

УДК 613.26-027.236

Поступила в редакцию 16.05.2025

Received 16.05.2025

¹И. М. Почицкая, ²Т. Б. Мелик-Касумов, ¹О. В. Чекун¹ РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь² Государственное научное учреждение «Институт физиологии Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭФФЕКТОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ ВЫСОКОБЕЛКОВОЙ И ВЫСОКОУГЛЕВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНЫХ ДИЕТ

Аннотация. В статье представлены результаты сравнительного экспериментального анализа эффектов потребления высокобелковой растительной диеты, растительной (постной) диеты и высокоуглеводной растительной диеты. Проведена оценка влияния этих диет на рост, метаболические параметры, уровень активности, массу органов и общее состояние здоровья животных.

Ключевые слова: растительная диета, вегетарианство, пост, эксперимент *in vivo*, белок, растительный полуфабрикат.

¹I. M. Pochitskaya, ²T. B. Melik-Kasumov, ¹O. V. Chekun¹Republican Unitary Enterprise «The scientific and practical centre for foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» Minsk, Belarus²State Scientific Institution «Institute of Physiology National Academy of Sciences of Belarus» Minsk, Belarus

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE EFFECTS OF CONSUMPTION OF HIGH-PROTEIN AND HIGH-CARBOHYDRATE PLANT-BASED DIETS

Abstract. The article presents the results of a comparative experimental analysis of the effects of consuming a high-protein plant-based diet, a plant-based (fasting) diet, and a high-carbohydrate plant-based diet. The effect of these diets on growth, metabolic parameters, activity level, organ weight, and overall health of animals was assessed.

Keywords: plant-based diet, vegetarianism, fasting, *in vivo* experiment, protein, plant-based semi-finished product.

Введение. В последние десятилетия наблюдается значительный рост интереса к здоровому питанию. Это связано с повышением осведомленности потребителей о влиянии питания на здоровье и окружающую среду. В этой связи комбинированные продукты на основе растительного сырья становятся все более актуальным, поскольку предоставляют уникальную возможность объединить наиболее весомые характеристики различных ингредиентов, создавая продукты, сочетающие в себе наилучшие органолептические свойства с наиболее оптимальным содержанием полезных веществ.

Современные потребители все чаще ищут альтернативы животным продуктам, что связано с несколькими факторами:

- ♦ забота о здоровье: растительная диета ассоциируется с низким уровнем заболеваемости сердечно-сосудистыми заболеваниями, диабетом и ожирением;
- ♦ экологические аспекты: производство растительных продуктов, как правило, требует меньше ресурсов и создает меньший углеродный след по сравнению с животноводством;
- ♦ этические соображения: увеличение числа людей, заботящихся о благополучии животных, способствует росту интереса к вегетарианским и веганским продуктам.

В Республике Беларусь особое значение имеет практика полного или частичного отказа от употребления пищи животного происхождения во время поста — религиозно обусловленной традиции, сопряженной с различными духовно-аскетическими практиками. Пост характерен для большинства религиозных конфессий, наиболее распространенных в Беларуси. В частности, в православном церковном календаре около 200 дней отведено на соблюдение постов [1].

В средствах массовой информации довольно широко обсуждается проблема пользы или вреда поста для здоровья. Часто в таком случае люди просто исключают продукты животного происхождения из своего рациона, не меняя его в остальном [2]. Такой рацион становится несбалансированным и может привести к обострению хронических заболеваний.

Исключение из ежедневного рациона питания животной пищи ограничивает поступление в организм человека таких важных для него веществ как полноценные белки, жирорастворимые витамины (А, Д, Е, К) и минеральные вещества (фосфора, кальция, железа и др.) [3, 4].

Для изучения влияния отказа от продуктов животного происхождения на организм человека было проведено исследование на лабораторных животных, что позволило спрогнозировать возможные позитивные или негативные последствия растительной диеты.

Был смоделирован примерный рацион питания при соблюдении поста. Рацион питания человека во время строгого поста представлен в основном следующими группами пищевых продуктов растительного происхождения: зерномучными и кондитерскими, плодоовощными и вкусовыми товарами, растительными маслами [5]. Продукты, каждой из указанных групп вносят определенный вклад в пищевую ценность суточного рациона человека. Следует отметить, что постный рацион питания смещается в сторону углеводов, при этом у человека ощущается явная нехватка белков [6]. Такой рацион получил название высокоуглеводного, поскольку содержание в нем углеводов значительно превышало содержание белков и жиров.

Известно, что альтернативой животного белка являются крупы и бобовые: фасоль, горох, нут, чечевица. Анализ данных биотехнологического потенциала и пищевой ценности бобовых и круп показал, что они могут быть использованы в качестве сырья для создания вегетарианских продуктов функционального назначения. Все вышесказанное послужило обоснованием для разработки рецептуры нового пищевого продукта на основе растительных компонентов — котлет из гороха и пшена. Поскольку стандартный рацион питания во время поста характеризуется нехваткой белка, было принято решение обогатить продукт растительным белком. Для обогащения был выбран соевый белок, как наиболее близкий по аминокислотному составу к идеальному белку по ФАО/ВОЗ. Для апробации и сравнительной оценки физиологических эффектов потребления разработанных рецептов был проведен эксперимент *in vivo*.

Цель исследования — сравнительная оценка функционального состояния лабораторных животных при потреблении двух вегетарианских (постных) продуктов и высокоуглеводной вегетарианской диеты.

Объекты и методы исследования. Эксперименты проводили на самцах крыс линии Wistar с первоначальной массой 200 ± 20 г. Животные были разделены на 4 экспериментальные группы по 8 крыс. Крысы первой группы являлись контрольными (далее — «Контроль») и ежедневно имели неограниченный доступ к стандартному полнорационному сухому корму для лабораторных грызунов, который не содержал продуктов животного происхождения. Крысы второй, третьей и четвертой групп в дополнение к комбикорму получали ежедневно три различные гомогенизированные смеси: во второй группе — фарш для приготовления котлет из пшена и гороха с семенами подсолнечника и грецким орехом (далее — «Продукт»), фарш для приготовления котлет из пшена и гороха с семенами подсолнечника и грецким орехом, обогащенный растительным белком (далее — «Обогащенный продукт»), и смесь для высокоуглеводного рациона (далее — «Углеводная диета») (таблица 1).

Смеси хранились в замороженном виде и выдавались крысам ежедневно из расчета 130 г продукта, 130 г обогащенного продукта или 105 г углеводной диеты соответственно, из расчета 50% по ожидаемой калорийности и при этом также имели неограниченный доступ к стандартному комбикорму. Разные количества выдачи обусловлены существенным различием смесей в энергетической ценности (таблица 2). Кроме того, крысы всех групп имели постоянный свободный доступ к воде.

Учитывая то, что комбикорм в сравнении с исследуемыми смесями содержал значительно меньшее количество влаги, дополнительно были проанализированы доли белков, жиров и углеводов в общей калорийности комбикорма и смесей (рисунок 1).

Таблица 1. Состав смесей, используемых в эксперименте
Table 1. Composition of mixtures used in the experiment

Названия используемых смесей и их состав					
Продукт		Обогащенный продукт		Углеводная диета	
ингредиент	г/100 г	ингредиент	г/100 г	ингредиент	г/100 г
Пшено отварное	10	Пшено отварное	9	Батон	30
Горох отварной	67	Горох отварной	66	Печенье постное	10
Семена подсолнечника	9	Семена подсолнечника	8	Варенье из клубники	10
Орех грецкий	8	Орех грецкий	7	Хлеб постный	10
Крахмал	5	Протеин соевый	10	Сахар	7
				Макароны отварные	20
				Масло растительное	3
				Картофель отварной	10

Таблица 2. Пищевая и энергетическая ценность стандартного комбикорма и исследуемых смесей
Table 2. Nutritional and energy value of standard rat chow and the studied mixtures

Пищевая и энергетическая ценность на 100 г	Комбикорм	Продукт	Обогащенный продукт	Углеводная диета
Белки, г	20,81	10,7	17,7	5,2
Жиры, г	5,05	10,6	9,3	6,6
Углеводы, г	46,74	22,00	17,40	49,90
Калорийность, ккал	330	226,3	224,9	279,3

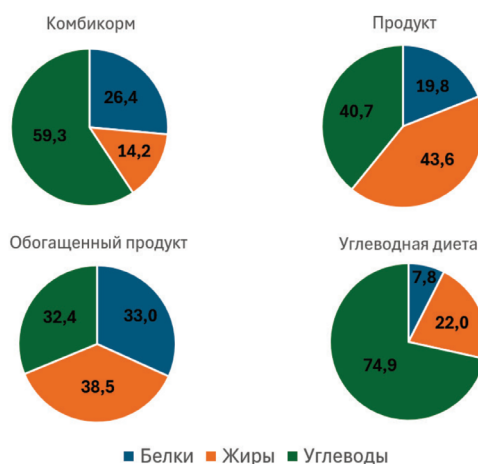


Рис. 1 Доли макронутриентов в общей калорийности для стандартного комбикорма и исследуемых смесей

Fig. 1 The proportion of macronutrients in the total caloric content for standard rat chow and the studied mixtures

Эксперимент продолжали 4 недели (28 суток). Ежедневно измеряли длину и массу тела крыс, рассчитывали индексы массы тела. На 24-е сутки во всех группах проводили тесты на координацию и физическую выносливость. На 29-е сутки животных выводили из эксперимента путем декапитации, собирали кровь для определения биохимических показателей и органы для измерения их удельной массы.

Результаты обрабатывали с помощью программы Statistica 14. Данные представляли в виде среднеарифметической величины и ее ошибки ($M \pm m$) или в виде медианы и квартилей ($Me (Q_{25\%}; Q_{75\%})$). В процессе анализа вывод о статистической значимости делали при $p < 0,05$.

Результаты исследований и их обсуждение. Во всех опытных группах в течение всех 28 суток эксперимента крысы опытных групп съедали весь объем выданных тестируемых продуктов (смесей). Далее в течение суток они потребляли комбикорм без ограничений. Таким

образом не менее 50% калорий они получали за счет исследуемых продуктов. Установлено, что в группах, потреблявших Продукт и Обогащенный продукт, крысы ежесуточно в среднем съедали на 50% меньше комбикорма, чем в контрольной группе (рисунок 2А). Вместе с тем, крысы на высокоуглеводной растительной диете съедали комбикорма лишь на 35% меньше, чем в контроле. Это можно объяснить низкой пищевой ценностью углеводной диеты прежде всего по содержанию белка (таблица 2).

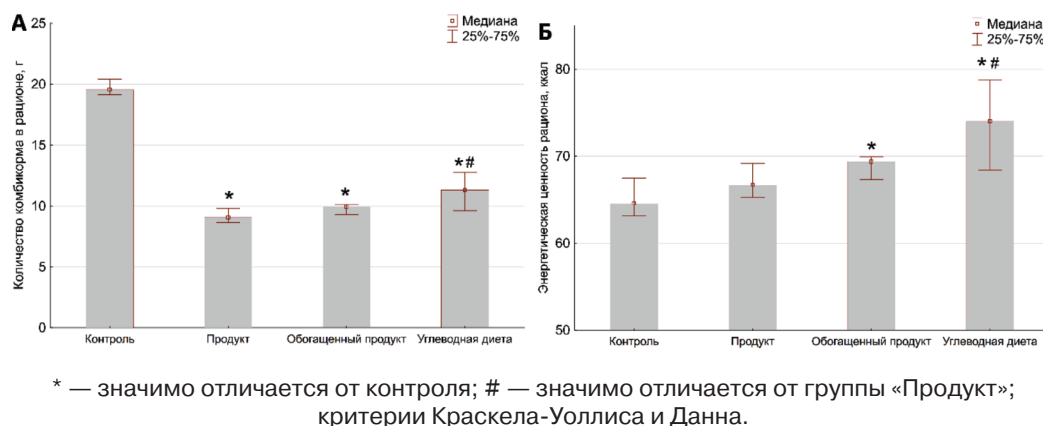


Рис. 2. Суточное количество съедаемого комбикорма (А) и энергетическая ценность суточного рациона (Б) в экспериментальных группах

Fig. 2. Daily amount of consumed rat chow (A) and energy value of the daily ration (B) in the experimental groups

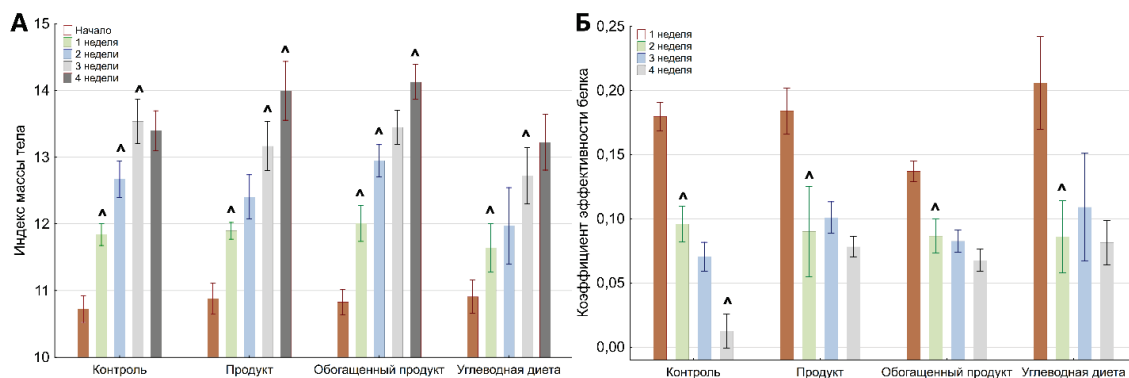
В случае высокоуглеводной диеты животные переждали — общая калорийность их рациона была на 17% выше контрольной группы (рисунок 2Б). В случае потребления Обогащенного продукта также отмечено некоторое увеличение калорийности, однако не столь большое — на 8% к контролю. Это объясняется пищевой ценностью исследуемого обогащенного продукта — более высокое содержание в нем жиров (рисунок 1). Вместе с тем, в этом случае в рационе было наибольшее содержание белка: на 20% больше, чем в контрольной группе, на 40% больше, чем в случае с потреблением необогащенного продукта и в 1,7 раза больше, чем в случае высокоуглеводной диеты.

В условиях высокоуглеводной растительной диеты рацион наиболее существенно отличался от остальных групп. Здесь было наименьшее потребление белков — на 25% меньше контрольной группы и на 40% меньше группы «Обогащенный продукт». Кроме того, в этой группе также было более высоким содержание жиров — на 40% больше контрольной группы.

При анализе динамики биометрических показателей было установлено, что во всех группах отмечался достоверный еженедельный прирост массы в течение первых 3 недель эксперимента. Вместе с тем, после 4-й недели в контрольной группе не было отмечено прироста относительно предыдущей недели, тогда как во всех трех опытных группах он отмечался. Вероятно, это объясняется дополнительной питательной ценностью исследуемых продуктов. При этом анализ основного показателя роста организма у грызунов — длины тела — показал, что в случае потребления обогащенного продукта рост продолжался в течение 3 недель эксперимента, тогда как в остальных группах животные росли только в течение первой недели эксперимента.

Динамика индекса массы тела и коэффициента эффективности белка у крыс представлена на рисунке 3. Индекс массы тела у контрольных животных нарастал только в течение первых трех недель эксперимента (рисунок 3А). Таким образом, к четвертой неделе эксперимента контрольные животные, содержащиеся на стандартной вегетарианской диете, по показателям массы, длины и ИМТ замедляли свой рост, что объясняется достижением ими взрослого возраста. У животных на высокоуглеводной диете картина была в целом такая же, однако индекс массы тела прирастал по неделям неравномерно, что, вероятно, вызвано особенностями их неполноценного рациона. Вместе с тем, в группах крыс, питавшихся исследуемым продуктом или его обогащенном варианте, отмечено увеличение ИМТ до конца эксперимента. В случае обогащенного продукта в совокупности с динамикой показателя длины тела это увеличение может быть опосредовано более продолжительным ростом тела благодаря высокому содержанию белка в рационе. В случае необогащенного продукта ана-

логичного вывода сделать нельзя, так как длина тела крыс в этой группе по динамике не отличалась от контрольных животных.



^ — значимый прирост к предыдущей неделе; дисперсионный анализ и критерий Фишера.

Рис. 3. Динамика индекса массы тела (А) и коэффициента эффективности белка (Б) у крыс различных экспериментальных групп

Fig. 3. Dynamics of body mass index (A) and protein efficiency coefficient (B) in rats of various experimental groups

Анализ динамики КЭБ показал, что у контрольных крыс этот показатель снижался в течение четырех недель эксперимента (рисунок 3Б). Это также подтверждает вывод о том, что в данном возрасте у крыс рост замедляется: все меньшее количество белка используется организмом для роста. Вместе с тем, во всех экспериментальных группах этот показатель снижался только после первой недели эксперимента, оставаясь далее на одном уровне до его окончания. Эти данные можно объяснить дополнительной питательной ценностью исследуемых продуктов, в частности увеличением в рационе разнообразия источников белка.

Результаты анализа позволяют заключить, что высокоуглеводная растительная диета приводит к переяданию и повышению общей калорийности рациона. Несмотря на возможность потреблять более полноценный продукт (стандартный комбикорм), крысы предпочитают высокоуглеводную смесь, что приводит к увеличению в рационе доли углеводов и жиров и уменьшению в нем доли белков. Это приводит к небольшому замедлению роста, что подтверждается некоторым отставанием в индексе массы тела. Потребление в аналогичных условиях исследуемого продукта и его обогащенного растительным белком варианта не приводит к переяданию и существенному увеличению калорийности рациона. Более того, в этом случае, несмотря на существенное содержание жиров в вегетарианском рационе, происходит сохранение процессов роста в течение всего периода эксперимента, что выражается в сохранении динамики массы тела, индекса массы тела и коэффициента эффективности белка.

Оценка мышечной выносливости и координации в условиях содержания на различных рационах. Показатели мышечной координации и физической выносливости у крыс представлены на рисунке 4. Сравнительный анализ результатов стандартного теста на мышечную координацию не обнаружил значимых отличий между животными различных групп (рисунок 4А). Значения в контрольной группе отличались небольшой вариабельностью и составляли 11,9 (4,7; 21,4) с. В группе крыс на высокоуглеводной диете значения были практически такими же — 8,2 (4,3; 18,3) с.

В группе крыс, потреблявших растительный продукт медианные значения были несколько ниже — 5,8 (3,9; 8,9) с. В случае потребления обогащенного белком продукта показатель был, напротив, несколько более высоким — 13,4 (5,8; 25,3) с. Тем не менее, видимые отличия между группами были статистически незначимыми.

Анализ результатов теста на физическую выносливость также не выявил отличий между экспериментальными группами (рисунок 4Б). Контрольные животные плавали в среднем более двух минут — 135 (85; 181) с. В группе крыс, потреблявших фарш без добавления растительного белка показатель в целом, был таким же — 133 (111; 148) с. Отмечена некоторая тенденция к увеличению медианного времени плавания для группы на высокоуглеводной диете — 233 (200; 485) с — и для группы, потреблявшей фарш, обогащенный растительным белком — 178 (112; 900) с. Тем не менее, отличия между группами были также статистически незначимыми.

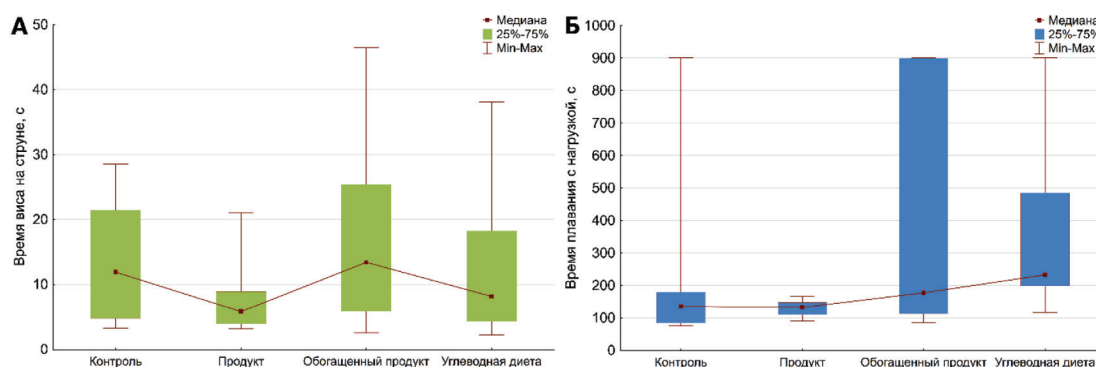


Рис. 4. Показатели мышечной координации (А) и физической выносливости (Б) у крыс различных экспериментальных групп

Fig. 4. The indicators of muscle coordination (А) and physical endurance (Б) in rats of various experimental groups

Таким образом, несмотря на некоторую тенденцию к увеличению мышечной выносливости и координации в случае вегетарианской диеты с включением обогащенного белком продукта или высокоуглеводной диеты, исследованные продукты и рационы на их основе существенно не сказались на этих показателях.

Сравнение индексов висцеральной жировой ткани и внутренних органов при содержании на различных рационах. Приведенные выше результаты, указывающие на повышенную калорийность рациона крыс в условиях высокоуглеводной диеты, а также результаты анализа фактических рационов по содержанию жиров требуют уточнения в части особенностей компонентного состава тела [7]. Так, избыточное количество пищи может приводить к накоплению жировой ткани и в отдаленной перспективе — к алиментарному ожирению и его негативным последствиям, неоднократно описанным в литературе [8-9]. Вместе с тем, даже в условиях нормальной калорийности рациона высокое содержание жира в пище может негативно сказаться на обмене веществ, накоплении жировой ткани, состоянии печени и других внутренних органов [10-11]. Для оценки влияния исследуемых продуктов была проанализирована доля (индекс) внутренних органов и висцеральной жировой ткани у крыс всех четырех экспериментальных групп. Данные представлены в таблице 3.

Таблица 3. Индексы массы внутренних органов и висцерального жира в различных группах (доля от массы тела в %)

Table 3. Mass indices of organs and visceral fat in different groups (percentage of body weight)

Наименование органов	Контроль	Продукт	Обогащенный продукт	Углеводная диета
Жир	1,43 (1,06; 1,6)	1,86 (1,75; 2,04)*	1,69 (1,63; 1,73)	1,27 (1,21; 1,89)
Сердце	0,36 (0,35; 0,38)	0,37 (0,35; 0,39)	0,36 (0,34; 0,37)	0,38 (0,36; 0,39)
Легкие	0,52 (0,48; 0,56)	0,57 (0,53; 0,61)	0,54 (0,5; 0,58)	0,59 (0,54; 0,62)
Почки	0,67 (0,66; 0,71)	0,61 (0,58; 0,63)*	0,63 (0,61; 0,64)*	0,64 (0,62; 0,65)*
Печень	2,8 (2,68; 3,07)	3,05 (2,95; 3,16)#	2,96 (2,74; 3,03)	2,75 (2,62; 2,83)
Селезенка	0,24 (0,21; 0,26)	0,23 (0,22; 0,25)	0,22 (0,2; 0,24)	0,21 (0,19; 0,23)

* — достоверно к группе контроля;

— достоверно к группе «Углеводная диета»;
критерии Краскела-Уоллиса и Данна.

Анализ данных показал, что индекс жировой ткани относительно контроля был повышен у крыс, потреблявших исследуемый продукт — фарш для приготовления котлет из пшена и гороха с семенами подсолнечника и грецким орехом. Количество внутренностного жира в этой группе было на 30% больше контрольных значений. Такой результат можно объяснить высокой жирностью как самого продукта (рисунок 1), так и рациона на его основе. При этом важно отметить, что накопление жировой ткани не было связано с избыточной калорийностью рациона, так как в этой группе суммарная калорийность рациона не превышала контрольную, а количество потребленного комбикорма составляло приблизительно половину от

контрольных значений. Другими словами, накопление жировой ткани, вероятно, было обусловлено высоким содержанием жиров в рационе, а не систематическим перекармливанием (рисунк 2). Важно отметить, что в группе, получавшей обогащенный растительным белком продукт, увеличение количества жировой ткани не обнаружено, несмотря на несколько более высокую калорийность рациона животных этой группы и высокое содержание жира в рационе. Вероятно, отсутствие выраженного накопления жировой ткани в данном случае обусловлено более высоким содержанием белка в рационе крыс этой группы. В условиях высокоуглеводной вегетарианской диеты также не было обнаружено увеличения количества жировой ткани. Другими словами, перекармливание в данном случае существенно не сказывалось на отложении жира в брюшной полости.

При анализе индексов массы внутренних органов было установлено, что во всех экспериментальных группах масса почек была несколько меньше, чем в контроле — на 4–8%. Обнаруженный эффект скорее всего связан с изменением функциональной активности органа в условиях адаптации к рациону, содержащему новые для организма продукты питания.

В случае группы, потреблявшей исследуемый продукт, необогащенный белком, обнаружена также тенденция к увеличению массы печени. Масса печени была на 11% больше аналогичного показателя в группе с высокоуглеводной диетой. Увеличение массы печени также может быть негативным следствием высокого содержания в рационе жиров, что в долгосрочной перспективе может приводить к неалкогольной жировой болезни печени [12–13].

Таким образом, рацион с высоким содержанием исследуемого продукта — фарша для котлет из пшена и гороха с семенами подсолнечника и грецким орехом — приводит к накоплению висцеральной жировой ткани и росту массы печени, что можно объяснить высоким содержанием жира в рационе. В случае обогащенного продукта такая картина не наблюдается, по-видимому, из-за высокого содержания в рационе белков.

Анализ биохимических показателей крови после содержания на различных рационах. На заключительном этапе исследования были проанализированы биохимические показатели в крови крыс различных экспериментальных групп, представленные в таблице 4.

Таблица 4. Биохимические показатели в сыворотке крови животных различных экспериментальных групп
Table 4. Biochemical parameters in blood serum of animals of various experimental groups

Наименование показателей	Контроль	Продукт	Обогащенный продукт	Углеводная диета
Общий белок, г/л	67,1±2,6	67,7±3,6	67,3±3,4	69,7±3,1
Триглицериды, мМ	0,49±0,1	0,59±0,3	0,43±0,1	0,68±0,3&
Общий холестерин, мМ	1,79±0,5	1,87±0,2	1,86±0,3	2,01±0,4
ХС ЛПВП, мМ	0,8±0,2	0,72±0,1	0,8±0,1	0,86±0,2
ХС ЛПНП, мМ	0,19±0,03	0,23±0,05	0,22±0,04	0,29±0,09*#&
ИА	1,25±0,2	1,66±0,5*&	1,32±0,2	1,34±0,3#
Глюкоза, мМ	5,1±0,6	5,8±0,8	5,4±0,5	4,6±0,5#&
АСТ, Ед/л	243,4±38,7	232,5±33,1	262,2±31,3	230,6±28,3
АЛТ, Ед/л	81,4±12,9	97,7±17,8*	93,4±10	70,1±15,2#&
Фосфор, ммоль/л	1,93±0,1	2,08±0,2	2,05±0,2	2,23±0,2*&
Магний, ммоль/л	1,07±0,07	1,09±0,06	1,06±0,04	1,03±0,04
Кальций, ммоль/л	2,15±0,09	2,34±0,09*	2,17±0,1	2,38±0,07*&

* — достоверно к группе контроля;
— достоверно к группе «Продукт»;
& — достоверно к группе «Обогащенный продукт»;
критерии Краскела-Уоллиса и Данна.

Уровень общего белка, общего холестерина, ХС ЛПВП, а также активность АСТ во всех группах значимо не отличались.

В группе с высокоуглеводной диетой уровень ХС ЛПНП был значимо выше по сравнению со всеми остальными группами — в среднем на 35–40%. Кроме того, в этой группе уровень глюкозы в крови был несколько ниже, чем у крыс, потреблявших исследуемые продукты — в среднем на 15–18%. Повышение уровня ХС ЛПНП и снижение уровня глюкозы может свидетельствовать о негативных тенденциях в обмене жиров и углеводов соответственно. Кроме того, в этой группе уровень триглицеридов — еще одного показателя жирового обмена — был значимо выше, чем у крыс, потреблявших обогащенный растительным белком

продукт. В то же время, в случае необогащенного продукта отмечен достоверно более высокий индекс атерогенности по сравнению со всеми остальными группами — в среднем на 24–33%. Кроме того, в этой группе зафиксирована более высокая активность в крови АЛТ — показателя функционального состояния печени. В данном случае он был на 20% выше, чем в контрольной группе и на 39% выше, чем в группе с высокоуглеводным рационом. Эти данные согласуются с описанными выше результатами анализа индекса массы печени в этой группе.

При анализе показателей минерального статуса установлено, что на высокоуглеводной диете у крыс был несколько выше уровень фосфора и кальция по сравнению с контролем — на 15% и 11% соответственно. В случае диеты на основе исследуемого продукта был немного повышен только уровень кальция — на 9% по сравнению с контролем. Эти относительно небольшие отличия, по-видимому, вызваны измененным рационом, а именно появлением в его составе дополнительных источников кальция и фосфора. С другой стороны, повышение уровня кальция на фоне роста уровня ХС ЛПНП в случае высокоуглеводной диеты и на фоне высокого ИА в случае рациона на основе исследуемого продукта в долгосрочной перспективе может иметь негативные последствия, так как рост этих показателей связан с атеросклеротическим повреждением сосудов, которое может ускоряться в условиях высокой концентрации кальция в крови.

Таким образом, высокоуглеводная диета приводит к негативным изменениям в липидном профиле крови — росту уровня ХС ЛПНП и триглицеридов. На фоне роста концентрации в крови кальция это может в дальнейшем негативно сказаться на состоянии сосудов. Атерогенные изменения сосудов могут быть также следствием длительного потребления исследуемого продукта ввиду высокого содержания в нем жиров. Кроме того, потребление продукта может негативно сказываться на состоянии печени, что согласуется с описанным выше увеличенным индексом ее массы в этой группе. В случае потребления продукта, обогащенного растительным белком, таких изменений отмечено не было, что указывает на то, что рацион на его основе является более сбалансированным.

Заключение. Результаты проведенного исследования позволяют заключить, что высокоуглеводная растительная диета приводит к перееданию и повышению общей калорийности рациона. Несмотря на возможность потреблять более полноценный рацион (стандартный комбикорм), крысы предпочитают высокоуглеводную смесь, что приводит к увеличению в рационе доли углеводов и жиров и уменьшению в нем доли белков. Это в свою очередь приводит к небольшому замедлению роста. Кроме того, высокоуглеводная диета приводит к негативным изменениям в липидном профиле крови — росту уровня ХС ЛПНП и триглицеридов. На фоне роста концентрации кальция в крови это может в дальнейшем негативно сказаться на состоянии сосудов.

Потребление в аналогичных условиях исследуемого продукта и его обогащенного растительным белком варианта не приводит к перееданию и существенному увеличению калорийности рациона. Более того, несмотря на существенное содержание жиров в вегетарианском рационе происходит сохранение процессов роста в течение всего периода эксперимента, что выражается в сохранении динамики массы тела, индекса массы тела и коэффициента эффективности белка. Также в случае потребления необогащенного продукта происходит выраженное накопление висцеральной жировой ткани и увеличение печени. Эти результаты согласуются с результатами биохимического анализа крови — в этой группе отмечается повышенный индекс атерогенности и активность в крови фермента печени аланинаминотрансферазы. Негативные эффекты длительной диеты на основе исследуемого продукта, по-видимому, объясняются высоким содержанием в нем жиров.

В то же время, рацион на основе вегетарианского (постного) продукта, обогащенного растительным белком, не приводит к развитию негативных тенденций, описанных для необогащенного продукта и, в особенности, для высокоуглеводной диеты. Это указывает на то, что рацион на основе такого продукта является более сбалансированным по основным нутриентам и калорийности.

Обнаруженные эффекты трех вегетарианских рационов — в целом негативные в случае высокоуглеводной диеты, смешанные в случае диеты на основе исследуемого продукта и в целом позитивные в случае диеты на основе обогащенного растительным белком продукта — не сказываются на физической выносливости и мышечной координации, что, вероятно, связано с коротким сроком применения рационов. Вместе с тем, более длительные сроки могут привести к более существенным изменениям в функциональном состоянии организма, которые скажутся на его работоспособности и резистентности к патологическим процессам.

Полученные результаты еще раз указывают на необходимость сбалансированного подхода к формированию рациона по соотношению белков, жиров и углеводов, что особенно актуально в условиях соблюдения поста или при растительном питании. Наиболее важным в рационе является соотношение белков и жиров, так как обогащенный белком новый вегетарианский (постный) продукт показал в совокупности наиболее хорошие результаты в ходе эксперимента.

Список использованных источников

1. Республика Беларусь — многоконфессиональное государство, в котором отсутствуют религиозные конфликты. — URL: <https://president.gov.by/ru/belarus/society/religia> (дата обращения: 30.01.2025).
2. Nutritional Status and the Influence of the Vegan Diet on the Gut Microbiota and Human Health / H. Sakkas [и др.] // *Medicina* (Kaunas). — 2020. — Т. 56, — №2. — С. 88.
3. Николаева М. А. Особенности здорового питания во время поста / М. А. Николаева // *Сибирский торгово-экономический журнал* № 1 (19), 2014. — С.107-110.
4. Новикова, М. В. Особенности составления меню в пост / М. В. Новикова, В. В. Галицкий // *Сервис в России и за рубежом*. — 2013. — № 5 (43). — С. 89-95.
5. Дудник, Т. Л. Питание в дни православного поста / Т. Л. Дудник // *Современные проблемы сервиса и туризма*. — 2009. — № 4. — С. 46-55.
6. Ефимова, С. В. Проблемы питания верующих в условиях глобального общества / С. В. Ефимова // *Вести МАНЭБ в Омской области*. — 2015. — № 2 (7). — С. 36-38.
7. Ngakou Mukam, J. Early-induced diabetic obese rat MACAPOS 2 / J. Ngakou Mukam C. Mvongo, S. Nkoubat [и др.] // *BMC Endocr Disord*. — 2023. — Т. 23, № 1. — С. 64.
8. Valenzuela, P. L. Obesity and the risk of cardiometabolic diseases / P. L. Valenzuela [и др.] // *Nat Rev Cardiol*. — 2023. — Т. 20, — № 7. — С. 475-494.
9. Puljiz, Z. Obesity, Gut Microbiota, and Metabolome: From Pathophysiology to Nutritional Interventions / Z. Puljiz [и др.] // *Nutrients*. — 2023. — Т. 15, — № 10. — С. 2236.
10. Jura, M. Obesity and related consequences to ageing / M. Jura, L. P. Kozak // *Age (Dordr)*. — 2016. — Т. 38, — № 1. — С. 23.
11. Rabijewski, M. Male-specific consequences of obesity — functional hypogonadism and fertility disorders / M. Rabijewski // *Endokrynol Pol*. — 2023. — Т. 74, — № 5. — С. 480-489.
12. Lian, C.-Y. High fat diet-triggered non-alcoholic fatty liver disease: A review of proposed mechanisms / C.-Y. Lian [и др.] // *Chem Biol Interact*. — 2020. — Т. 330. — С. 109-199.
13. Pouwels, S. Non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD): a review of pathophysiology, clinical management and effects of weight loss / S. Pouwels [и др.] // *BMC Endocr Disord*. — 2022. — Т. 22, — № 1. — С. 63.

Информация об авторах

Почицкая Ирина Михайловна, доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник — заведующий научно-исследовательским сектором Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: pochitskaja@yandex.ru

Мелик-Касумов Тигран Бегларович, кандидат биологических наук, доцент, заведующий лабораторией физиологии питания и спорта Институт физиологии НАН Беларуси (ул. Академическая, 28, 220072, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: tigranbmk@gmail.com

Чекун Ольга Владимировна, младший научный сотрудник лаборатории токсикологических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: olkalagodich@gmail.com

Information about the authors

Pochitskaya Irina Mikhailovna, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Chief Researcher — Head of Research Sector of the Republican Control and Testing Complex for Food Quality and Safety of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food”. (29, Kozlova St., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: pochitskaja@yandex.ru

Melik-Kasumov Tigran Beglyarovich, candidate of biological sciences, associate professor, head of the laboratory of physiology of nutrition and sport, Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Belarus (28, Akademichnaya St., 220072, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: tigranbmk@gmail.com

Chekun Olga Vladimirovna, junior research assistant of the toxicological research laboratory Republican Control and Testing Complex for Quality and Safety of Food Products RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food” (29, Kozlova St., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: olkalagodich@gmail.com