактике рака / А. Г. Шлейкин, А. Н. Бландов, П. Кружляк, Н. М. Муста Оглы //

Современные достижения химико-биологических наук в профилактической и клинической медицине. – 2020. – Ч. 2. – С. 230-236.

25. Якупова, Т. Г. Особенность экспрессии генов при токсическом повреждении печени акриламидом / Т. Г. Якупова, Н. Ю. Хуснутдинова, Э. Ф. Репина, Я. В. Валова и др. // Медицина в Кузбассе. – 2023. – Т. 22. – № 2. – С. 81-85.

26. Питомник декоративных крыс «Ромашка». [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.romashka-rat.ru/markings>, режим доступа – свободный (дата обращения 02.01.2025).

27. Центр гигиены и эпидемиологии в Самарской области. [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.fbuzsamo.ru/Pamyatki/art356.html>, режим доступа – свободный (дата обращения 02.01.2025).



Рис. 1 Самец родительской пары.
Окрас белый с темно-серым
капюшоном и полосой на спине



Рис. 2 Самка родительской пары.
Окрас темно-серый



Рис. 3 Опытные группы в зоопарке



Рис. 4 Чипсы BRUNCHERS со вкусом
беконa, <https://chizhik.club/catalog>



Рис.5 Сухари с бетулином



Рис. 6 Остатки сухарей за несколько
дней



Рис. 7 Взвешивание самки



Рис. 8 Взвешивание самца



Рис. 9 Измерение длины тела самца



Рис.10 Приплод. Новорожденные



Рис. 11 Приплод. Возраст до 10 дн.

группа – К

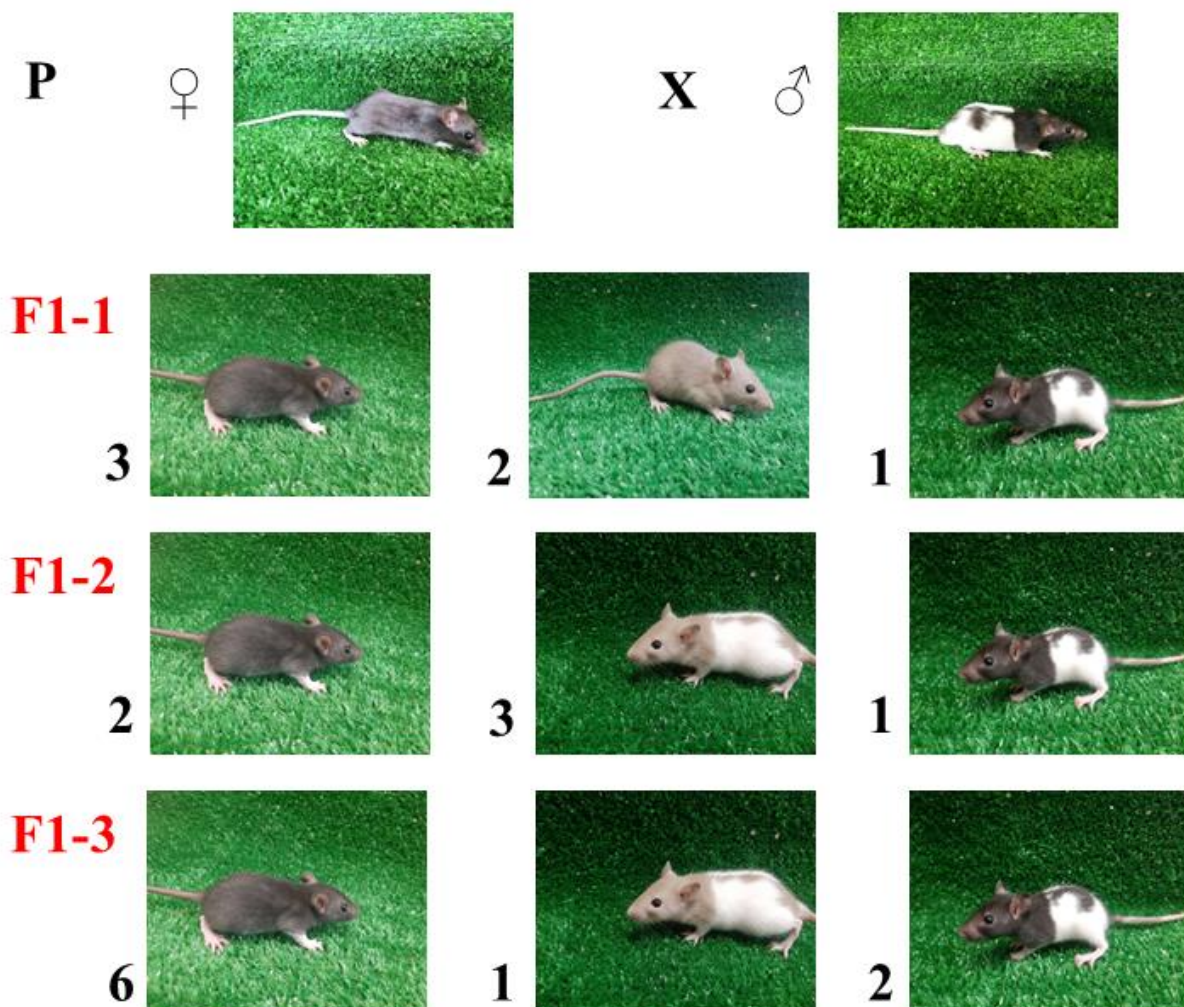


Рис. 12 Наследование окраски шерсти в контрольной группе

группа – O1

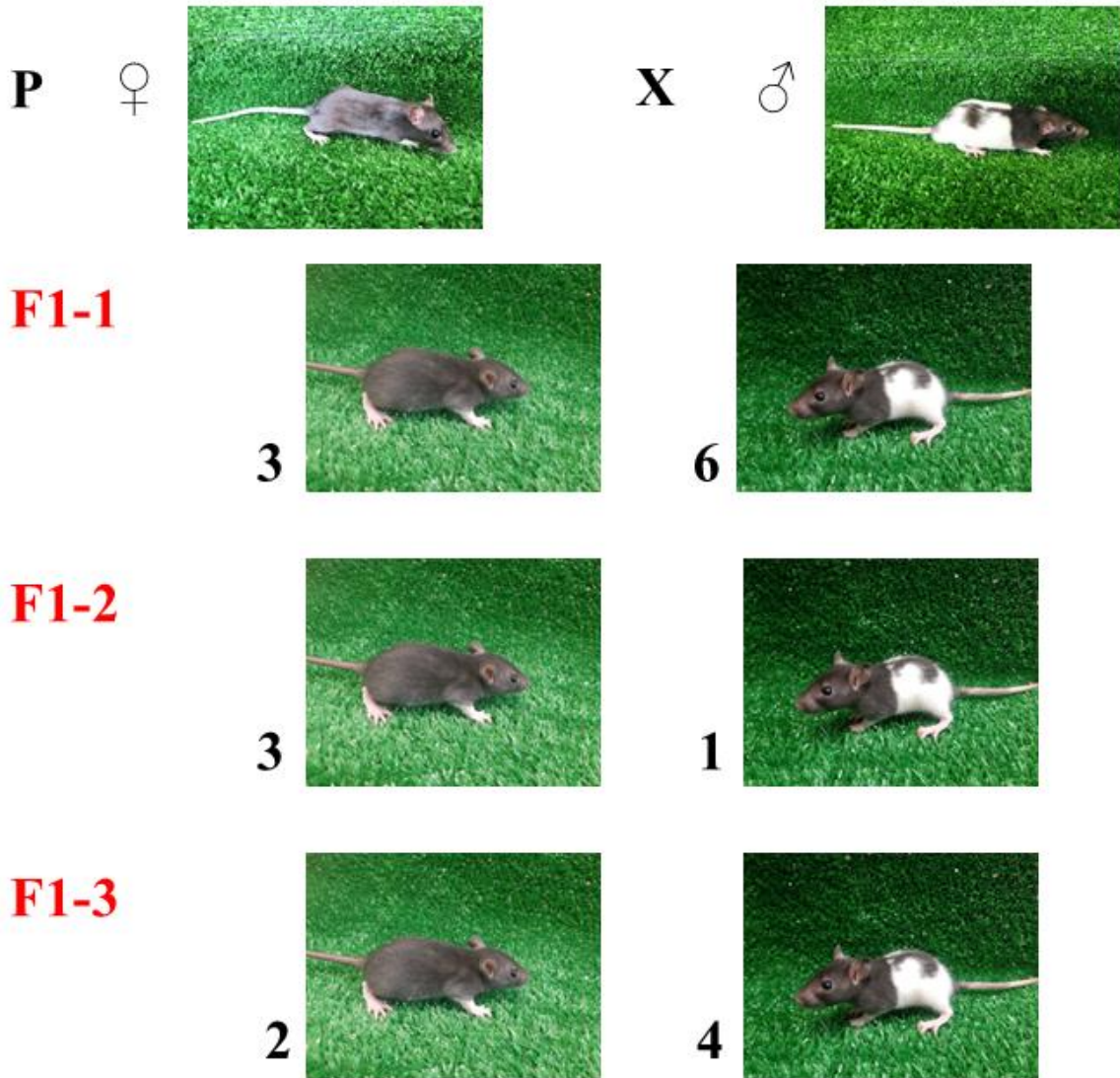


Рис. 13 Наследование окраски шерсти в O1

группа – O2

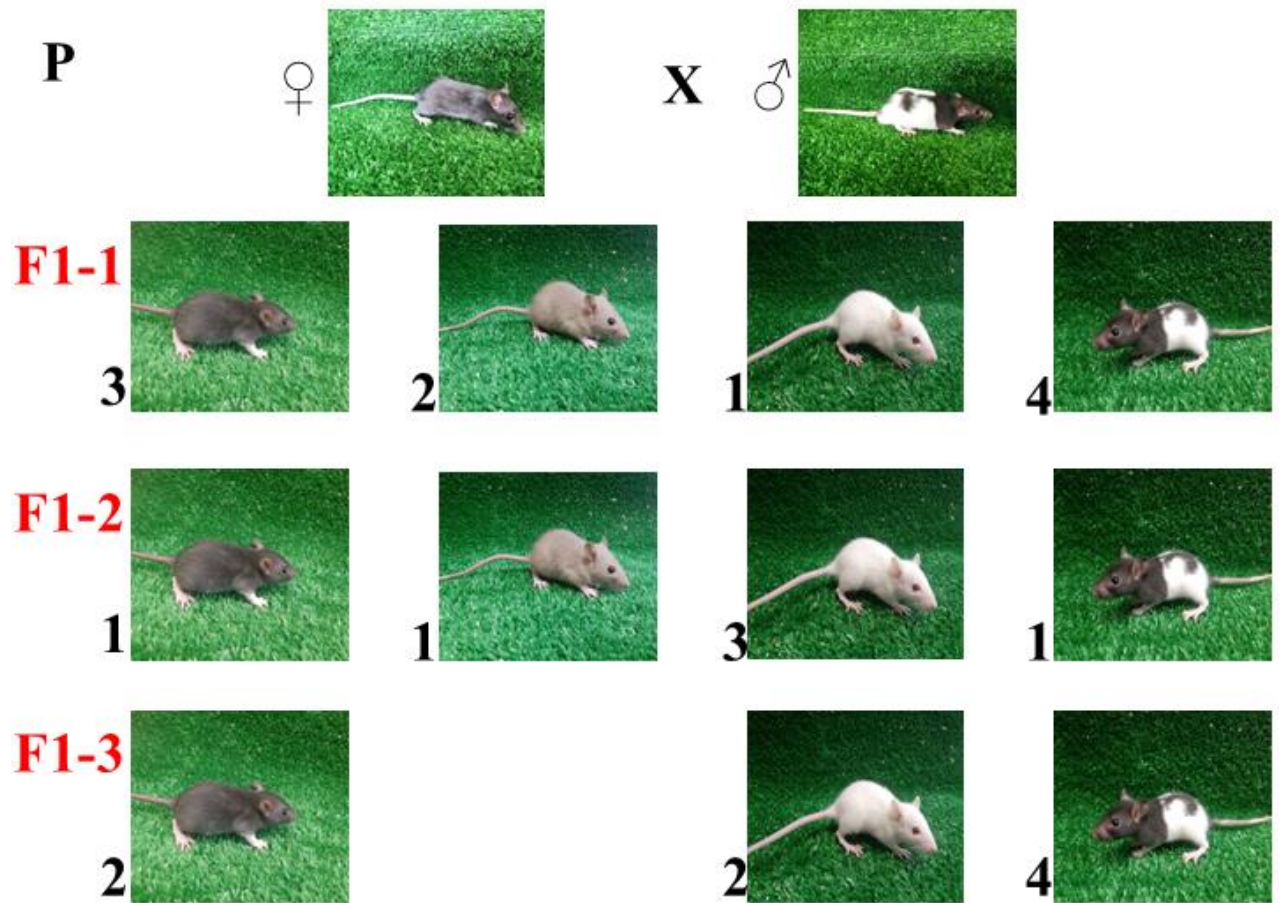


Рис. 14 Наследование окраски шерсти в O2

группа – ОЗ



Рис. 15 Наследование окраски шерсти в ОЗ