

ТЕХНОЛОГИЯ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ

УДК 641.1:637.5.03 (047.31)(476)

Поступила в редакцию 26 июня 2019 года

А.В. Мелещенко, к.э.н., доцент, И.В. Калтович, к.т.н., доцент, Г.П. Пинчук
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь

ПОДБОР ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВИДОВ МЯСНОГО И КОЛЛАГЕНСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СМЕСЕЙ И ЭМУЛЬСИЙ ДЛЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

A. Meliaschenya, I. Kaltovich, G. Pinchuk
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus

SELECTION OF PERSPECTIVE TYPES OF MEAT AND RAW MATERIALS CONTAINING COLLAGEN FOR CREATION OF MIXES AND EMULSIONS FOR ADDITIVE TECHNOLOGIES

e-mail: aleksmel@tut.by, irina.kaltovich@inbox.ru, gripin_2503@mail.ru

В статье представлены результаты исследований по подбору перспективных видов мясного и коллагенсодержащего сырья для создания смесей и эмульсий для аддитивных технологий. Установлено, что говядина, мясо цыплят-бройлеров, свинина, свиная шкура и соединительная ткань являются значимыми источниками белка (14,3–38,7%), незаменимых аминокислот (аминокислотные scores до 158,2%), полиненасыщенных жирных кислот (5,68–18,96%), в том числе линолевой и линоленовой кислоты (3,93–16,33% и 0,87–1,42% соответственно), минеральных веществ, позволяющих обеспечить удовлетворение суточной потребности в калии до 14,2%, кальции – до 8,1%, фосфоре – до 25,8%, магнии – до 7,0%, железе – до 29,2%, цинке – до 27,0%, селене – до 25,4%, марганце – до 5,0%, меди – до 18,2%, а также отличаются высокой влагосвязывающей, эмульгирующей способностью, стабильностью эмульсий (мясное сырье в охлажденном виде – 93,5–100,0%, гидролизованное коллагенсодержащее сырье – 92,6–100,0%) и оптимальными структурно-механическими показателями (мясное сырье – 1138,6–1205,3 Па, гидролизованное коллагенсодержащее сырье – 1043,3–1245,9 Па), что обосновывает целесообразность использования данных видов сырья для разработки смесей и эмульсий для аддитивных технологий.

Ключевые слова: говядина; свинина; мясо цыплят-бройлеров; свиная шкура; соединительная ткань; белок; жир; незаменимые аминокислоты; полиненасыщенные жирные кислоты; минеральные вещества; эмульгирующая способность; влагосвязывающая способность; стабильность эмульсий; предельное напряжение сдвига; розничная цена 1 кг усвояемого белка, жира и 1000 ккал.

Results of researches on selection of perspective types of meat and raw materials containing collagen for creation of mixes and emulsions for additive technologies are presented in article. It is established that beef, meat of broilers, pork, a pork skin and a connective tissue are significant sources of protein (14.3–38.7%), essential amino acids (amino-acid scores up to 158.2%), polyunsaturated fatty acids (5.68–18.96%), including linoleic and linolenic acid (3.93–16.33% and 0.87–1.42% respectively), the mineral substances allowing to provide satisfaction of daily need for potassium to 14.2%, calcium – up to 8.1%, phosphorus – up to 25.8%, magnesium – up to 7.0%, to gland – up to 29.2%, zinc – up to 27.0%, selenium – up to 25.4%, manganese – up to 5.0%, copper – up to 18.2% and also differ in the ability which high is moisture connecting, emulsifying, stability of emulsions (chilled meat raw materials – 93.5–100.0%, the hydrolyzed raw materials containing collagen – 92.6–100.0%) and optimum structural and mechanical indicators (meat raw materials – 1138.6–1205.3 Pas, the hydrolyzed raw materials containing collagen – 1043.3–1245.9 Pas) that proves expediency of use of these types of raw materials for development of mixes and emulsions for additive technologies.

Key words: beef; pork; meat of broilers; pork skin; connective tissue; protein; fat; essential amino acids; polyunsaturated fatty acids; mineral substances; emulsifying ability; moisture binding ability; stability of emulsions; extreme tension of shift; retail price of 1 kg of an assimilable protein, fat and 1000 kcal.

Введение. В настоящее время достижения научно-технического прогресса получили широкое развитие в различных отраслях производства. Использование достижений фундаментальных исследований привело к разработке новых машин и аппаратов, технологий, методов и способов создания продукции, повсеместному использованию революционных идей в обычной жизни [1–4].

Одним из современных прикладных направлений в развитии общества является 3D-печать (3D-printing, 3DP), которая представляет собой процесс производства посредством сбора слоев исходного материала для создания трехмерного физического объекта из его цифровой модели. 3D-печать заключается в послойном формировании изделий с помощью специальных устройств – 3D-принтеров. Достоинством данных технологий является возможность быстрого и относительно недорогого изготовления сложнейших конструкций по индивидуальным проектам. Это достоинство имеет важное значение и для пищевой промышленности [5–9].

Технологии 3D-печати существуют более 20 лет и в настоящее время широко используются в США и Западной Европе. На сегодняшний день использование аддитивных технологий для пищевой промышленности в Республике Беларусь также представляет значительный интерес. Проводится работа по разработке пищевых 3D-принтеров. Отечественные 3D-принтеры для производства изделий из шоколада, рисунка на печенках разработаны в Белорусском национальном техническом университете. Однако отсутствуют материалы и наполнители для 3D-печати и до настоящего времени в Республике Беларусь не изучены технологические свойства сырья животного происхождения и структурообразующих компонентов для создания смесей и эмульсий для аддитивных технологий [10–11].

В связи с вышесказанным достаточно актуальным вопросом является разработка методологических принципов создания смесей и эмульсий с использованием сырья животного происхождения для аддитивных технологий.

Цель исследований – изучение пищевой и биологической ценности (содержание белка, жира, аминокислотный, жирнокислотный и минеральный состав и сбалансированность), функционально-технологических (рН, влагосвязывающая (ВСС) и эмульгирующая способности (ЭС), стабильность эмульсии (СЭ)) и структурно-механических показателей (предельное напряжение сдвига (ПНС)) различных видов мясного и коллагенсодержащего сырья применительно к производству смесей и эмульсий для аддитивных технологий, а также расчет розничной цены 1 кг усвояемого белка, жира и 1000 ккал данного сырья.

Материалы и методы исследований. Материалы исследований – мясное сырье: говядина (тазобедренная часть), свинина (тазобедренная часть), мясо цыплят-бройлеров (филе) в охлажденном и размороженном виде, коллагенсодержащее сырье (свиная шкурка, соединительная ткань), гидролизованное и негидролизованное.

Методы исследований – стандартные методы исследований показателей качества пищевых продуктов.

Результаты и их обсуждение. С целью оценки перспектив использования мясного и коллагенсодержащего сырья в составе смесей и эмульсий для аддитивных технологий произведен анализ содержания белка и жира в данном сырье (рисунок 1).

Установлено, что коллагенсодержащее сырье – соединительная ткань и свиная шкурка – характеризуются высоким содержанием белка (22,6–38,7%), в то время как в говядине и мясе цыплят-бройлеров содержится 18,7% белка, а в свинине – 14,3%.

Определено, что свиная шкурка и свинина отличаются высоким содержанием жира – 33,3–41,5%, что обуславливает их высокую калорийность. Значение данного показателя для мяса цыплят-бройлеров и говядины составляет 16,1% и 16,0% соответственно, а наиболее низким содержанием жира по сравнению с исследуемыми видами сырья характеризуется соединительная ткань – 5,1%.

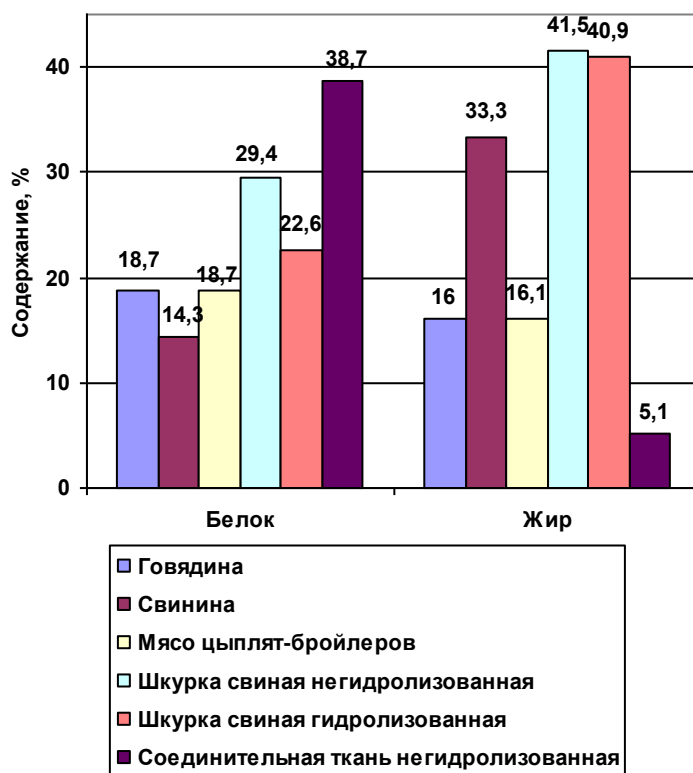


Рисунок 1 – Содержание белка и жира в мясном и коллагенсодержащем сырье

Источник данных: собственная разработка.

Поскольку изучение общего химического состава позволяет получить лишь приближенное представление о биологической ценности продукта, для более полной характеристики степени полезности различных видов мясного и коллагенсодержащего сырья проведен их сравнительный анализ по аминокислотному, жирнокислотному и минеральному составу и сбалансированности.

Аминокислотный состав и сбалансированность мясного и коллагенсодержащего сырья. Современная наука о питании утверждает, что белок должен удовлетворять потребности организма в аминокислотах не только по количеству. Эти вещества должны поступать в определенных соотношениях между собой, так как аминокислотный дисбаланс может проявляться в нарушении процессов метаболизма. Показателем, характеризующим биологическую ценность белка, является аминокислотный скор [39–46]. Результаты расчета аминокислотных скоров незаменимых аминокислот различных видов мясного и коллагенсодержащего сырья представлены в таблице 1.

Определено, что в говядине и свинине отсутствуют лимитирующие биологическую ценность незаменимые аминокислоты, в то время как мясо цыплят-бройлеров лимитировано по валину (аминокислотный скор 94,0%), а соединительная ткань и свиная шкурка – по метионину и цистеину (аминокислотные скоры 18,0–40,0%).

Установлено, что общее количество незаменимых аминокислот в мясном сырье – свинине, говядине и мясе цыплят-бройлеров – составляет 39,6–41,8 г/100г, в то время как в коллагенсодержащем сырье – свиной шкурке и соединительной ткани содержится 20,6–27,4 г/100 г данных микронутриентов.

Таблица 1 – Аминокислотный скор незаменимых аминокислот мясного и коллагенсодержащего сырья

Незаменимые аминокислоты	«Идеальный» белок FAO/ВОЗ (1973), г/100 г	Содержание аминокислот и аминокислотный скор					
		Говядина, г/100 г	Скор, %	Свинина, г/100 г	Скор, %	Цыплята- бройлеры, г/100 г	Скор, %
Изолейцин	4,0	4,4	110,0	4,8	120,0	3,9	97,5
Лейцин	7,0	7,5	107,1	7,6	108,6	7,2	102,9
Лизин	5,5	8,1	147,3	8,0	145,5	8,7	158,2
Метионин + цистеин	3,5	4,2	120,0	3,7	102,9	3,6	102,9
Фенилала- нин + тирозин	6,0	7,9	131,7	7,4	123,3	7,0	116,7
Треонин	4,0	4,1	102,5	4,7	117,5	4,5	112,5
Валин	5,0	5,3	106,0	5,6	112,0	4,7	94,0
Всего:	35,0	41,5	–	41,8	–	39,6	–
Лимити- рующая аминокис- лота, скор, %	–	Нет		Нет		Валин, 94,0	

Окончание таблицы 1

Незаменимые аминокислоты	«Идеальный» белок FAO/ВОЗ (1973), г/100 г	Содержание аминокислот и аминокислотный скор					
		Шкурка свиная негидролизо- ванная, г/100 г	Скор, %	Шкурка свиная гидролизованная, г/100 г	Скор, %	Соединительная ткань негидролизо- ванная, г/100 г	Скор, %
Изолейцин	4,0	2,4	59,9	2,9	72,5	2,4	60,5
Лейцин	7,0	4,7	67,2	5,6	80,0	4,6	65,4
Лизин	5,5	5,9	108,1	5,9	107,3	2,2	39,1
Метионин + цистеин	3,5	1,1	32,7	1,4	40,0	0,6	18,0
Фенилала- нин + тирозин	6,0	3,4	56,6	4,4	73,3	4,0	66,8
Треонин	4,0	2,9	72,5	2,4	60,0	2,5	62,8
Валин	5,0	5,0	99,6	4,8	96,0	4,3	86,4
Всего:	35,0	25,5	–	27,4	–	20,6	–
Лимити- рующая аминокис- лота, скор, %	–	Метионин + цистеин, 32,7		Метионин + цистеин, 40,0		Метионин + цистеин, 18,0	

Источник данных: собственная разработка.

Для характеристики биологической ценности мясного и коллагенсодержащего сырья использовали дополнительные критерии – индекс незаменимых аминокислот, коэффициент утилитарности аминокислотного состава и показатель сопоставимой избыточности [47–52]. В таблице 2 представлены данные по расчету аминокислотной сбалансированности белков различных видов мясного и коллагенсодержащего сырья.

Как свидетельствуют данные таблицы 2, более сбалансированным аминокислотным составом отличаются говядина, свинина и мясо цыплят-бройлеров, о чем свидетельствуют высокие значения индекса незаменимых аминокислот (1,16–1,19) и коэффициента утилитарности аминокислотного состава (0,82–0,86). Соединительная ткань и свиная шкурка менее сбалансированы по аминокислотному составу по сравнению с мясным сырьем, поскольку индексы незаменимых аминокислот данного сырья составляют 0,5–0,7, а коэффициенты утилитарности аминокислотного состава – 0,31–0,50.

Таблица 2 – Аминокислотная сбалансированность белков мясного и коллагенсодержащего сырья

Показатель	Эта- лон [12]	Говядина	Свинина	Цыплята- бройлеры	Шкурка свиная негидроли- зованная	Шкурка свиная гидролизованная	Соединительная ткань негидроли- зованная
Индекс незаменимых аминокислот	1	1,18	1,19	1,16	0,7	0,7	0,5
Коэффициент утилитарности аминокислотного состава	1	0,86	0,86	0,82	0,45	0,50	0,31
Показатель сопоставимой избыточности	0	5,76	5,89	7,83	0,0043	0,0035	0,0080

Источник данных: собственная разработка.

Определение показателя избыточности содержания незаменимых аминокислот, который для «идеального» белка равен 0, показало, что коллагенсодержащее сырье характеризуется приближенным к эталону значением данного показателя (0,0035–0,0080) в отличие от говядины, свинины и мяса цыплят-бройлеров (5,76–7,83), что свидетельствует о более полном использовании всех незаменимых аминокислот, входящих в состав данного сырья, организмом человека и подтверждает перспективность комбинирования соединительных и мышечных белков в рецептурах мясных продуктов для более полного усвоения незаменимых аминокислот организмом.

Жирнокислотный состав и сбалансированность мясного и коллагенсодержащего сырья. Известно, что биологическая ценность сырья во многом определяется наличием в нем незаменимых компонентов – полиненасыщенных жирных кислот, которые, подобно аминокислотам и витаминам, не могут синтезироваться в организме и должны обязательно поступать с пищей [53–58].

Содержание *линолевой, линоленовой и арахидоновой кислоты* в различных видах мясного и коллагенсодержащего сырья представлено на рисунках 2 и 3.

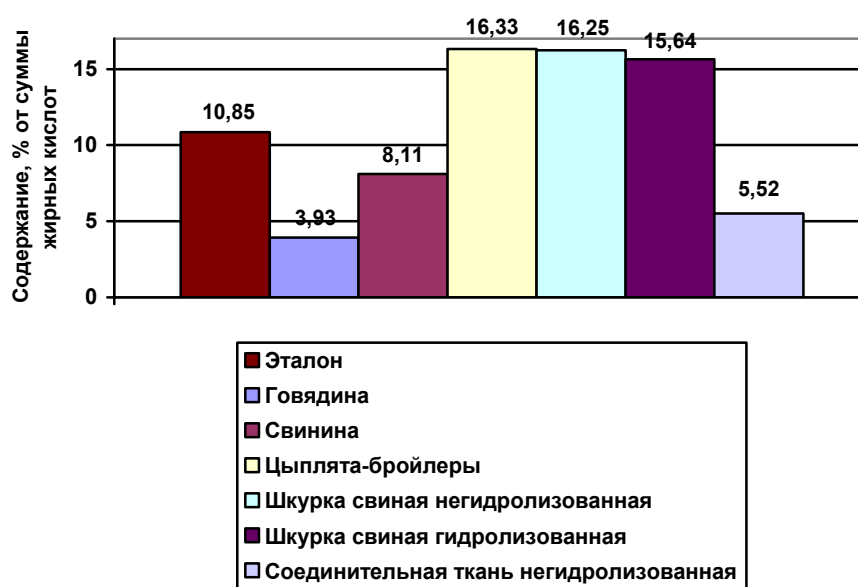


Рисунок 2 – Содержание линолевой кислоты в мясном и коллагенсодержащем сырье

Источник данных: собственная разработка.

Установлено, что более высоким содержанием линолевой кислоты по сравнению с исследуемыми видами сырья характеризуются мясо цыплят-бройлеров и шкурка свиная (15,64–16,33% от суммы жирных кислот), что превышает эталон на 4,79–5,48%. В свинине, соединительной ткани и говядине содержится от 3,93 до 8,11% линолевой кислоты, что уступает эталону на 2,74–6,92%.

Определено, что шкурка свиная по содержанию линоленовой кислоты превосходит другие виды мясного и коллагенсодержащего сырья в 1,2–12,9 раз, эталон – в 2,2–2,3 раза. Самым низким содержанием линоленовой кислоты по сравнению с исследуемыми видами мясного и коллагенсодержащего сырья характеризуется соединительная ткань (0,11%). Выявлено, что по содержанию арахидоновой кислоты свинина превосходит другие виды сырья в 1,3–2,3 раз, а эталон – в 1,2 раз.

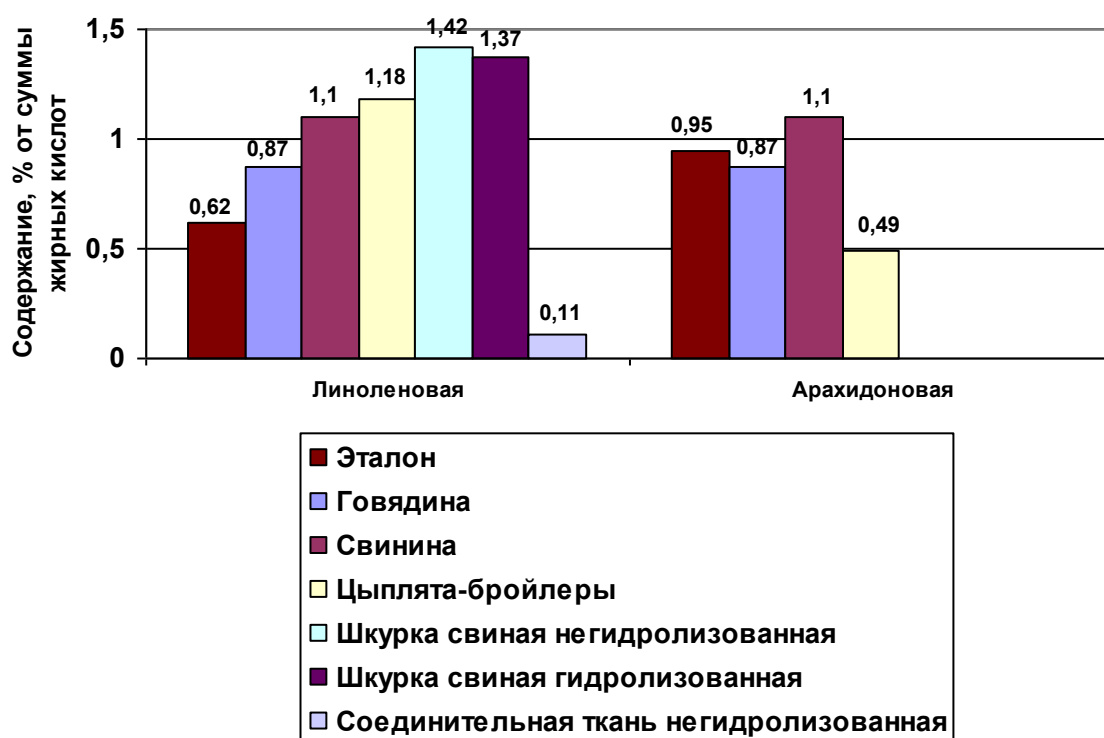


Рисунок 3 – Содержание линоленовой и арахидоновой кислоты в мясном и коллагенсодержащем сырье
Источник данных: собственная разработка.

Сбалансированность мясного и коллагенсодержащего сырья определяется не только количественным и качественным составом аминокислот, но также составом и свойствами липидов. Жирнокислотную сбалансированность сырья оценивали по соотношению $\omega 6/\omega 3$ жирных кислот, а также по соотношению сумм полиненасыщенных, мононенасыщенных и насыщенных жирных кислот (таблица 3).

Установлено, что мясо цыплят-бройлеров и свиная шкурка характеризуются высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот (18,37–18,96%) и превышают эталон на 5,95–6,54%. В свинине содержится 10,06% ПНЖК, а в говядине и соединительной ткани – 5,68 и 5,74% соответственно, что на 2,36–6,74% ниже по сравнению с эталоном.

Определено, что наиболее приближено к эталону по соотношению $\omega 6/\omega 3$ мясо цыплят-бройлеров (13,8), ПНЖК:МНЖК:НЖК – шкурка свиная (негидролизованная – 1:2,60:1,68, гидролизованная – 1:2,61:1,83), (ПНЖК+МНЖК):НЖК – соединительная ткань и говядина (1,4 и 1,1 соответственно).

Таблица 3 – Жирнокислотная сбалансированность мясного и коллагенсодержащего сырья

Массовая доля жирных кислот, % от суммы жирных кислот	Эталон [12]	Говядина	Свинина	Цыплята-бройлеры
Насыщенные жирные кислоты	41,78	48,47	38,68	32,53
Мононенасыщенные жирные кислоты	43,03	45,85	51,26	50,91
Полиненасыщенные жирные кислоты, в т.ч.	12,42	5,68	10,06	18,39
линолевая	10,85	3,93	8,11	16,33
линоленовая	0,62	0,87	1,10	1,18
арахидоновая	0,95	0,87	1,10	0,49
Соотношение $\omega 6/\omega 3$	17,5	4,5	7,4	13,8
ПНЖК : МНЖК : НЖК	1:3,47:3,36	1:8,07:8,53	1:5,10:3,85	1:2,77:1,77
(ПНЖК+МНЖК) : НЖК	1,3	1,1	1,6	2,1

Окончание таблицы 3

Массовая доля жирных кислот, % от суммы жирных кислот	Шкурка свиная негидролизованная	Шкурка свиная гидролизованная	Соединительная ткань негидролизованная
Насыщенные жирные кислоты	31,76	33,63	41,29
Мононенасыщенные жирные кислоты	49,29	48,01	52,97
Полиненасыщенные жирные кислоты, в т.ч.	18,96	18,37	5,74
линолевая	16,25	15,64	5,52
линоленовая	1,42	1,37	0,11
арахидоновая	-	0,01	-
Соотношение $\omega 6/\omega 3$	8,7	8,1	51,2
ПНЖК : МНЖК : НЖК	1:2,60:1,68	1:2,61:1,83	1:9,23:7,19
(ПНЖК+МНЖК) : НЖК	2,1	2,0	1,4

Источник данных: собственная разработка.

Минеральный состав и сбалансированность мясного и коллагенсодержащего сырья. Для изучения биологической ценности различных видов мясного и коллагенсодержащего сырья проанализировали содержание в нем минеральных веществ, играющих важную роль в питании: макроэлементов – **кальция, магния, калия, натрия и фосфора** и микроэлементов – **железа, меди, цинка, марганца и селена** (рисунки 4–6).

Калий способствует выведению жидкости из организма. Повышенное его содержание в мышечных клетках приводит к увеличению силы мышечных сокращений, а дефицит вызывает мышечную слабость. Калий играет важную роль в поддержании осмотического давления, кислотно-щелочного равновесия. Определено, что содержание калия в говядине, свинине и мясе цыплят-бройлеров (325–355 мг/100г) значительно превышает содержание данного макроэлемента в свиной шкурке и соединительной ткани (9,7–86,2 мг/100 г соответственно).

Натрий в человеческом организме необходим для поддержания в его клетках необходимого водно-солевого баланса, а также нормализации функции почек и нервно-мышечной деятельности. Установлено, что высоким содержанием натрия характеризуется свинина и гидролизованная свиная шкурка (108 и 146 мг/100 г соответственно), которые превышают другие исследуемые виды сырья в 1,1–2,2 раз.

Кальций – основной компонент костной системы и зубов. Участвует в свертывании крови, проведении нервных импульсов, сокращении мышц, обладает радиопротекторным действием в отношении стронция-90 и цезия-137, конкурирует с тяжелыми металлами (свинцом и кадмием), препятствуя их накоплению в организме. Определено, что высоким содержанием кальция характеризуется соединительная ткань (81 мг/100г), превышающая другие виды исследуемого сырья в 6,3–9,0 раз.

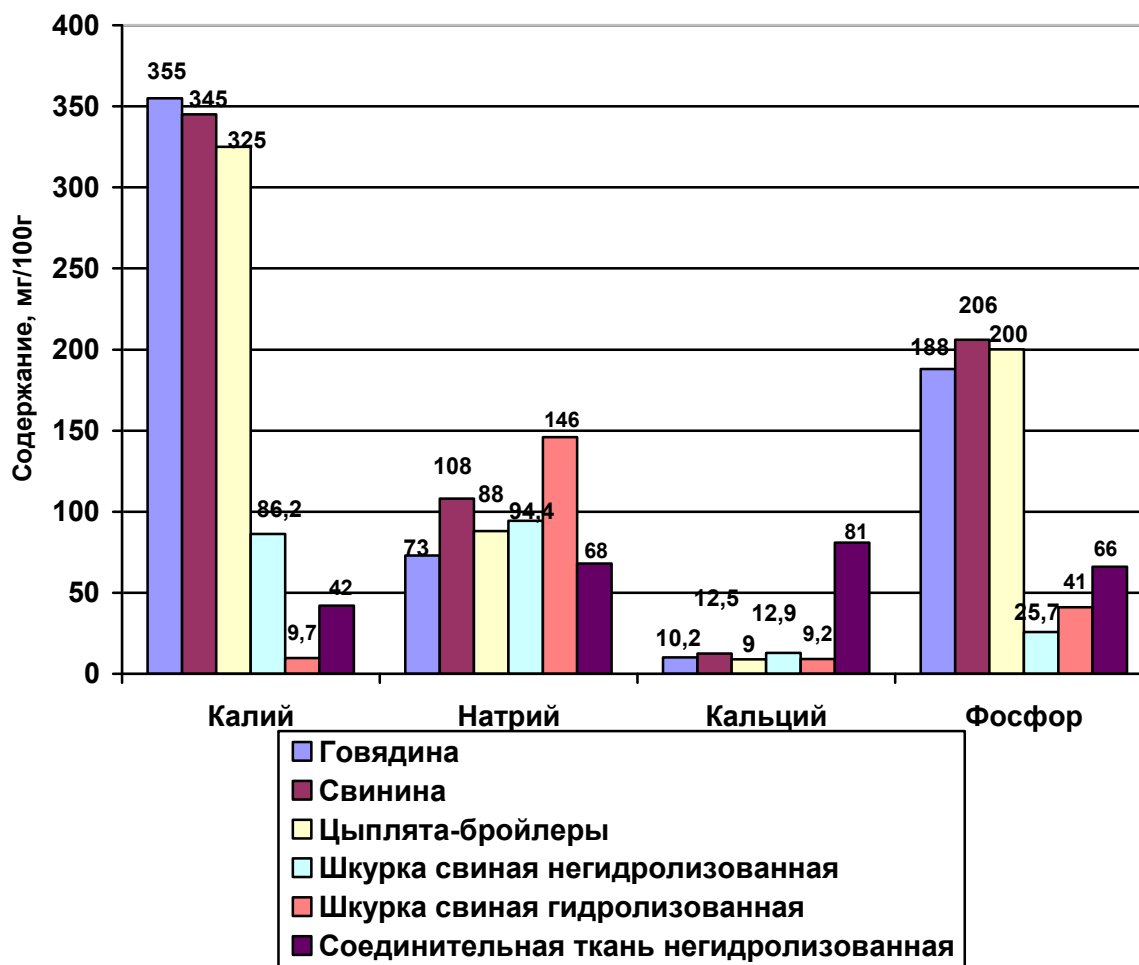


Рисунок 4 – Содержание калия, натрия, кальция и фосфора в мясном и коллагенсодержащем сырье
Источник данных: собственная разработка.

Фосфор необходим для минерализации костной ткани, участвует в проведении нервных импульсов, формировании гормонов, поддержании кислотно-щелочного равновесия, аккумулирует энергию для работы мускулатуры. Установлено, что мясное сырье – свинина, мясо цыплят-бройлеров и говядина характеризуются значительно более высоким содержанием фосфора (188–206 мг/100г) по сравнению с коллагенсодержащим сырьем – соединительной тканью и свиной шкуркой (25,7–66,0 мг/100 г).

Магний необходим для фосфорно-кальциевого обмена (входит в состав костей и мягких тканей, коферментов, регулирующих углеводный обмен) и для образования энергии. Определено, что более высоким содержанием магния по сравнению с другими исследуемыми видами мясного сырья характеризуется мясо цыплят-бройлеров (28 мг/100г). Затем по содержанию магния следуют свинина и говядина (23,7 и 22,0 мг/100 г соответственно), а в соединительной ткани и свиной шкурке содержится 3,33–15,0 мг/100г данного макроэлемента.

Железо входит в состав гемоглобина и окислительных ферментов, протоплазмы и ядер клеток. Определено, что более высоким содержанием железа по сравнению с другими исследуемыми видами сырья характеризуются свинина и говядина (2,92 и 2,9 мг/100г), в свиной шкурке и мясе цыплят-бройлеров содержится 1,2–2,7 мг/100 г данного микроэлемента, а в соединительной ткани – 0,66 мг/100г.

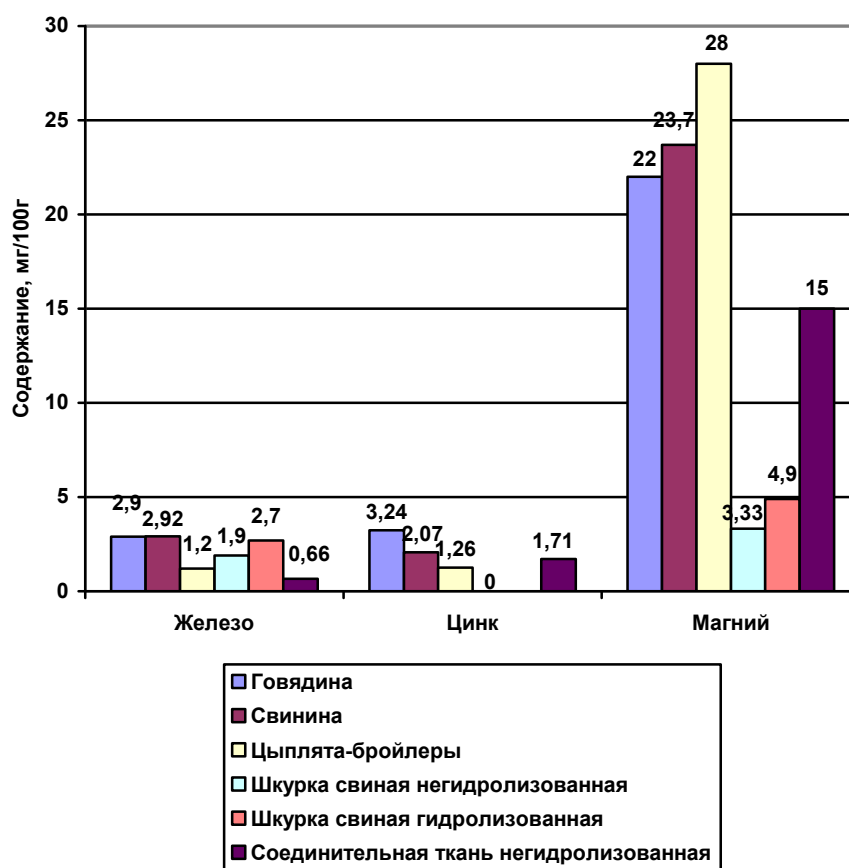


Рисунок 5 – Содержание железа, цинка и магния в мясном и коллагенсодержащем сырье
Источник данных: собственная разработка.

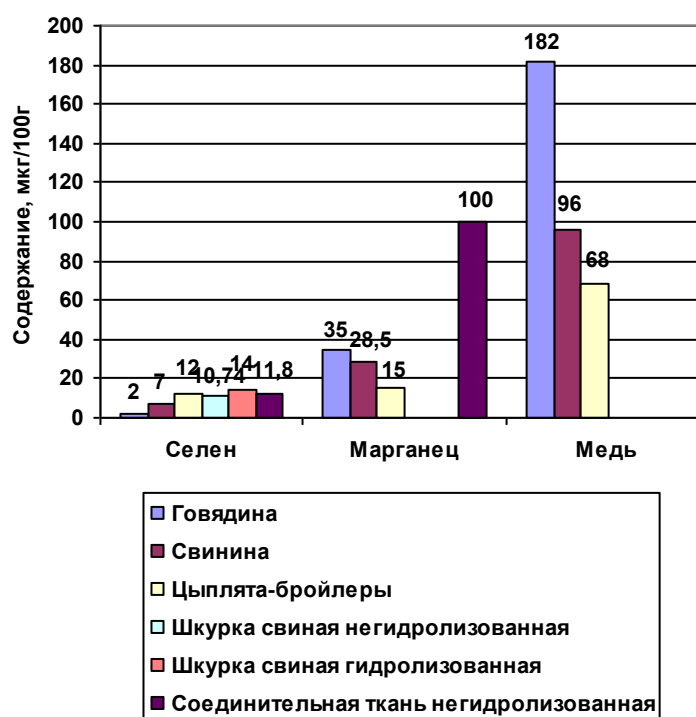


Рисунок 6 – Содержание селена, марганца и меди в мясном и коллагенсодержащем сырье
Источник данных: собственная разработка.

Цинк участвует в построении более 200 металлоферментов, влияет на синтез белка и нуклеиновых кислот, функционирование генетического аппарата, процессы роста, полового созревания, сперматогенеза, кроветворения, формирование вкуса и обоняния. Установлено, что самым высоким содержанием цинка характеризуется говядина (3,24 мг/100г), которая превышает другие исследуемые виды сырья в 1,6–2,6 раз.

Селен является компонентом около 100 ферментов в организме, обладает мощными антиокислительными свойствами, обеспечивает регенерацию тканей, поврежденных свободными радикалами. Определено, что мясо цыплят-бройлеров, соединительная ткань и свиная шкурка характеризуются более высоким содержанием селена (10,74–14,0 мкг/100 г) по сравнению со свиной и говядиной (7,0 и 2,0 мкг/100 г соответственно).

Марганец улучшает работу нервной системы, участвует в синтезе и обмене нейромедиаторов и в регуляции жирового и углеводного обмена (предотвращает развитие атеросклероза, необходим для нормальной секреции инсулина), а также принимает участие в обмене гормонов щитовидной железы (тироксина), препятствует отложению жира в печени, участвует в обмене витаминов С, Е, группы В, холина, меди. Установлено, что высоким содержанием марганца характеризуется соединительная ткань (100 мкг/100г), которая превышает другие исследуемые виды сырья в 2,9–6,7 раз.

Медь участвует в расщеплении жиров, углеводов, в синтезе простагландина и способствует нормальной работе и активизации инсулина. Определено, что говядина характеризуется высоким содержанием меди (182 мкг/100 г), в то время как в свинине содержится 96 мкг/100 г данного микронутриента, а в мясе цыплят-бройлеров – 68 мкг/100 г.

На основании суточных потребностей в минеральных веществах рассчитана степень удовлетворения организма в вышеперечисленных микронутриентах при употреблении мясного и коллагенсодержащего сырья (100 г) (таблица 4).

Таблица 4 – Удовлетворение суточной потребности в минеральных веществах при употреблении мясного и коллагенсодержащего сырья

Мясное и коллаген-содержащее сырье	Удовлетворение суточной потребности, %										
	Калий	Кальций	Фос-фор	Маг-ний	Цинк	Марга-нец	Медь	Железо		Селен	
								муж-чины	жен-щины	муж-чины	жен-щины
Говядина	14,2	1,0	23,5	5,5	27,0	1,8	18,2	29,0	16,1	2,9	3,6
Свинина	13,8	1,3	25,8	5,9	17,3	1,4	9,6	29,2	16,2	10,0	12,7
Цыплята-бройлеры	13,0	0,9	25,0	7,0	10,5	0,8	6,8	12,0	6,7	17,1	21,8
Шкурка свиная негидролизованная	3,4	1,3	3,2	0,8	-	-	-	19,0	10,6	15,3	19,5
Шкурка свиная гидролизованная	0,4	0,9	5,1	1,2	-	-	-	27,0	15,1	19,9	25,4
Соединительная ткань негидролизованная	1,7	8,1	8,3	3,8	14,3	5,0	-	6,6	3,7	16,9	21,5

Источник данных: собственная разработка.

Определено, что употребление мясного и коллагенсодержащего сырья позволяет удовлетворить суточные потребности в калии до 14,2%, кальции – до 8,1%, фосфоре – до 25,8%, магнии – до 7,0%, железе – до 29,2% для мужчин и до 16,2% для женщин, цинке – до 27,0%, селене – до 19,9% для мужчин и до 25,4% для женщин, марганце – до 5,0%, меди – до 18,2%.

С целью оценки сбалансированности минерального состава коллагенсодержащего сырья рассчитаны соотношения кальций: фосфор, кальций: магний и натрий: калий в данном сырье (таблица 5).

Таблица 5 – Соотношения минеральных веществ в мясном и коллагенсодержащем сырье

Мясное и коллагенсодержащее сырье	Соотношения		
	Кальций: Фосфор	Кальций: Магний	Натрий: Калий
Рекомендуемое	1:(1–1,5)	2:1	1:(2–4)
Говядина	1:18,4	0,5:1	1:4,9
Свинина	1:16,5	0,5:1	1:3,2
Цыплята-бройлеры	1:22,2	0,3:1	1:3,7
Шкурка свиная негидролизованная	1:2,0	3,9:1	1:0,9
Свиная шкурка гидролизованная	1:4,5	1,9:1	1:0,7
Соединительная ткань негидролизованная	1:0,8	5,4:1	1:0,6

Источник данных: собственная разработка.

Выявлено, что негидролизованная шкурка свиная и соединительная ткань в большей степени сбалансированы по соотношению кальций:фосфор по сравнению с говядиной, свининой и мясом цыплят-бройлеров и характеризуются приближенным к рекомендуемому соотношением данных макроэлементов (1:2,0 и 1:0,8). По соотношению кальций: магний гидролизованная свиная шкурка является сбалансированной (1,9:1), а негидролизованная – более приближена к эталону по сравнению с мясным сырьем и соединительной тканью (3,9:1; 3,0:1; 0,7:1, 5,4:1 соответственно). Определено, что свинина и мясо цыплят-бройлеров характеризуются приближенным к рекомендуемому соотношению натрий: калий – 1: 3,2 и 1:3,7 соответственно.

Изучены функционально-технологические и структурно-механические показатели мясного и коллагенсодержащего сырья (таблица 6). В качестве пороговых значений при подборе данного сырья для изготовления смесей и эмульсий для аддитивных технологий приняты значения эмульгирующей способности и стабильности эмульсии не менее 95%, влагосвязывающей способности – не менее 80%.

Установлено, что охлажденное мясо цыплят-бройлеров и говядина характеризуются более высокой эмульгирующей способностью и стабильностью эмульсий (98,1–100%) по сравнению со свининой (95,3–98,4%). Более высокими значениями вышеперечисленных показателей для размороженного сырья отличается мясо цыплят-бройлеров (96,5–97,0%), которое превышает говядину на 0,7–2,0%, а свинину – на 1,2–3,9%.

Кроме того, охлажденное мясное сырье (говядина, свинина, мясо цыплят-бройлеров) отличается увеличенными значениями влагосвязывающей и эмульгирующей способности (на 4,6–9,7% и 3,1–4,2% соответственно), а также стабильности эмульсий (на 2,2–3,1%) по сравнению с размороженным сырьем, что позволит обеспечить высокое качество смесей и эмульсий, изготовленных из охлажденного сырья, при более низких дозировках структурообразующих компонентов.

Выявлено, что говядина характеризуется более прочной консистенцией по сравнению со свининой и мясом цыплят-бройлеров, о чем свидетельствуют более высокие значения предельного напряжения сдвига (1198,4–1205,3 Па).

Таблица 6 – Функционально-технологические и структурно-механические показатели мясного и коллагенсодержащего сырья

Наименование сырья	pH	Влагосвязываю-щая способность, %	Эмульгирую-щая способность, %	Стабильность эмульсии, %	Предельное напряжение сдвига, Па
Мясное сырье					
Говядина (охлажденная)	6,12	94,0	100,0	98,1	1205,3
Говядина (размороженная)	6,04	84,4	95,8	95,0	1198,4
Свинина (охлажденная)	5,81	93,5	98,4	95,3	1150,7
Свинина (размороженная)	5,75	83,8	95,3	93,1	1141,8
Мясо цыплят-бройлеров (охлажденное)	5,69	94,9	100,0	99,5	1145,6
Мясо цыплят-бройлеров (размороженное)	5,61	90,3	96,5	97,0	1138,6
Коллагенсодержащее сырье					
Свиная шкурка негидролизованная	6,92	85,4	94,1	32,4	2027,6
Свиная шкурка гидролизованная	6,14	93,7	100,0	99,1	1043,3
Соединительная ткань негидролизованная	6,95	83,2	66,7	25,4	2157,3
Соединительная ткань гидролизованная	6,27	92,6	100,0	98,4	1245,9

Источник данных: собственная разработка.

Определено, что гидролизованное коллагенсодержащее сырье (свиная шкурка, соединительная ткань) характеризуется улучшенными функционально-технологическими и структурно-механическими показателями (ВСС – 92,6–93,7%, ПНС – 1043,3–1245,9 Па, ЭС – 100%, СЭ – 99,1–99,6%) по сравнению с негидролизированным сырьем (ВСС – 83,2–85,4%, ПНС – 2027,6–2157,3 Па, ЭС – 66,7–94,1%, СЭ – 25,4–32,4%), что обосновывает необходимость проведения предварительной технологической подготовки свиной шкурки и соединительной ткани с целью использования в составе смесей и эмульсий для аддитивных технологий.

В результате выполнения НИР определена розничная цена 1 кг усвояемого белка, жира и 1000 ккал перспективных видов мясного и коллагенсодержащего сырья для производства смесей и эмульсий для аддитивных технологий (таблица 7).

Таблица 7 – Розничная цена усвояемого белка, жира и килокалорий мясного и коллагенсодержащего сырья

Вид продукции	Содержание жира (с учетом усвоения), %	Содержание белка (с учетом усвоения), %	Розничная цена 1 кг усвояемого жира, руб.	Розничная цена 1 кг усвояемого белка, руб.	Розничная цена 1000 ккал, руб.
Мясное сырье					
Свинина	29,7	9,5	33,7	105,3	3,3
Говядина	12,2	17,0	139,3	100,0	9,6
Мясо цыплят-бройлеров	8,0	19,1	87,5	36,6	4,7

Продолжение таблицы 7

Коллагенсодержащее сырье					
Свиная шкурка негидролизованная	37,4	14,7	0,5	1,4	0,1
Свиная шкурка гидролизованная	39,5	32,7	0,9	1,3	0,1
Соединительная ткань негидролизованная	5	19,4	7,0	1,8	0,3

Примечание:

Коэффициенты усвояемости:

- мясо цыплят-бройлеров: белок – 90%, жир – 98%;
 - свинина: белок – 65%, жир – 90%;
 - говядина: белок – 90%, жир – 98%;
 - свиная шкурка негидролизованная: белок – 50%, жир – 90%;
 - свиная шкурка гидролизованная: белок – 90%, жир – 95%;
 - соединительная ткань негидролизованная: белок – 50%, жир – 98%.

Розничная цена, за 1 кг:

- мясо цыплят-бройлеров – 7,0 руб.
 - свинина – 10,0 руб.;
 - говядина – 17 руб.;
 - свиная шкурка негидролизованная – 0,20 руб.;
 - свиная шкурка гидролизованная – 0,35 руб.;
 - соединительная ткань негидролизованная – 0,35 руб.

Источник данных: собственная разработка.

Определено, что наиболее высокой розничной ценой 1 кг усвояемого белка характеризуются свинина (105,3 руб.) и говядина (100,0 руб.), превышающие мясо цыплят-бройлеров по данному показателю в 2,7–2,9 раз, негидролизованную свиную шкурку и соединительную ткань – в 55,6–75,2 раз, а гидролизованную свиную шкурку – в 76,9–81,0 раз. Самой высокой розничной ценой 1 кг усвояемого жира отличается говядина (139,3 руб.), в то время как значение данного показателя для мяса цыплят-бройлеров составляет 87,5 руб., свинины – 33,7 руб., коллагенсодержащего сырья – 0,5–7,0 руб.

Выявлено, что говядина характеризуется более высокой розничной ценой 1000 ккал – 9,6 руб., что в 2,0 раза превышает мясо цыплят-бройлеров, 2,9 раз – свинину, 32,0–96,0 раз – коллагенсодержащее сырье.

Заключение. Установлено, что коллагенсодержащее сырье – соединительная ткань и свиная шкурка – характеризуются высоким содержанием белка (22,6–38,7%), в то время как в мясном сырье – говядине и мясе цыплят-бройлеров – содержится 18,7% белка, свинине – 14,3%, которые в то же время отличаются более сбалансированным аминокислотным составом, о чем свидетельствуют высокие значения индекса незаменимых аминокислот (1,16–1,19) и коэффициента утилитарности аминокислотного состава (0,82–0,86).

Определено, что по содержанию полиненасыщенных жирных кислот, в т.ч. линолевой кислоты, мясо цыплят-бройлеров и свиная шкурка превышают другие исследуемые виды сырья (18,37–18,96% и 15,64–16,33% соответственно), в то время как соотношение $\omega 6/\omega 3$ наиболее приближено к эталону в мясе цыплят-бройлеров (13,8), ПНЖК:МНЖК:НЖК – в свиной шкурке (1:2,61:1,83), (ПНЖК+МНЖК):НЖК – в соединительной ткани и говядине (1,4 и 1,1 соответственно).

Выявлено, что говядина, свинина, мясо цыплят-бройлеров, свиная шкурка и соединительная ткань являются значимыми источниками минеральных веществ, позволяющими удовлетворить суточную потребность в калии до 14,2%, кальции – до 8,1%, фосфоре – до 25,8%, магнии – до 7,0%, железе – до 29,2% для мужчин и до 16,2% для женщин, цинке – до 27,0%, селене – до 19,9% для мужчин и до 25,4% для женщин, марганце – до 5,0%, меди – до 18,2%. В то же время говядина, свинина и мясо цыплят-бройлеров приближены к эталону по соотношению кальций:фосфор (1:0,8 – 1:4,5),

свинина и мясо цыплят-бройлеров – натрий: калий (1: 3,2 и 1:3,7), а гидролизованная свиная шкурка сбалансирована по соотношению кальция: магний (1,9:1)

Установлено, что мясо цыплят-бройлеров и говядина характеризуются более высокой эмульгирующей способностью и стабильностью эмульсий (до 100%) по сравнению со свиной (до 98,4%). Кроме того, охлажденное мясное сырье (говядина, свинина, мясо цыплят-бройлеров) отличается увеличенными значениями влагосвязывающей и эмульгирующей способности (на 4,6–9,7% и 3,1–4,2% соответственно), а также стабильности эмульсий (на 2,2–3,1 %) по сравнению с размороженным сырьем, что позволит обеспечить высокое качество смесей и эмульсий, изготовленных из охлажденного сырья, при более низких дозировках структурообразующих компонентов.

Определено, что гидролизованное коллагенсодержащее сырье (свиная шкурка, соединительная ткань) характеризуется улучшенными функционально-технологическими и структурно-механическими показателями (ВСС – 92,6–93,7%, ПНС – 1043,3–1245,9 Па, ЭС – 100%, СЭ – 99,1–99,6%) по сравнению с негидролизированным сырьем, что обосновывает необходимость проведения предварительной технологической подготовки данного сырья с целью использования в составе смесей и эмульсий для аддитивных технологий.

Определено, что наиболее высокой розничной ценой 1 кг усвояемого белка характеризуются свинина (105,3 руб.) и говядина (100,0 руб.), 1 кг усвояемого жира и 1000 ккал – говядина (139,3 руб. и 9,6 руб. соответственно), в то время как коллагенсодержащее сырье отличается значительно более низкими значениями данных показателей – 1,3–1,8 руб., 0,5–7,0 руб. и 0,1–0,3 руб. соответственно.

Подобраны перспективные виды сырья животного происхождения для создания смесей и эмульсий для аддитивных технологий:

– **мясное сырье** – мясо цыплят-бройлеров, говядина, свинина (преимущественно в охлажденном виде);

– **гидролизованное коллагенсодержащее сырье** – свиная шкурка, соединительная ткань.

Список использованных источников

1. Колмыкова, О.Н. Научно-технический прогресс как фактор повышения уровня жизни населения / О.Н. Колмыкова, Т.В. Кудрявцева // Социально-экономические явления и процессы. – 2011. – № 5–6. – С. 127–129.

2. Морозов, А.В. Перспективы развития инновационного технологического уклада / А.В. Морозов, Р.Р. Низамов // Вестник Казанского технологического университета. — 2013. – №20. – С. 331–334.

3. Зубков, А. Третья промышленная революция [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://www.dipaul.ru/pressroom/tretya-promyshlennaya-revoljutsiya/>. – Дата доступа. – 14.02.2019.

4. Гришин, А.С. Новые технологии в индустрии питания – 3D-печать / А.С. Гришин, О.В. [и др.] // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые биотехнологии». – 2016. – Т.4. – №2. – С. 36–44.

1. Kolmykova, O.N. Nauchno-tehnicheskij progress kak faktor povyshenija urovnja zhizni naselenija [Scientific and technological progress as a factor in improving the standard of living of the population] / O.N. Kolmykova, T.V. Kudryavceva // Social'no-jekonomicheskie javlenija i processy. – 2011. – № 5–6. – S. 127–129.

2. Morozov, A.V. Perspektivy razvitija innovacionnogo tehnologicheskogo uklada [Prospects for the development of innovative technological structure] / A.V. Morozov, P.P. Nizamov // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta. — 2013. – №20. – S. 331–334.

3. Zubkov, A. Tret'ja promyshlennaja revoljucija [Third Industrial Revolution] [Elektronnyj resurs]. – 2019. – Rezhim dostupa: <https://www.dipaul.ru/pressroom/tretya-promyshlennaya-revoljutsiya/>. – Data dostupa. – 14.02.2019.

4. Grishin, A.S. Novye tehnologii v industrii pitaniya – 3D-pechat' [New Technologies in the Food Industry - 3D Printing] / A.S. Grishin, O.V. [i dr.] // Vestnik JuUrGU. Serija «Pishhevyte biotehnologii». – 2016. – T.4. – №2. – S. 36–44.

5. Ермаков, А.И. Разработка конструкции 3D-принтера, печатающего пищевыми материалами / А.И. Ермаков, С.В. Чайко // Мировая экономика и бизнес-администрирование малых и средних предприятий: материалы 13-го междунар. науч. семинара, проводимого в рамках 15-й междунар. науч.-тех. конф. «Наука, образование производству, экономике, Минск, 26–28 января 2017 г. / БНТУ; редкол.: Б.М. Хрусталева [и др.]. – Минск, 2017. – С. 255–256.
6. Крученецкий, В.З. К использованию трехмерной печати пищевых продуктов, одежды / В.З. Крученецкий [и др.] // Вестник Алматинского технологического университета. – 2016. – №3 (112). – С. 18–25.
7. Потеха, В.Л. Аддитивные технологии в пищевой отрасли / В.Л. Потеха, А.В. Потеха // Инновационные технологии в пищевой промышленности : материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 5–6 окт. 2016 г. : в 2 ч. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию ; ред.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск, 2016. – Ч. 1. – С. 9–10.
8. Шварцев, С.Л. Есть ли будущее у аддитивных технологий? / С.Л. Шварцев // Вестник Российской академии наук. Серия «Дискуссионная трибуна». – 2017. – Т.87, №6. – С.538–547.
9. Шоколадные фигурки в Беларуси [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <http://pulsцен.by/price/400802—shokoladnye—figurk>. – Дата доступа: 21.01.2019.
10. 3d принтер, печатающий шоколадом [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <http://chocolader.hlml>. – Дата доступа: 23.01.2019.
11. Заико, А.Ф. Использование 3D-принтера на выставке / Заико А.Ф., Чайко С.В. / Материалы 71-й научно-технической конференции Белорусского национального технического университета. – Минск, 2015. – С. 314–315.
12. Химический состав пищевых продуктов. Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / Под ред. М.Ф. Нестерина и др. М.: Пищевая промышленность, 1979. – 247 с.
5. Ermakov, A.I. Razrabotka konstrukcii 3D-printera, pechatajushhego pishhevymi materialami [Development of the design of a 3D printer that prints food materials] / A.I. Ermakov, S.V. Chajko // Mirovaja jekonomika i biznes-administrirovanie malyh i srednih predpriyatij: materialy 13-go mezhhdunar. nauch. seminar, provodimogo v ramkah 15-j mezhhd. nauch.-teh. konf. «Nauka, obrazovanie proizvodstvu, jekonomike, Minsk, 26–28 janvarja 2017 g. / BNTU; redkol.: B.M. Hrustalev [i dr.]. – Minsk, 2017. – S. 255–256.
6. Krucheneckij, V.Z. K ispol'zovaniju trehmernoj pechati pishhevyh produktov, odezhdyy [To the use of three-dimensional printing of food products, clothing] / V.Z. Krucheneckij [i dr.] // Vestnik Almatinskogo tehnologicheskogo universiteta. – 2016. – №3 (112). – S. 18–25.
7. Poteha, V.L. Additivnye tehnologii v pishhevoj otrasli [Additive technology in the food industry] / V.L. Poteha, A.V. Poteha // Innovacionnye tehnologii v pishhevoj promyshlennosti : materialy HV Mezhhdunar. nauch.-prakt. konf., Minsk, 5–6 okt. 2016 g. : v 2 ch. / Nac. akad. nauk Belarusi, Nauch.-prakt. centr Nac. akad. nauk Belarusi po prodovol'stviju ; red.: V. G. Gusakov [i dr.]. – Minsk, 2016. – Ch. 1. – S. 9–10.
8. Shvarcev, S.L. Est' li budushhee u additivnyh tehnologij? [Does additive technology have a future?] / S.L. Shvarcev // Vestnik Rossijskoj akademii nauk. Seriya «Diskussionnaja tribuna». – 2017. – T.87, №6. – S.538–547.
9. Shokoladnye figurki v Belarusi [Chocolate figures in Belarus] [Jelektronnyj resurs]. – 2019. – Rezhim dostupa: <http://pulsцен.by/price/400802—shokoladnye—figurk>. – Data dostupa: 21.01.2019.
10. 3d printer, pechatajushhij shokoladom [3d printer printing chocolate] [Jelektronnyj resurs]. – 2019. – Rezhim dostupa: <http://chocolader.hlml>. – Data dostupa: 23.01.2019.
11. Zaiko, A.F. Ispol'zovanie 3D-printera na vystavke [Using an 3D Printer at an Exhibition] / Zaiko A.F., Chajko S.V. / Materialy 71-j nauchno-tehnicheskoy konferencii Belorusskogo nacional'nogo tehnicheskogo universiteta. – Minsk, 2015. – S. 314–315.
12. Himicheskij sostav pishhevyh produktov. Spravochnye tablicy soderzhaniya aminokislot, zhirnyh kislot, vitaminov, makro- i mikroelementov, organicheskikh kislot i uglevodov [The chemical composition of food. Reference tables for amino acids, fatty acids, vitamins, macro- and micronutrients, organic acids and carbohydrates] / Pod red. M.F. Nesterina i dr. M.: Pishhevaya promyshlennost', 1979. – 247 s.