

*О.Г. Ходорева, К.А. Марченко, С.А. Гордынец, к.с.-х.н.
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУБПРОДУКТОВ ГОВЯЖЬИХ

*O. Khodoreva, K. Marchenko, S. Gordynets
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

STRUCTURAL AND MECHANICAL, FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF BEEF BY-PRODUCTS

e-mail: stanmeat@mail.ru, k.a.marchenko@mail.ru, otmp210@mail.ru

Представлены результаты исследований по определению функционально-технологических (влагосвязывающая, влагоудерживающая и жироудерживающая способности) и структурно-механических (предельное напряжение сдвига, удельное усилие резания, адгезионное напряжение, модуль упругости и соотношение упругой и пластической деформации) свойств для говяжьих субпродуктов (печень, сердце, рубец с сеткой, мозги, почки, легкие, губы, ноги, хвост), а также проведен их сравнительный анализ с говядиной (тазобедренная часть).

The results of studies on determination of functional and technological properties (water-binding, water-retaining and fat-retaining properties) and structural and mechanical properties (ultimate shear stress, specific cutting force, adhesive stress, modulus of elasticity and ratio of elastic and plastic deformation) for beef by-products (liver, heart, scar with mesh, brains, kidneys, lungs, lips, legs, tail) are presented, and their comparative analysis with beef (hip part) was also carried out

Ключевые слова: субпродукты говяжьих; функционально-технологические свойства; структурно-механические свойства; реологические свойства.

Key words: beef by-products; functional and technological properties; structural and mechanical properties; rheological properties.

Введение. В настоящее время актуальным является повышение эффективности использования на пищевые цели белоксодержащих ресурсов посредством более полного вовлечения в производственный оборот субпродуктов, получаемых при переработке скота в качестве побочных продуктов убоя [1, 2]. Производство мясной продукции на основе субпродуктов с высокими потребительскими характеристиками (включая биологическую ценность) позволит обеспечить все слои населения доступным и качественным животным белком. Для решения данной задачи необходимо изучение комплекса свойств субпродуктов, актуальных для современного уровня развития технологий мясной промышленности и требований к их качеству. В рамках исследований свойств субпродуктов ранее были получены данные по содержанию белка, а также его аминокислотному составу и сбалансированности [3], которые подтвердили возможность использования субпродуктов при производстве мясной продукции с высокой биологической ценностью при соблюдении принципов взаимосбалансирования и комбинирования рецептурных компонентов.

Однако, высокая степень разнородности морфологического и химического состава субпродуктов усложняет их дальнейшее применение в производстве и может приводить к значительным колебаниям в качестве готовой продукции, в связи с чем необходим специальный подход при их переработке [4]. Принимая во внимание

специфичность субпродуктов, для определения их технологической совместимости и прогнозирования поведения во время промышленной переработки, целесообразным и актуальным является изучение совокупности их функционально-технологических и структурно-механических (реологических) свойств.

Материалы и методы исследований. В качестве материалов исследований в работе использована информация ряда доступных литературных источников [1–6].

Определение влагосвязывающей способности (ВСС) методом прессования по методу Грау и Хамма в модификации Воловинской, определение влагоудерживающей способности (ВУС) и определение жирудерживающей способности (ЖУС) осуществляли по методикам, изложенным в [5]. Определение массовой доли влаги для расчета ВСС по ГОСТ 9793-2016.

Изучение структурно-механических (реологических) свойств субпродуктов проводили методом анализа профиля текстуры (ТРА) на специальном приборе – анализатор текстуры «Brookfield СТ3» (Brookfield, США) по методике, приведенной в [6]. Испытания проводились в трехкратной повторности по каждому наименованию образца с вычислением среднего значения.

Определение предельного напряжения сдвига проводили при следующих параметрах испытания: усилие касания $F_k=1$ г, скорость нагружения (движения) индентора $V=1$ мм/с, глубина внедрения индентора $H=5, 10$ или 15 мм, наличие реверсионного движения с аналогичными характеристиками. В качестве индентора (измерительного инструмента) использовали конус с углом при вершине $\alpha=60^\circ$.

Определение усилия резания проводили при следующих параметрах испытания: усилие касания $F_k=10$ г, скорость нагружения (движения) индентора $V=0,5$ мм/с, глубина внедрения индентора $H=5, 10$ или 15 мм. В качестве индентора (измерительного инструмента) использовали металлический нож длиной 70 мм и толщиной у основания $0,15$ мм.

Адгезионное напряжение определяли путем измерения усилия отрыва индентора от исследуемого образца, при следующих параметрах испытания: усилие касания $F_k=10$ г, скорость нагружения (движения) индентора $V=0,5$ мм/с, длительность стабилизации $\tau = 10$ с, глубина внедрения индентора $H=5, 10$ или 15 мм. В качестве индентора (измерительного инструмента) использовали цилиндр эбонитовый диаметром $12,7$ мм.

Модуль упругости определяли путем сжатия образца, при следующих параметрах испытания: усилие касания $F_k=10$ г, скорость нагружения (движения) индентора $V=1,0$ мм/с, глубина внедрения индентора H (мм) принята как $1/3$ первоначальной высоты образца. В качестве индентора (измерительного инструмента) использовали цилиндрический датчик (диск) диаметром $38,1$ мм. Отношение упругой деформации к пластической определяли при выполнении исследований на сжатие при параметрах испытания, аналогичных определению модуля упругости.

Объекты исследований. В качестве объектов исследования использовались субпродукты говяжьего различного анатомического происхождения и морфологического строения – печень, сердце, рубец с сеткой, мозги, почки, легкие, губы, ноги, хвост; а также с целью осуществления сравнительного анализа – говядина (тазобедренная часть).

Примечание – Испытания ног и хвоста проводились на их мякотной части, полученной после обвалки (отделения от кости), испытания структурно-механических свойств рубца проводились на его внешней стороне (серозная оболочка).

Результаты и их обсуждение. Функционально-технологические свойства (ФТС). Под ФТС мясного сырья понимают комплекс показателей, которые характеризуют его способность связывать и удерживать влагу и жир, формировать стабильные эмульсии и т.д. ФТС определяют способность конкретного пищевого ингредиента выполнять те или иные структурные функции в пищевых системах.

В настоящей работе изучены такие ФТС субпродуктов говяжьих, как влагосвязывающая (ВСС), влагоудерживающая (ВУС) и жирудерживающая (ЖУС) способности. Способности мясного сырья связывать и удерживать влагу и жир могут оказывать влияние на такие характеристики мясных продуктов, как сочность, нежность, товарный вид, потери при термической обработке и т.д.

На рисунке 1 приведены результаты изучения ФТС субпродуктов говяжьих и говядины. Значение показателя ВСС для ног и хвоста говяжьих не определялось, поскольку данные виды сырья нецелесообразно использовать в сыром виде, что обусловлено высокой сложностью и трудоемкостью процесса их обвалки (отделения мякотных тканей от кости) в таком случае.

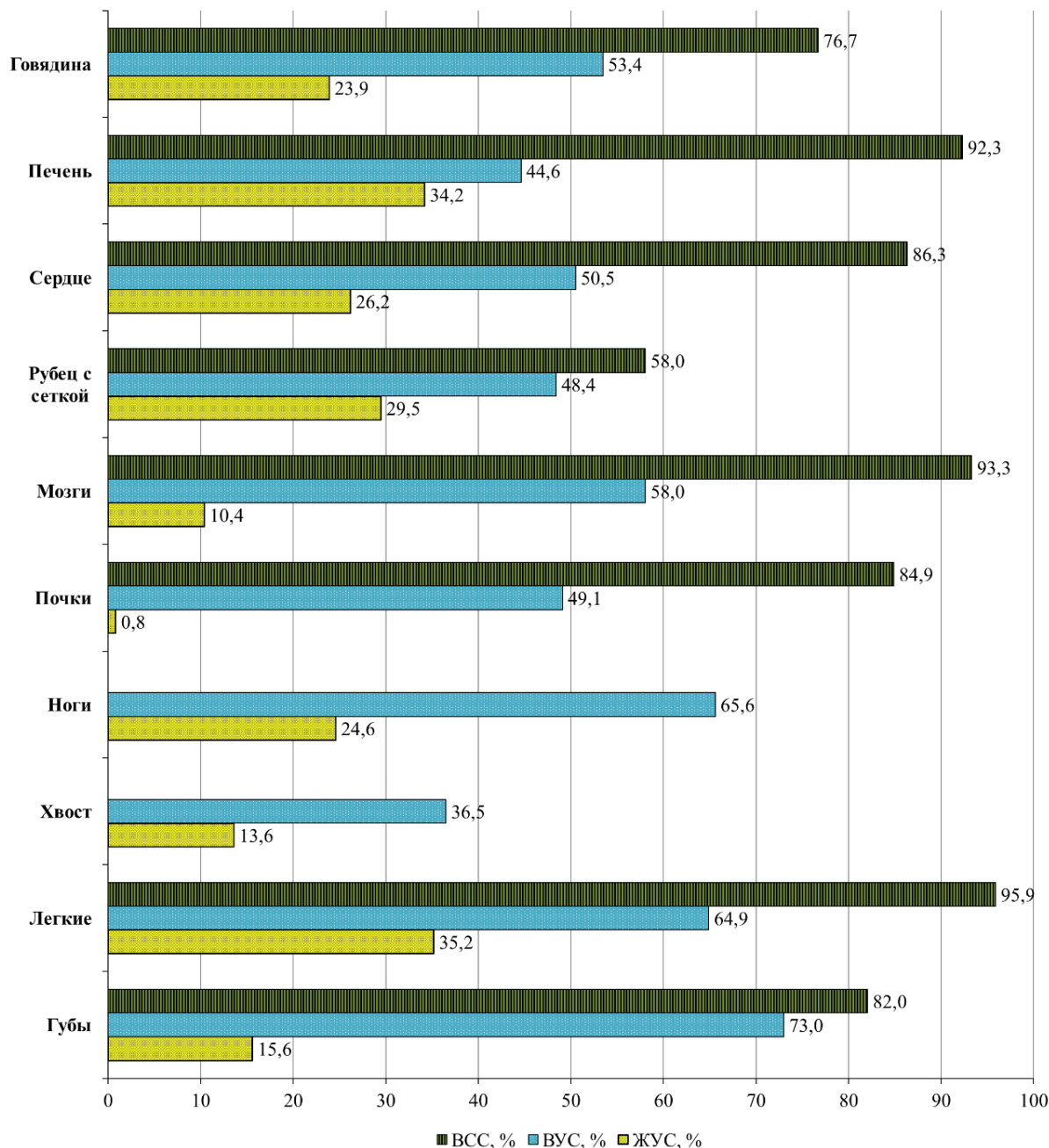


Рисунок 1 – Функционально-технологические свойства субпродуктов говяжьих и говядины

Источник данных: собственная разработка.

Согласно полученным результатам (рисунок 1) по величине ВСС большинство исследуемых субпродуктов (за исключением рубца с сеткой) превосходят говядину. При этом, наибольшей ВСС характеризуются легкие, мозги, печень – превышают значение показателя для говядины на 25,0%, 21,6% и 20,0% соответственно. Величина ВСС сердца, почек и губ превосходит говядину в меньшей степени – на 12,5%, 10,7% и 7,0% соответственно. Наименьшей ВСС обладает рубец с сеткой и уступает ВСС говядины на 24,3%.

Изучение ВУС субпродуктов проводили с целью определения в них доли прочносвязанной влаги. Чем выше значение ВУС субпродуктов, тем меньше будет потеря, получаемых при их термической обработке. Исходя из полученных данных (рисунок 1) по величине ВУС наибольшими значениями характеризуются губы, ноги, легкие (превышают ВУС говядины на 36,7%, 22,8% и 21,5% соответственно). Мозги, почки и рубец по уровню ВУС незначительно отличаются от говядины (различия в пределах 9%). Наименьшей ВУС обладают печень и хвост – уступают ВУС говядины на 16,5% и 31,6% соответственно. Принимая во внимание достаточно высокие потери влаги при тепловой обработке для отдельных наименований исследуемых субпродуктов, которые могут привести к снижению качества готового продукта (образованию бульонных отеков, рыхлой, сухой консистенции), с целью повышения ВУС мясной системы при составлении рецептур целесообразно предусматривать применение функциональных ингредиентов, в т.ч. растительного происхождения.

Изучение ЖУС говяжьих субпродуктов (рисунок 1) показало, что большей величиной по отношению к говядине характеризуются легкие (на 43,3%), печень (на 43,1%), рубец с сеткой (на 23,4%), сердце (на 9,6%) и ноги (на 2,9%). Меньшей величиной ЖУС по отношению к говядине характеризуются губы (на 35,6%), хвост (на 43,1%), мозги (на 56,5%). Почки обладают наименьшей ЖУС – всего 0,8%. Высокие потери жира при термообработке могут приводить к снижению качества готового продукта (образованию бульонно-жировых отеков, наплывов жира под оболочкой), что следует учитывать при составлении рецептур.

Структурно-механические (реологические) свойства. Реологическими или структурно-механическими называются механические свойства материалов, проявляющиеся в процессе их деформации, течения и разрушения.

В настоящей работе изучены такие реологические свойства субпродуктов говяжьих, как предельное напряжение сдвига, удельное усилие резания, адгезионное напряжение, упруго-пластические свойства (модуль упругости, отношение упругой деформации к пластической).

● **Предельное напряжение сдвига.** Предельным напряжением сдвига называется минимальное напряжение, при котором происходит пластическое или вязкое течение материала. Предельное напряжение сдвига определяет способность материала сохранять свою форму под действием сил тяжести и данный показатель, как сдвиговое реологическое свойство, принято считать основным. С его помощью оценивают качество продукта, обосновывают оптимальные технологические условия процессов.

На рисунке 2 представлены полученные результаты, отражающие зависимость прилагаемой силы от глубины погружения конуса в испытуемые образцы, а также результаты расчетов по определению предельного напряжения сдвига субпродуктов говяжьих и говядины.

Сравнительный анализ полученных результатов (рисунок 2) показал, что наибольшими прочностными свойствами в сравнении с говядиной характеризуются ноги, что обусловлено прочностными связями коллагеновых волокон в их составе. Так, при погружении конуса на глубину 10 мм приложенная вдоль конуса сила в 2,5 раза превышает силу при погружении в образец говядины на аналогичную глубину.

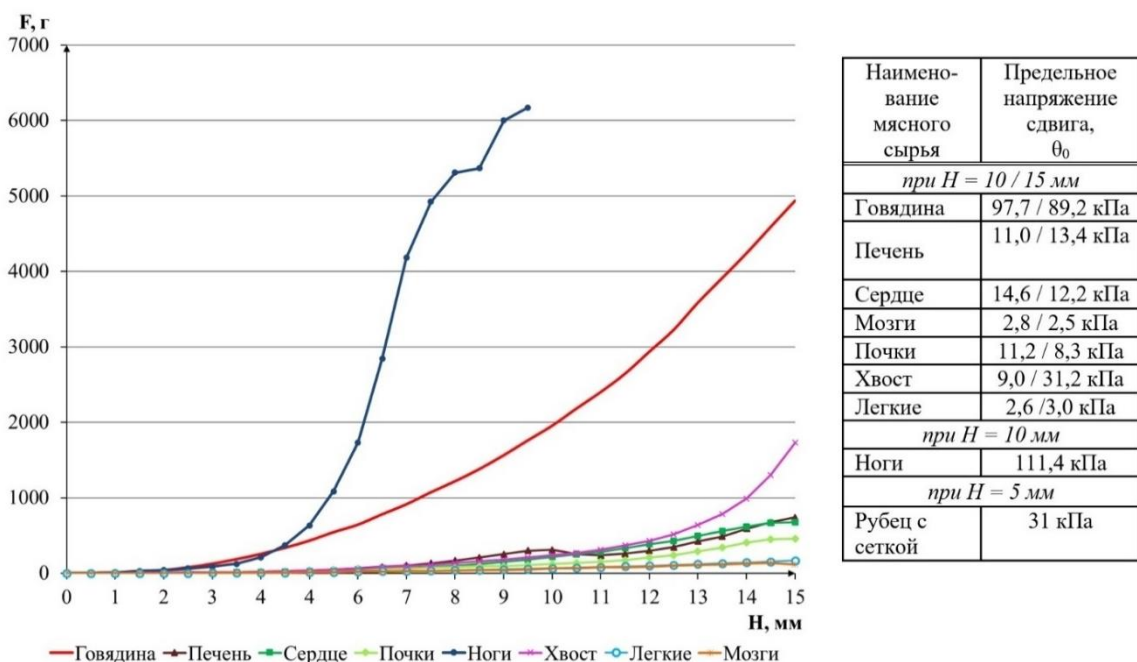


Рисунок 2 – Зависимость силы, приложенной вдоль идентора (конуса), от глубины погружения идентора и предельное напряжение сдвига субпродуктов говяжьих и говядины
Источник данных: собственная разработка.

Остальные представленные на графике наименования субпродуктов характеризуются меньшими прочностными свойствами в сравнении с говядиной ($F=4939,0$ г), что обусловлено прежде всего, их морфологическим строением. В частности, мякотные ткани хвоста ($F=1730,0$ г) представлены мышечной, соединительной и жировой тканями (по содержанию жира хвост в 7,5 раз превышает говядину), печень ($F=740,0$ г), почки ($F=458,0$ г) и легкие ($F=167,0$ г) – мягкими паренхиматозными тканями.

Таким образом, результаты расчетов предельного напряжения сдвига субпродуктов (рисунок 2), полученные при проведении испытаний, можно расположить в следующей последовательности в порядке убывания с учетом сопоставимости при глубине внедрения идентора 15 мм – хвост (31,2 кПа), печень (13,4 кПа), сердце (12,2 кПа), почки (8,3 кПа), легкие (3,0 кПа), мозги (2,5 кПа). Сопоставимые (при глубине внедрения идентора 10–15 мм) с остальными субпродуктами данные для рубца с сеткой получить не удалось, поскольку его нативное состояние не позволяет провести испытания на соответствующей глубине.

Оценить предельное напряжение сдвига губ говяжьих не удалось ввиду их плотной структуры (преобладания соединительной и хрящевой тканей) – при погружении конуса в испытуемый образец требуется применение силы нагрузки больше, чем позволяют технические характеристики применяемого оборудования.

● **Резание.** Резание относится к важнейшим технологическим операциям при производстве пищевых продуктов. Основным показателем, характеризующим процесс резания, является усилие резания, которое зависит как от физико-механических свойств материала, так и от формы и размеров применяемого инструмента.

На рисунке 3 представлены полученные результаты, отражающие зависимость прилагаемой силы от глубины погружения ножа в испытуемые образцы, а также расчеты по определению удельного усилия резания субпродуктов говяжьих и говядины.

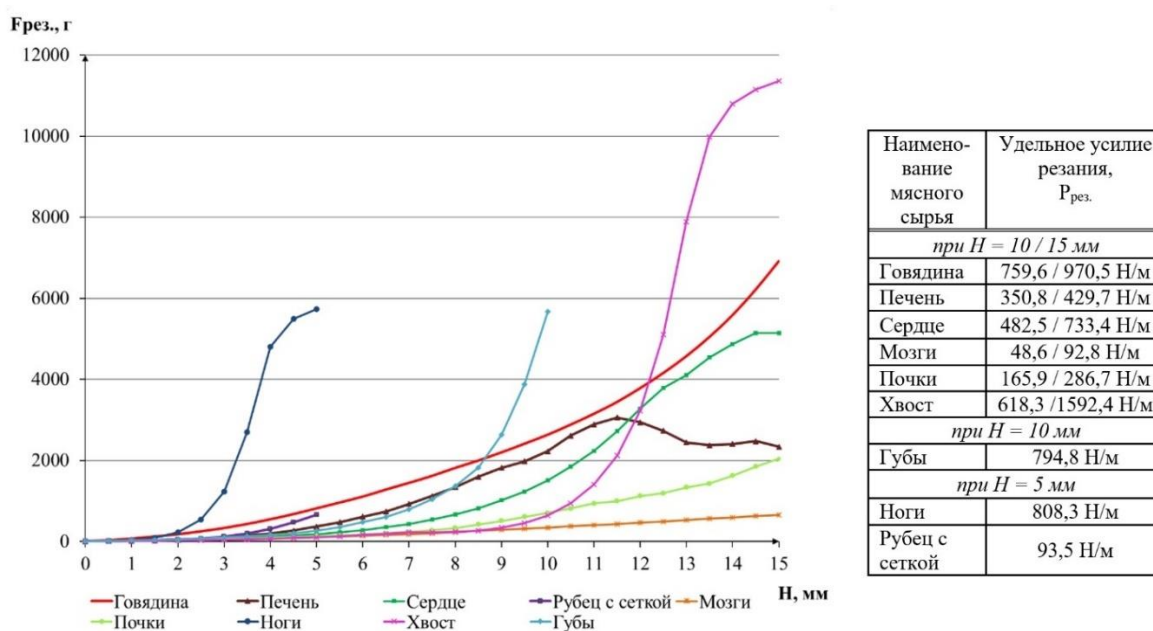


Рисунок 3 – Зависимость силы резания от глубины погружения идентора (ножа) и удельное усилие резания субпродуктов говяжьих и говядины
 Источник данных: собственная разработка.

Полученные результаты (рисунок 3) изучения силы резания при глубине внедрения ножа 15 мм показали, что большей величиной в сравнении с говядиной (6925,0 г) характеризуется хвост (11363,0 г), что обусловлено неоднородностью структуры (наличием связок). Меньшей силой резания в сравнении с говядиной (6925,0 г) характеризовались сердце (5233,0 г) печень (2339,0 г), почки (2046,0 г) и мозги (662,0 г).

Учитывая меньшую глубину внедрения ножа, обусловленную особенностями морфологического строения отдельных видов субпродуктов (губы, ноги, рубец), сравнительный анализ усилия резания с говядиной производился на аналогичной глубине внедрения ножа согласно графику (рисунок 3):

- при глубине внедрения 5 мм сила резания ног составила 5768,0 г, рубца с сеткой – 667,0 г, тогда как у говядины при тех же условиях испытания – 826,0 г;
- при глубине внедрения 10 мм сила резания губ составила 5671,0 г, тогда как у говядины при тех же условиях испытания – 2642,0 г.

Таким образом, по сравнению с говядиной наибольшим усилием резания обладают субпродукты с высоким содержанием коллагена – ноги, губы, хвост. Высокое значение усилия резания в коллагенсодержащем сырье указывает на необходимость проведения предварительной технологической обработки с целью ослабления прочностных связей коллагеновых волокон.

Силу резания легких определить не удалось ввиду их губчатой структуры, состоящей из мягкой паренхиматозной ткани – при резании происходит продавливание образца, без его разрезания.

- **Адгезия.** Важной реологической характеристикой мясного сырья и мясных систем является показатель адгезии (липкости), который определяет связность структуры готового продукта. Величина адгезии, как поверхностного свойства, частично может характеризовать консистенцию продукта. Адгезия обнаруживается при разделении разнородных тел, соприкасающихся своими поверхностями, как усилие, противодействующее разделению (отрыву).

На рисунке 4 приведены результаты лабораторных исследований и расчетов по определению адгезионного напряжения субпродуктов говяжьих и говядины.

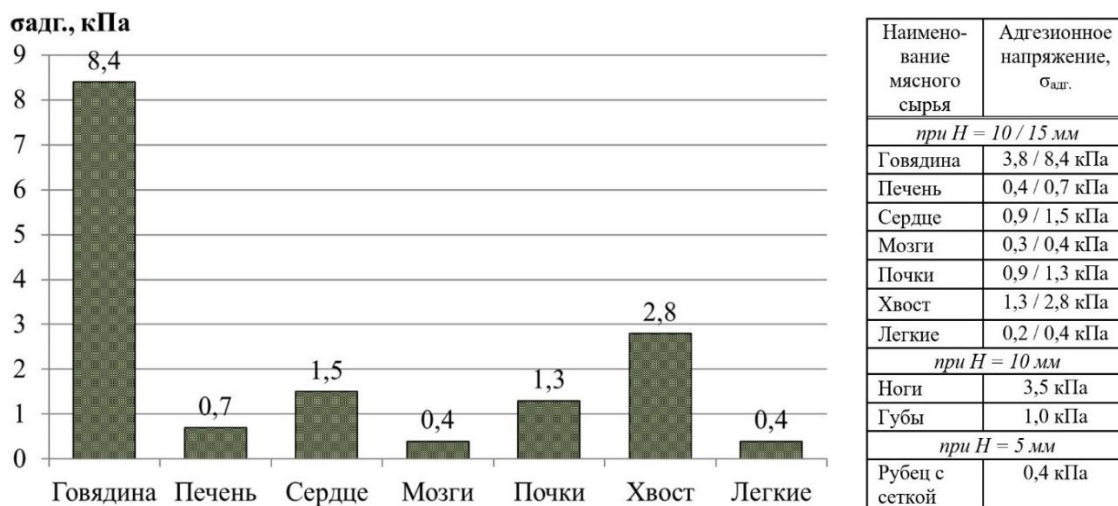


Рисунок 4 – Адгезионное напряжение субпродуктов говяжьих и говядины
Источник данных: собственная разработка.

Полученные результаты (рисунок 4) показали, что наибольшим адгезионным напряжением характеризовалась говядина (8,4 кПа). В исследуемых образцах субпродуктов адгезионное напряжение значительно ниже, чем в говядине: для хвоста – в 3 раза (2,8 кПа), сердца – в 5,5 раза (1,5 кПа), почек – в 6,5 раза (1,3 кПа), печени – в 12 раз (0,7 кПа), легких и мозгов – в 21 раз (0,4 кПа).

Принимая во внимание меньшую глубину внедрения идентора для ног и губ говяжьих (что обусловлено особенностями естественного строения), целесообразно сравнение полученной величины адгезионного напряжения с другими наименованиями на аналогичной глубине погружения (10 мм). Таким образом, можно сделать вывод, что ноги по величине адгезионного напряжения наиболее приближены к говядине (меньше лишь на 8%) и превосходят остальные образцы субпродуктов. Губы по величине адгезионного напряжения (1,0 кПа) существенно уступают говядине (меньше в 3,8 раза) и наиболее приближены к сердцу и почкам (0,9 кПа).

Сопоставимые (при глубине внедрения идентора 10–15 мм) с остальными субпродуктами данные для рубца с сеткой получить не удалось, поскольку его нативное состояние не позволяет провести испытания на соответствующей глубине.

• Упруго-пластические свойства. Большинство пищевых материалов проявляют как упругие, так и пластические свойства. Упругость – это способность тела восстанавливать форму и размеры после снятия нагрузки. Если тело возвращается к исходным размерам и форме после того, как внешнее усилие прекращает свое воздействие, то его называют упругим, а его деформацию считают упругой. Для любого тела существует предел приложенного усилия, после которого деформация перестает быть упругой, тело не возвращается в исходную форму и к исходным размерам, а остается в деформированном состоянии или разрушается, такую деформацию считают пластической.

Для оценки упруго-пластических свойств субпродуктов использовали такие характеристики, как модуль упругости, а также отношение упругой деформации к пластической.

В таблице 1 приведены полученные данные по величине модуля упругости, соотношения упругой и пластической деформации субпродуктов говяжьих и говядины.

Таблица 1 – Деформационные характеристики субпродуктов говяжьих и говядины

Наименование мясного сырья	Среднее арифметическое исследуемого значения (на приборе)	Модуль упругости, Е	Отношение упругой деформации к пластической деформации, $h_{упр}/h_{пл}$.
Говядина	$F_n = 366 \text{ г}$, $h_{обр.} = 15 \text{ мм}$, $\Delta h = 5 \text{ мм}$	9,45 кПа	1,53мм/3,47мм=0,44
Печень	$F_n = 386 \text{ г}$, $h_{обр.} = 21 \text{ мм}$, $\Delta h = 7 \text{ мм}$	10,0 кПа	2,76мм/4,24мм=0,65
Сердце	$F_n = 4162 \text{ г}$, $h_{обр.} = 30 \text{ мм}$, $\Delta h = 10 \text{ мм}$	107,5 кПа	4,45мм/5,55мм=0,80
Мозги	$F_n = 1105 \text{ г}$, $h_{обр.} = 21 \text{ мм}$, $\Delta h = 7 \text{ мм}$	28,5 кПа	3,24мм/3,76мм=0,86
Почки	$F_n = 926 \text{ г}$, $h_{обр.} = 21 \text{ мм}$, $\Delta h = 7 \text{ мм}$	23,9 кПа	3,85мм/3,15мм=1,22
Хвост	$F_n = 1782 \text{ г}$, $h_{обр.} = 15 \text{ мм}$, $\Delta h = 5 \text{ мм}$	46,0 кПа	1,77мм/3,23мм=0,55
Легкие	$F_n = 243 \text{ г}$, $h_{обр.} = 21 \text{ мм}$, $\Delta h = 7 \text{ мм}$	6,30 кПа	3,17мм/3,83мм=0,83
Ноги	$F_n = 116 \text{ г}$, $h_{обр.} = 9 \text{ мм}$, $\Delta h = 3 \text{ мм}$	3,0 кПа	2,84мм/0,16мм=17,75
Губы	$F_n = 168 \text{ г}$, $h_{обр.} = 12 \text{ мм}$, $\Delta h = 4 \text{ мм}$	4,34 кПа	2,74мм/1,26мм=2,17
Рубец с сеткой	$F_n = 76 \text{ г}$, $h_{обр.} = 5 \text{ мм}$, $\Delta h = 2 \text{ мм}$	1,64 кПа	1,45мм/0,55мм=2,64

Источник данных: собственная разработка.

На рисунке 5 представлены результаты изучения упругой и пластической деформации субпродуктов говяжьих в виде доли от абсолютной (общей) деформации, что позволит наглядно оценить, какой вид деформации преобладает в данных видах сырья и косвенно оценить их упругие свойства.

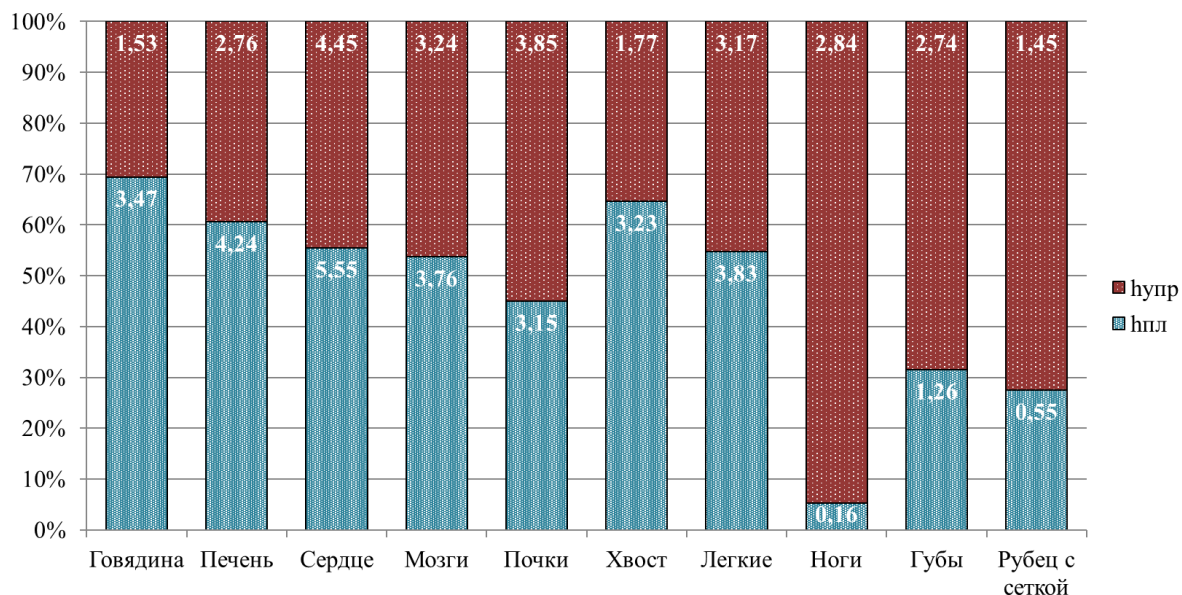


Рисунок 5 – Соотношение упругой и пластической деформации субпродуктов говяжьих и говядины

Источник данных: собственная разработка.

Сравнительный анализ полученных данных (рисунок 5) показал, что в говядине и хвосте (мякотных тканях) примерно на одинаковом уровне преобладает пластическая деформация. Также преобладание пластической деформации характерно

для таких субпродуктов, как печень, мозги и легкие, что обусловлено прежде всего их морфологическим строением, представленным паренхиматозной, жировой тканями. Остальные исследуемые субпродукты (ноги, губы, рубец с сеткой, почки) характеризуются преобладанием упругой деформации, что обусловлено для ног, губ и рубца с сеткой – наличием в их составе прочносвязанных коллагеновых волокон, для почек – наличием прочной соединительнотканной фиброзной оболочки, покрывающей их поверхность.

Заключение. Полученные результаты исследований функционально-технологических и структурно-механических субпродуктов говяжьих предоставят возможность объективно оценить технологические возможности данных видов сырья с учетом его дальнейшего использования, оптимизировать параметры отдельных технологических операций, прогнозировать изменения свойств мясных систем в процессе производства, улучшить качество готового продукта – предотвратить возможность возникновения технологических дефектов, получаемых в процессе производства мясной продукции (бульонно-жировых отёков, рыхлой консистенции, разрыва оболочки и т.д.).

Результаты исследований могут служить справочно-информационным материалом для определения сочетаемости компонентов в рецептуре, оптимизации выбора соотношений ингредиентов, с учетом вероятности взаиморегулирования свойств как отдельных составляющих, так и получаемой системы в целом.

Список использованных источников

1. Насонова, В. В. Перспективные пути использования субпродуктов // Теория и практика переработки мяса. – 2018. – №3. – С.64–73
2. Лебедева, Л. И. Использование субпродуктов в России и за рубежом / Л. И. Лебедева, В. В. Насонова, М. И. Веревкина // Все о мясе. – 2016. – №5. – С.8–12
3. Ходорева, О. Г. Субпродукты говяжьих: аминокислотный состав и сбалансированность белка / О. Г. Ходорева, К. А. Марченко, С. А. Гордынец // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья : сб. науч. тр. / РУП «Институт мясо-молочной промышленности»; редкол.: Г. В. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2022. – Вып. 16. – С. 140–147.
4. Антипова, Л. В. Прикладная биотехнология. УИРС для специальности 270900 : учебное пособие для вузов / Л. В. Антипова, И. А. Глотова, А. И. Жаринов ; Науч. ред. Л. В. Антипова. – СПб. : ГИОРД, 2003. – 288 с.
5. Антипова, Л. В. Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л. В. Антипова, И. А. Глотова, И. А. Рогов. – М. : Колос, 2001. – 376 с
6. Максимов, А. С. Реология пищевых продуктов. Лабораторный практикум / А. С. Максимов, В. Я. Черных. – СПб. : ГИОРД, 2006. – 176 с.
1. Nasonova, V. V. Perspektivnye puti ispol'zovaniya subproduktov [Promising ways to use by-products] // Teorija i praktika pererabotki mjasaja. – 2018. – №3. – S.64–73
2. Lebedeva, L. I. Ispol'zovanie subproduktov v Rossii i za rubezhom [Use of by-products in Russia and abroad] / L. I. Lebedeva, V. V. Nasonova, M. I. Ve-revkinaja // Vse o mjase. – 2016. – №5. – S.8–12
3. Hodoreva, O. G. Subprodukty govjazh'i: aminokislotnyj sostav i sbalansirovannost' belka [Beef by-products: amino acid composition and protein balance] / O. G. Hodoreva, K. A. Marchenko, S. A. Gordynec // Aktual'nye voprosy pererabotki mjasnogo i molochnogo syr'ja : sb. nauch. tr. / RUP «Institut mjaso-molochnoj promyshlennosti»; redkol.: G. V. Gusakov (gl. red.) [i dr.]. – Minsk, 2022. – Vyp. 16. – S. 140–147.
4. Antipova, L. V. Prikladnaja biotehnologija. UIRS dlja special'nosti 270900 : uchebnoe posobie dlja vuzov [Applied Biotechnology. UIRS for the specialty 270900: textbook for universities] / L. V. Antipova, I. A. Glotova, A. I. Zharinov ; Nauch. red. L. V. Antipova. – SPb. : GIORД, 2003. – 288 s.
5. Antipova, L. V. Metody issledovanija mjasaja i mjasnyh produktov [Methods for the study of meat and meat products] / L. V. Antipova, I. A. Glotova, I. A. Rogov. – M. : Kolos, 2001. – 376 s
6. Maksimov, A. S. Reologija pishhevnyh produktov. Laboratornyj praktikum [Rheology of food products. Laboratory workshop] / A. S. Maksimov, V. Ja. Chernyh. – SPb. : GIORД, 2006. – 176 s.