

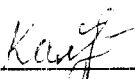
**Инновационный Евразийский университет
МАГИСТРАТУРА**

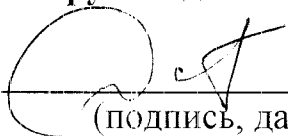
Кафедра «Прикладная биотехнология»

Магистерская диссертация

**СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФЕР-
МЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ
В МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

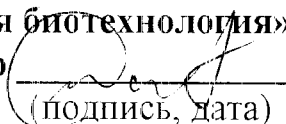
6N0701 «Прикладная биотехнология»

Исполнитель  Г.М. Камалова
(подпись, дата)

Научный руководитель
Канд. техн. наук, профессор  М.С. Омаров
(подпись, дата)

Допущена к защите:

Зав. кафедрой «Прикладная биотехнология»

Канд. техн. наук, профессор  М.С. Омаров
(подпись, дата)

Павлодар, 2006

РЕФЕРАТ

Тема магистерской диссертации «Сравнительное изучение биохимических свойств ферментных препаратов, используемых в мясной промышленности». Магистерская диссертация содержит 100 страниц машинописного текста, 12 иллюстраций, 17 таблиц, 45 использованных источников.

Перечень ключевых слов, представляющие собой наиболее употребляемые в работе термины и терминосочетания: мясная промышленность, ферментные препараты, папаин, фицин, бромелин, панкреатин, трипсин, гидролиз, созревание мяса, автолиз, органолептическая оценка, тендеризация мяса, инъекция, коллаген и эластин мяса, протеолитическая активность, pH и температура среды, посмертное окоченение.

Объектом изучения является мясная промышленность. Целью данной работы является изучение биохимических свойств ферментных препаратов. Также изучены различные способы обработки мяса. Сделан сравнительный анализ ферментных препаратов. Применение препаратов протеолитических ферментов для обработки мяса является одним из путей интенсификации технологических процессов на предприятиях мясной промышленности, повышения технико-экономических показателей работы предприятий, улучшения качества вырабатываемых мясопродуктов.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Характеристика и классификация ферментных препаратов, используемые в мясной промышленности	6
1.1 Ферменты растительного происхождения	7
1.2 Ферменты животного происхождения	13
1.3 Ферменты микробного происхождения	22
1.4 Классификация химических соединений в процессе ферментации	26
2. Характеристика основного сырья	28
2.1 Биологическая и пищевая ценность мяса	28
2.2 Влияние на качество мяса процессов, происходящих в нем после убоя животных	32
3. Способы обработки мяса	41
3.1 Инъекция раствора фермента в кровеносную систему животного	41
3.2 Шприцевание раствора фермента в мясо	46
3.3 Поверхностная обработка мяса ферментами	55
4. Другие методы обработки мяса	65
4.1 Инъекция воды	65
4.2 Инъекция воды и газа	66
4.3 Инъекция воды и целлюлозной камеди	67
4.4 Инъекция цельной крови или цельного молока	68
4.5 Использование кислорода	69
4.6 Использование углекислого газа	70
5. Методы оценки качества мяса, обработанного ферментами	71
5.1 Биологическая и биохимическая оценка качества ферментированного мяса	75
5.2 Инструментальная оценка жесткости мяса	77
5.3 Органолептическая оценка качества ферментированного мяса	83
5.4 Качество ферментированного мяса, подвергнутого хранению	90
Заключение	92
Список использованных источников	98

ВВЕДЕНИЕ

Мясная промышленность – основной поставщик животного белка, физиологическая и биологическая незаменимость и, вместе с тем, дефицит которого в рационах известен во всем мире.

Непрерывный рост производства и потребления мясопродуктов в нашей стране вызывает необходимость изыскания новых путей повышения технико-экономической эффективности производства и улучшения качества готовой продукции. В успешном решении этих задач большая роль принадлежит интенсификации технологических процессов, использованию современных достижений технической биохимии и, в частности, применению ферментных препаратов для обработки мяса.

Применение ферментов для обработки мяса основано на ферментативном гидролизе белков, изменении на этой основе структурных элементов мяса, улучшении биохимических и физико-химических показателей его качества. Таким образом, если с практической точки зрения обработка мяса ферментами является сравнительно новым технологическим приемом, то в теоретическом плане она базируется на традиционных биохимических и физико-химических процессах, протекающих в мясе и мясопродуктах на разных этапах их производства. Поскольку коллаген и эластин мяса в нативном состоянии не гидролизуются ферментами, входящими в состав большинства пищевых ферментных препаратов, применению ферментов предшествует обстоятельное изучение их активности по отношению к белкам мяса в условиях, моделирующих технологический процесс, в частности реакции среды, температуры и др. Особенность применения концентрированных ферментных препаратов заключается в том, что гидролитические процессы при их участии могут протекать значительно быстрее и глубже, что в известных пределах позволяет интенсифицировать технологический процесс.

Ферментные препараты, применяемые для обработки мяса, вырабатывают в виде воздушно-сухих порошков, паст или концентрированных растворов. Они содержат в своем составе не один фермент, а, как правило, комплекс протеслитических ферментов, а также неферментные белки и разные примеси небелковой природы, переходящие в препарат из исходного сырья, применяемого в качестве источника ферментов.

Большинство препаратов вырабатывают с такими наполнителями, как хлористый натрий, сахароза, глюкоза, пищевые фосфаты, гидролизаты белков, декстринизированный крахмал и другими водорастворимыми пищевыми добавками. Наполнители выполняют роль стабилизаторов ферментов, вкусовых добавок, а также улучшают дозирование ферментов в производственных условиях.

К ферментам, применяемым для обработки мяса, предъявляются определенные требования. Так, ферменты, применяемые для размягчения жесткого мяса, должны воздействовать на внутримышечную соединительную ткань, обладать способностью изменять ткани мяса в процессе его тепловой обработки (обладать достаточно высоким температурным оптимумом

активности); проявлять достаточную активность в слабокислой и нейтральной среде; препараты, в состав которых входят протеолитические ферменты, должны быть безвредными для человека.

Результаты научно-исследовательских работ, выполненных в странах СНГ, Казахстане [14] и в дальнем зарубежье, опыт практического применения ферментных препаратов показали, что не все ферменты, обладающие высокой протеолитической активностью, при обработке мяса дают желаемый технологический эффект, так как не соответствуют отмеченным выше требованиям. Большинство протеолитических ферментов интенсивно катализируют гидролиз белков мышечных волокон и слабо воздействуют на белки соединительной ткани мяса. Некоторые ферменты вообще слабо воздействуют на белки мяса ввиду того, что оптимальное значение pH среды для их действия лежит в кислой или щелочной зоне, т. е. значительно удалено от естественного pH мяса. Выяснилось большое влияние температуры среды и других технологических факторов на активность протеолитических ферментов по отношению к белкам мяса.

Поэтому при определении возможности использования того или иного ферментного препарата для обработки мяса, технологи должны располагать данными, касающимися действия содержащихся в нем протеолитических ферментов на мышечные и соединительнотканые белки мяса при значениях pH среды, свойственных мясу и мясным продуктам, при температурах, соответствующих условиям холодильной и тепловой обработки мяса. В частности, очень важны данные о наличии коллагеназной активности ферментов, способности их воздействовать на коллаген мускульной соединительной ткани.

Масштабы применения ферментов в мясной промышленности еще не так обширны, как в других отраслях, например, хлебопекарной, пивоваренной и других, где применение ферментных препаратов уже дает значительный технико-экономический эффект. Это своеобразное отставание объясняется не только трудностью подбора ферментов, воздействующих на белки и структурные элементы мышечной ткани мяса в желаемом направлении, но и недостаточной разработкой способов обработки мяса ферментными препаратами, обеспечивающих более или менее равномерное распределение ферментов в мышечной ткани и достаточный контакт их с соединительноткаными прослойками.

Принимая во внимание большое практическое значение проблемы, в данной работе дается критическая оценка отдельных ферментных препаратов (с точки зрения действия их на белки мяса), способов их применения при обработке мяса. Рассматриваются некоторые аспекты методики изучения протеолитической активности препаратов и оценки качества мясopодуkтов, вырабатываемых из ферментированного мяса.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА И КЛАССИФИКАЦИЯ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Энзимы или ферменты – это катализаторы (ускорители), то есть вещества, которые обеспечивают быстрое и полное протекание химических реакций, обеспечивающих жизнедеятельность каждой отдельной клетки и всего организма. Ни один процесс – дыхание, пищеварение, движение, рост, развитие и т.д., не возможен без ферментов. Ферменты представляют собой сложные соединения различной химической природы, чаще всего белковой, и делятся на классы в зависимости от типа химической реакции, которую они катализируют, например, ферменты, катализирующие синтез – синтетазы (гликогенсинтетаза), распад – лиазы и т.д.

Пищевые ферментные препараты в зависимости от источников их получения разделяют на ферменты растительного, животного и микробного происхождения.

Такая группировка ферментов является условной; она сложилась в процессе развития науки о ферментах еще задолго до начала промышленного производства и применения ферментных препаратов.

Практика применения ферментных препаратов показывает, что не все ферменты, обладающие высокой протеолитической активностью, при обработке мяса дают должный эффект. Некоторые из них, интенсивно катализируя гидролиз белков мышечных волокон, слабо воздействуют на белки соединительной ткани, которые обуславливают жесткость мяса. Оптимальный pH среды для многих ферментов лежит в кислой или щелочной зоне, т.е. значительно удалено от естественного pH мяса. Установлена решающая роль также температур и существенное влияние других технологических факторов на эффективность действия протеолитических ферментов относительно белков мяса. Поэтому для технологов наибольший интерес представляют данные, касающиеся действия ферментов на мышечные и соединительнотканые белки мяса при pH среды, свойственных мясу и мясным продуктам, и температурах, характерных для холодильной и тепловой обработки мяса, а также сведения о коллагеназной активности ферментов, способности их воздействовать на коллаген внутримышечной соединительной ткани. Истинной коллагеназной активностью обладают лишь некоторые протеазы, в частности фицин способен гидролизовать нативный эластин, панкреатин – эластин и коллаген. Поскольку большинство ферментов не способны гидролизовать нативный коллаген [34, 37], под коллагеназной активностью иногда понимают также последовательное суммарное действие ферментов на соединительную ткань: при температурах ниже сваривания коллагена, когда происходит растворение основного вещества коллагеновых и эластиновых волокон, и при высоких температурах, когда фермент гидролизует коллаген, денатурированный нагреванием [24].

1.1 Ферменты растительного происхождения

В промышленных масштабах из этой группы протеолитических ферментов в некоторых странах вырабатывают (например, в США) папаин, бромелин и фичин.

Папаин получают из плодов папайи (дынного дерева), культивируемого в некоторых странах Центральной Америки, в Индии, на о. Шри-Ланка. В зрелых плодах папайи активность протеаз невелика. Незрелые плоды содержат латекс (млечный сок), обладающий высокой протеолитической активностью и способностью свертывать белки молока.

Латекс наряду с активной протеиназой содержит значительное количество примесей: белки, не обладающие протеолитической активностью, небелковые азотистые вещества, углеводы, пигменты, твердый и мягкий воск, смолистые, дубильные вещества и др. В латексе имеются ингибиторы содержащихся в нем протеолитических ферментов.

Жидкий латекс через несколько часов коагулирует, после чего его раскладывают тонким слоем на рамы, обтянутые плотной тканью, и сушат на открытом воздухе в тени или в печах при 50°C до влажности 6%. Для стабилизации ферментов в жидкий латекс перед сушкой добавляют от 0,2 до 1,0% бисульфита натрия и антисептик (например, тимол).

Высушенный латекс устойчив при хранении, его применяют в некоторых отраслях промышленности (кожевенной и др.), а также в качестве полуфабриката для получения пищевого папаина. Стандарт на папаиновый латекс, вырабатываемый в Индии, предусматривает следующие показатели его качества: содержание влаги не более 10%, общего азота 8,5%, белкового азота 50% от общего, минеральных веществ 11%, веществ растворимых в спирте не более 30%; лимитируется количество механических примесей, бисульфита натрия. Стандартом предусматривается выработка латекса двух сортов, отличающихся уровнем протеолитической активности.

В специальной литературе папаином называют как высушенный латекс, так и получаемые из него ферментные препараты разной степени очистки.

Пищевой папаин получают, отделяя ферменты от балластных веществ. Для этого латекс растворяют в воде, центрифугируют, образовавшийся осадок отбрасывают. Из водного раствора папаин осаждают, добавляя органический растворитель (обычно этиловый спирт). Осадок отделяют, высушивают, размалывают, просеивают. Пищевой папаин – светло-желтый порошок, не обладающий каким-либо вкусом и запахом, хорошо растворимый в воде. Активность его проявляется в широком интервале pH с максимумом 5–7, что соответствует естественному pH мяса. Папаин устойчив к нагреванию вплоть до 70°C; при 80–85°C инактивируется. С повышением температуры активность его значительно возрастает, достигая максимума около 70°C. Папаин представляет собой смесь протеиназ, отличающихся друг от друга молекулярной массой, изоэлектрической точкой, электрофоретической подвижностью и пр. Препарат папаина, применяемый как размягчитель мяса, примерно на 50% состоит из так называемого химопапаина, обладающего

высокой протеолитической активностью и способностью свертывать белки молока. Постоянное содержание химопаина, высокая устойчивость его при хранении послужили тому, что в США молокосвертывающая активность размягчителей мяса, содержащих папаин, наряду с другими методами принята в качестве одного из основных методов определения их активности [38].

Порошкообразные препараты папаина довольно устойчивы при хранении. Более того, имеются сведения о том, что активность сухого папаина, хранившегося в течение нескольких месяцев, не только не снизилась, но и несколько возросла. Причина этого явления не выяснена.

Под действием окислителей папаин может инактивироваться, что обусловлено особенностью строения активного центра этого фермента, включающего сульфгидрильные группы, которые в присутствии окислителей способны образовывать дисульфидные мостики. Эта реакция обратима: отдельные редуцирующие вещества, в частности цистеин, глутатион, активность папаина восстанавливают. Таким образом окислители выступают как ингибиторы, а восстановители (редуцирующие вещества) – как активаторы папаина. Это следует учитывать при промышленном применении папаина. При обработке мяса не требуется добавлять активаторы, так как они присутствуют в мясе в виде аминокислот и пептидов, содержащих сульфгидрильные группы. Папаин может инактивироваться ионами тяжелых металлов, блокирующими активный центр ферментов. Роль активаторов в этом случае состоит в связывании ионов-ингибиторов. Наряду с протеиназами в препаратах папаина содержится небольшое количество пектинэстеразы.

По эффективности действия на белки мышечных волокон мяса папаин уступает только трипсину. Это было убедительно показано в опытах с мясным порошком, приготовленным из высушенного сублимацией двуглавого мускула бедра [39]: если общий азот растворимых белков навески мяса принять за 100, то в результате протеолиза при 60°C в растворе папаина содержалось 67% небелкового азота и 33% белкового; в контрольном опыте соответственно 18 и 82%.

При гидролизе белков, выделенных из мышечной ткани наибольшую активность папаин проявляет по отношению к актомиозину (по сравнению с актином). То обстоятельство, что папаин гидролизует преимущественно актомиозиновую фракцию мышечных белков мяса, было обнаружено и другими исследователями. Так, при 60°C солерастворимая фракция мышечных белков мяса гидролизовалась до пептидов и аминокислот на 60%, водорастворимая только на 25% [36].

Экспериментальные данные о действии папаина на коллаген и эластин внутримышечной соединительной ткани мяса менее обширны, однако достаточны для того, чтобы понять, почему этот фермент получил наибольшее применение как размягчитель жесткого мяса. Отсутствие коллагеназной активности у папаина [37] приводило к необходимости рассматривать действие этого фермента в зависимости от температуры среды. Так было установлено, что при 60°C в течение 1 ч папаин гидролизует более 80% коллагена и около 60% эластина [39].

При изучении скорости протеолиза белков говяжьего мяса папаином, было отмечено, что даже в условиях хорошего контакта фермента с мясом (говяжий фарш) при комнатной температуре папаин относительно слабо гидролизует белки мяса; глубокий гидролиз белков наблюдался в интервале температур от 55 до 75°C. В этих опытах было отмечено, что скорость протеолиза возрастает, если мясо предварительно подвергали тепловой обработке. Это свидетельствует о том, что одним из факторов, определяющих эффективность воздействия папаина на белки мяса, является температура среды. Эти данные были подтверждены в последующих работах [38]. Гистологическими методами не было обнаружено нарушений нативной структуры мышечных волокон и соединительнотканых прослоек в результате обработки мяса при температурах ниже температуры денатурации коллагена и денатурации белков [44]. Однако в процессе тепловой обработки мяса папаин активно воздействует на все структурные элементы мышечной ткани. В частности, было показано, что при 60°C папаин хорошо гидролизует не только растворимые белки мяса, но также коллаген и эластин [39].

Данные, характеризующие влияние температуры на гидролиз папаином белков внутримышечной соединительной ткани мяса, приведены в таблице 1, в которой представлены результаты переваривания этим ферментом мясного порошка, приготовленного из высушенного сублимацией двуглавого мускула бедра говяжьей туши [38]. Растворимые белки мяса гидролизуются как при низких, так и при более высоких температурах, максимальный протеолиз наблюдается при 60 и 80°C, когда большая часть этих белков находится в денатурированном состоянии. При низких температурах коллаген практически не гидролизует папаином, максимальный гидролиз наблюдается при 60 и 80°C, т.е. в условиях, когда этот белок находится в денатурированном состоянии. По сравнению с коллагеном эластин гидролизует папаином менее интенсивно, зависимость степени гидролиза эластина от температуры несколько иная: эластин гидролизует папаином при 20 и 40°C, т.е. температурах, при которых на коллаген этот фермент практически не действует.

Таблица 1. Влияние температуры на гидролиз папаином белков внутримышечной соединительной ткани мяса

Фракции азотистых веществ мяса (двуглавого мускула бедра говяжьей туши)	Процентное соотношение фракций азотистых веществ в результате протеолиза мяса в 0,2%-ном растворе папаина при температурах, °C				
	20	40	60	80	при 60 контрольный опыт
Азот	48,9	45,7	30,8	32,8	76,6
растворимых белков	45,0	49,5	68,0	64,5	16,5
небелковый коллагена	4,6	4,0	0,5	0,7	4,5
эластина	1,5	0,8	0,7	2,0	2,4
Итого	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Некоторое снижение протеолиза всех белковых фракций при 80°C объясняется снижением термостабильности ферментных белков папаина при этой температуре и сравнительно большой продолжительностью протеолиза (60 мин), в результате чего часть ферментного белка на каком-то отрезке времени не участвовала в реакции.

В ферментированном мясе, подвергнутом тепловой обработке, обнаружены признаки разрушения сарколеммы мышечных волокон и деструкция коллагеновых волокон более интенсивная в эндомизии и менее заметная в перимизии; на эластиновые волокна папаин оказывал слабое воздействие.

Практический интерес представляют данные, касающиеся воздействия папаина на белки мяса при минусовых температурах. Замораживание и хранение в течение двух недель ферментированных папаином замороженных бифштексов приводило к тому, что после размораживания и тепловой обработки мясо приобретало горьковатый привкус [44]. Причины появления этого привкуса не выяснялись. Бифштексы, подвергнутые тепловой обработке без предварительного размораживания, были более жестки по сравнению с теми, которые предварительно размораживали при 4°C в течение 18 ч. Это дает основание предположить, что во время размораживания происходит дополнительный протеолиз белков мяса и дальнейшее расщепление небелковых азотистых веществ, сопровождающееся накоплением низкомолекулярных пептидов, часть которых обладает горьким вкусом [33].

Бромелин выделяют из плодов, стеблей и листьев ананаса. Наибольшее количество активных протеолитических ферментов содержится в плодах и стеблях растения. В отличие от папаина при созревании плодов ананаса количество и активность протеаз не снижается.

Разные виды ананаса отличаются по активности содержащихся в них протеолитических ферментов. Однако плоды ананаса используют только на пищевые цели. Выделение фермента из листьев затруднено из-за присутствия хлорофилла и гликозидов с неприятным вкусом. Поэтому промышленная выработка бромелина основана на использовании белой сочной мякоти стеблей ананаса. После снятия плодов стебли срезают с корней, измельчают, отпрессовывают сок, из которого фракционным осаждением органическими растворителями выделяют активный фермент.

По химической природе и свойствам бромелин относят к протеиназам типа папаина. Активность его проявляется в широком диапазоне pH (от 4,5 до 8,5). Протеолитическая активность бромелина выше, чем папаина. Пищевой бромелин представляет собой смесь ферментных белков с разными свойствами. Бромелин обладает высокой термостабильностью и высоким температурным оптимумом активности. В препаратах его постоянно содержится небольшое количество кислой фосфатазы, которой нет в препаратах папаина и других ферментах растительного происхождения. В свежеприготовленных препаратах бромелина присутствует пероксидаза, инактивирующаяся по мере их хранения.

Подобно папаину бромелин обладает высокой молоковертывающей активностью, обратимо инактивируется окислителями; активность восстанавливается под действием активаторов-восстановителей.

По способности гидролизовать белки мяса бромелин оценивается примерно на том же уровне, что и папаин. [34, 36, 39, 44]. Так, в условиях хорошего контакта с белками мяса при 60°C бромелин гидролизует около 80% растворимых белков [39]. По данным гистологических наблюдений [44], способность воздействовать на структурные элементы мышечных волокон мяса (ядра, сарколемму, миофибриллы) у бромелина практически такая же, как и у папаина, но несколько менее выражена. Бромелин способен гидролизовать растворимые белки мяса в широком интервале рН (от 2 до 10) с максимумом при рН 7 [34].

На рисунке 1 показана способность бромелина гидролизовать коллаген, эластин и белки солерастворимой фракции говяжьего мяса при разных рН среды и температурах, а также влияние этих внешних факторов на активность бромелина в отношении всех белков мяса, выраженную ростом небелкового азота в результате протеолиза. Из этих данных видно, что бромелин, как и другие растительные ферменты, не способен гидролизовать нативный коллаген и эластин. Однако он проявляет высокую коллагеназную и эластазную активность при повышенных температурах (60°C и выше), когда воздействует на коллаген и эластин, денатурированные в результате нагревания [34, 39]. Высокой активностью бромелина по отношению к белкам мяса объясняется его применение в ряде зарубежных стран для размягчения жесткого мяса [39], а также в производстве мясных паст, эмульсий и пр.

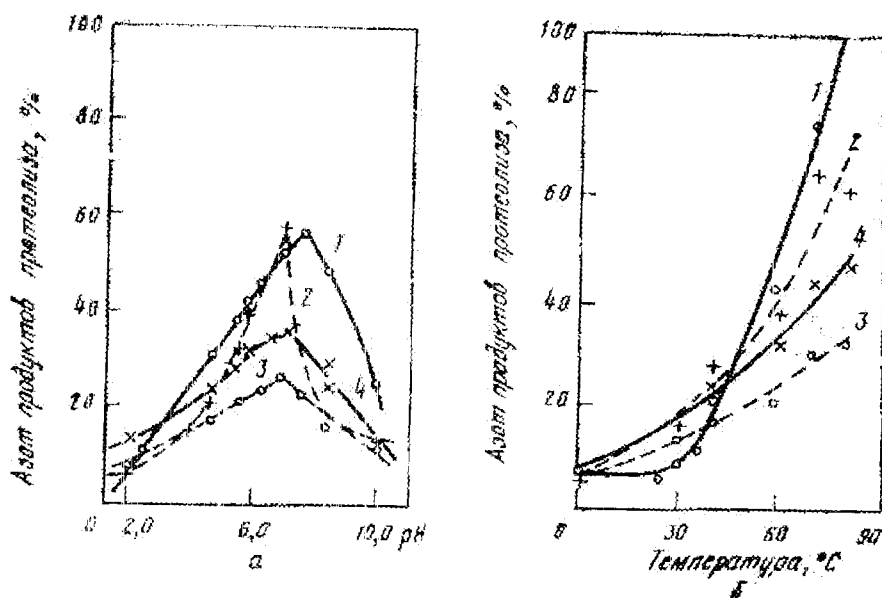


Рисунок 1. Влияние рН среды (а) и температуры (б) на активность бромелина по отношению к белкам мяса [34]:

1 – коллаген; 2 – эластин; 3 – солерастворимая фракция белков;
4 – общий небелковый азот.

Фицин выделяют из плодов, стеблей и листьев тропических растений рода *Ficus* [26]. Наиболее активные очищенные препараты получают из латекса – млечного сока стеблей листовых черенков. По характеру воздействия на белки и пептиды фицин относят к протеиназам типа папаина. Протеолитическая активность его проявляется в широком интервале pH, температурный оптимум активности 60–65°C, полная инактивация наступает при 80°C.

Фицин – единственный представитель группы растительных протеиназ, способный гидролизовать нативный эластин [23, 26, 34].

Вместе с тем он обладает высокой активностью по отношению к мукополисахаридному комплексу внутримышечной соединительной ткани мяса и растворимым белкам мяса [11, 39, 45].

При низких температурах фицин по сравнению с папаином и бромелином оказывает более сильное гидролитическое действие на мышечные белки мяса. При длительном контакте с белками (48 ч и более) в мясе заметно возрастает количество аминного азота [7, 25].

При этом фицин оказывает заметное воздействие на мышечную ткань, вызывая деструкцию сарколеммы, содержимого мышечных волокон и ядер.

При повышенных температурах, характерных для обычной тепловой обработки мяса, активность фицина по отношению к белкам мяса резко возрастает. Белки мяса, высушенного сублимацией и размолотого в порошок, в растворе фицина при 60°C в течение 1 ч почти полностью гидролизуются до водорастворимых продуктов.

Фицин сравнительно слабо воздействует на нативный коллаген [45]. Коллаген, выделенный из ахиллова сухожилия крупного рогатого скота, хорошо гидролизуетс фицином при pH около 3, а также при температурах 60°C и выше, т.е. в условиях, когда происходит денатурация коллагена высокой концентрацией водородных ионов или нагреванием.

Активность фицина по отношению к белкам мяса при разных pH и температурах показана на рисунке 2 [34]. Изменение этих факторов наиболее сильно влияет на активность фицина по отношению к коллагену и эластину и в меньшей степени на протеолиз мышечных белков. С повышением температуры протеолиз растворимых белков и эластина значительно ускоряется, тогда как коллаген остается нетронутым. Протеолиз коллагена становится заметным только при 45–50°C. Сравнивая эти температурные графики с аналогичными графиками, построенными для бромелина (см. рис. 1, б), легко заметить более высокую эластазную активность фицина. Это свойство фицина имеет большое практическое значение, так как его можно эффективнее, чем другие ферменты, применять для размягчения мяса, содержащего повышенное количество эластина.

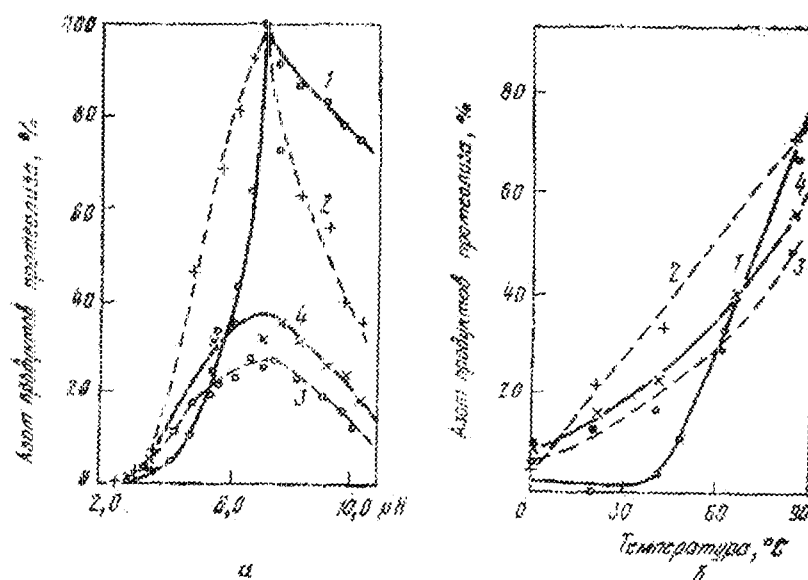


Рисунок 2. Влияние pH среды (а) и температуры (б) на активность фицина по отношению к белкам мяса [34]:

1 – коллаген; 2 – эластин; 3 – солерастворимая фракция белков;
4 – общий небелковый азот.

1.2 Ферменты животного происхождения

В этой группе ферментов наибольший интерес представляют ферментные препараты, вырабатываемые из поджелудочной железы убойных животных, а также пепсин, вырабатываемый из слизистой оболочки сычугов крупного рогатого скота. Из поджелудочной железы убойных животных вырабатывают: кристаллический трипсин, кристаллический химотрипсин, медицинский панкреатин и др.

Поджелудочная железа содержит комплекс протеолитических ферментов. Около 50% составляют трипсин и химотрипсин которые выделены в кристаллическом виде и всесторонне изучены [6].

Трипсин и химотрипсин расщепляют пептидные связи белков и пептидов в широком интервале pH с оптимумом активности при pH 7–9 температурный оптимум их активности около 50°C. Химотрипсин наряду с протеолитической обладает высокой молокозвертывающей активностью. Активное действие трипсина на мышечные белки установлено в ряде экспериментальных работ, посвященных применению ферментных препаратов для обработки мяса [10, 29, 36, 39].

Ферментативный гидролиз белков при обработке мяса трипсином сопровождается значительным увеличением количества аминокислот и пептидов. Так, в полусухожильном мускуле, обработанном раствором трипсина путем шприцевания и выдержанном при комнатной температуре 90 мин, количество небелкового азота возросло с 5,9 до 11,3% к общему азоту мяса, тогда как в необработанном полусухожильном мускуле в течение 6 суток при 10°C содержание небелкового азота увеличилось лишь до 6,4%. Под действием трипсина в мясе возрастает доля прочно связанной воды, что положительно

влияет на некоторые показатели качества готовых мясopодуктов [10, 29].

При 60°C в условиях хорошего контакта белков с ферментом, когда в качестве субстрата использовали мясо, высушенное сублимацией, размолотое в порошок [39], или высушенные водо- и солерастворимые белковые фракции [36], гидролиз мышечных белков трипсином протекал более интенсивно.

Если в оценке активности трипсина по отношению к мышечным белкам мяса противоречий нет, то иначе обстоит дело в оценке активности этого фермента по отношению к белкам внутримышечной соединительной ткани мяса. В экспериментах на препаратах коллагена, выделенных из ахиллова сухожилия, шкур крупного рогатого скота и других биологических материалов, установлено, что нативный коллаген трипсином не гидролизуетсЯ; денатурированный коллаген (нагреванием, высокой концентрацией водородных ионов или другим способом) гидролизуетсЯ трипсином хорошо. Эти данные послужили основанием к тому, чтобы активность трипсина изучать при 60°C, т.е. в условиях, когда фермент будет гидролизовать коллаген, денатурированный нагреванием. По результатам опытов, проводившихся на мясном порошке [39] и строме выделенной из мяса [36], трипсин характеризовали как фермент, активно воздействующий на внутримышечную соединительную ткань. Однако в опытах на мясе (те же мышцы) выяснилось, что трипсин совсем не размягчает жесткое мясо или размягчает его незначительно, намного слабее, чем панкреатин и тем более папаин.

Причины такого несоответствия необходимо рассмотреть более детально, так как до последнего времени на основании модельных опытов трипсин продолжают ошибочно относить к размягчителям жесткого мяса (табл. 2) [36].

Таблица 2. Экспериментальные данные о действии трипсина, панкреатина и папаина на коллаген стромы и мясо

Ферментный препарат	Концентрация препарата, %	рН водных растворов ферментных препаратов	Коллаген стромы, расщепленный ферментами в ходе протеолиза (в % от исходного содержания) при температуре, °С		Коллаген мяса, перешедший в растворимый глютин в результате жаренья мяса, % от исходного содержания	Снижение усилия резания мяса по сравнению с контрольным, %	Органолептическая оценка мягкости мяса, баллы
			37	60			
Трипсин	0,1	5,9	11,0	31,9	21,7	23,1	3,5
Панкреатин	0,3	6,0	12,5	32,1	34,9	40,2	4,0
Папаин	0,3	6,6	4,5	26,0	68,4	66,6	4,5
Контроль	0,0	6,0	—	—	13,5	—	3,0

Препарат стромы обрабатывали водными растворами ферментов при 37 и 60°C. Опыты по размягчению мяса проводили на симметричной мышце из этой же туши; ферментные растворы в 10 раз большей концентрации, чем в опытах со стромой, шприцевали в куски мяса в количестве 10% к его массе. Ферментированное мясо выдерживали 1 ч при 60°C, после чего жарили во фритюре до температуры в центре кусков 75°C, охлаждали влажной салфеткой до комнатной температуры. Органолептическую оценку жесткости проводили по пятибалльной шкале без учета таких показателей, как вкус, запах, сочность; при этом высшим баллом оценивали мясо более мягкое, которое хорошо разжевывалось.

Опыты на препаратах стромы (см. табл. 2) показали, что трипсин хорошо расщепляет коллаген и даже превосходит в этом отношении папаин. Следовательно, его можно причислить к размягчителям жесткого мяса. Однако опыты на мясе не подтверждают этого вывода: после обработки раствором трипсина наблюдалось незначительное снижение жесткости мяса.

Некоторые исследователи слабое воздействие трипсина на коллаген объясняли недостаточным контактом между ферментом и субстратом. Экспериментально было установлено, что при температурах, исключающих денатурацию коллагена, трипсин при прочих равных условиях более заметно расщепляет разрушенные коллагеновые волокна и тем интенсивнее, чем выше степень их измельчения.

Трипсин и некоторые другие протеолитические ферменты, обладающие слабой коллагеназной активностью, при температурах ниже денатурации коллагена способны расщеплять связи между так называемыми телопептидами, не входящими в третичную спираль молекулы коллагена, а также некоторые другие поперечные связи [37]. Противоречия в оценке коллагеназной активности трипсина объясняются тем, что интенсивность протеолиза коллагена измеряли в описанных экспериментах количеством образовавшихся водорастворимых азотистых веществ.

Ускорение гидролиза коллагена трипсином при 60°C (см. табл. 2) связано с изменением состояния субстрата, т.е. наличием некоторого количества денатурированного коллагена. Установлено, что денатурированный коллаген хорошо гидролизуются почти всеми протеолитическими ферментами, в том числе и трипсином.

При pH среды около 6 трипсин проявляет максимальную протеолитическую активность при 45-50°C. В процессе тепловой обработки мяса, предварительно подвергнутого воздействию трипсином, инаktivация фермента происходит быстрее денатурации коллагена мяса. В результате этого протеолиз коллагена при тепловой обработке мяса практически сводится к нулю. Таким образом, слабое воздействие трипсина на соединительную ткань мяса можно объяснить сравнительно низким температурным оптимумом активности этого фермента (около 50°C) и высокой скоростью инаktivации его за верхними пределами этого оптимума.

Сведения о химотрипсине касаются главным образом гидролиза казеина, лактальбумина и гемоглобина. О действии химотрипсина на белки мяса

имеются весьма ограниченные данные [29]. Исходя из того, что трипсин и химотрипсин проявляют максимальную протеолитическую активность в одном и том же интервале pH среды (7–9), а также имеют одинаковый температурный, оптимум активности, по перспективности использования для обработки мяса химотрипсин следует считать равноценным трипсину. Трипсин и химотрипсин не могут быть отнесены к размягчителям жесткого мяса. Однако эти ферменты пригодны для других технологических целей (например, для получения белковых гидролизатов, очистки коллагенового сырья от сопутствующих белков и др.).

Производство препарата пищевого пепсина включает: измельчение сырья, экстрагирование фермента водой (pH 2), освобождение экстракта от осадка, высаливание фермента поваренной солью, сушка, измельчение, обезжиривание, просеивание. Пепсин выделен в кристаллическом виде. Его протеолитическая активность проявляется при pH 1,5–6 с оптимумом при pH 2. Изоэлектрическая точка пепсина лежит в кислой среде при pH 1,1.

Пепсин в зоне естественного pH мяса обладает сравнительно низким температурным оптимумом активности, как и трипсин, следовательно, его можно рекомендовать для получения белковых гидролизатов.

Панкреатин получают экстрагированием гомогенизированной поджелудочной железы и высушиванием водного экстракта в распылительной сушилке. При выработке медицинского панкреатина полученный порошок обезжиривают бензином, просеивают и смешивают с сахарной пудрой или лактозой для получения препарата стандартной активности. Панкреатин представляет собой комплекс, содержащий наряду с трипсином и химотрипсином значительное количество других ферментов и биологически активных водорастворимых компонентов.

Протеолитическая активность панкреатина проявляется в широком интервале pH, в зоне естественного pH мяса он достаточно активен. В растворах панкреатин обладает высокой термостабильностью, однако температурный оптимум его довольно низкий – при pH 6 составляет 50°C.

Значительный интерес представляют экспериментальные данные, касающиеся содержания в поджелудочной железе убойного скота ферментов, обладающих коллагеназной и эластазной активностью [22, 41], в том числе по отношению к коллагену и эластину внутримышечной соединительной ткани мяса [41].

Медицинский панкреатин обладает сравнительно коллагеназной и эластазной активностью, вызывает дезагрегацию коллагена внутримышечной соединительной ткани в достаточной для размягчения мяса степени (34,9%) и усилие резания мяса вдоль мышечных волокон снижается на 40,2% (см. табл. 2). Медицинский панкреатин был рассмотрен лишь в связи с тем, что он стандартизован по активности и содержит все протеолитические ферменты поджелудочной железы. Пользуясь им, удобно изучать действие панкреатических ферментов на белки мяса.

Эти данные подтверждаются опытами с препаратами коллагена, выделенными из внутримышечной соединительной ткани [41] и с очищенным

препаратом эластина. Испытывали три фракции коллагена: солерастворимую, кислоторастворимую и кислотонерастворимую. Степень протеолиза контролировали по количеству оксипролина в водорастворимой небелковой части субстрата. Из результатов этих опытов, представленных на рисунке 3 видно, что при рН 5,5 и температуре 37°C гидролизовались все три фракции коллагена, причем наиболее интенсивно солерастворимая фракция, наименее – кислоторастворимая. Эластин гидролизовался – примерно также, как кислотонерастворимая фракция коллагена. Максимальная активность панкреатина по отношению к кислоторастворимой фракции коллагена проявляется при рН среды 5,5. Кроме того, кислоторастворимая фракция коллагена, как наиболее устойчивая к воздействию ферментов, была испытана в качестве субстрата (при рН 5,5) для оценки коллагеназной активности сока поджелудочной железы и некоторых ферментных препаратов.

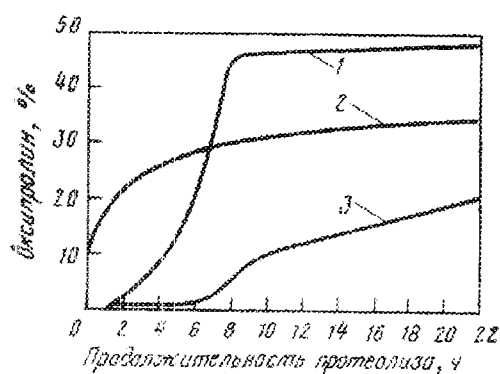


Рисунок 3. Гидролиз трех фракций коллагена внутримышечной соединительной ткани говяжьего мяса панкреатином
1 – солерастворимой; 2 – кислотонерастворимой; 3 – кислоторастворимой

Приведенные в таблице 3 данные подтверждают, что экстракт поджелудочной железы мясопромышленных животных содержит активные ферменты, гидролизующие нативный коллаген.

Таблица 3

Ферментный препарат	Содержание оксипролина в продуктах протеолиза, % от начального содержания и навеске коллагена
Экстракт поджелудочной железы	
Свиной	22,0
Говяжьей	18,1
Раствор	
Папаина	0
Трипсина	3,9
Панкреатина	4,7

Кроме того, более высокая коллагеназная активность свиной поджелудочной железы дает основание предполагать, что поджелудочная железа разных лесопромышленных животных содержит ферменты различной активности. Это предположение имеет практическое значение при качественной и количественной оценке сырьевых ресурсов для производства панкреатина и других ферментных препаратов из поджелудочной железы. Поэтому оно требует обстоятельной проверки.

О содержании коллагеназы в панкреатине можно судить по данным, полученным фракционированием раствора препарата на гелях сефадекса G-100, при этом одновременно определяли оптическую плотность, протеолитическую и коллагеназную активность фракций (рис. 4).

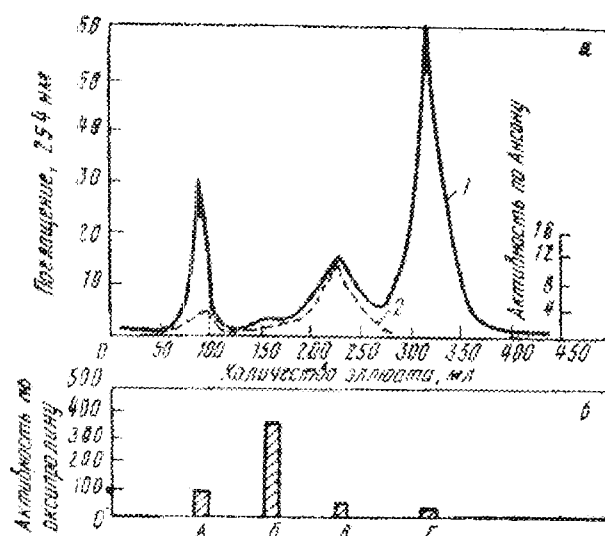


Рисунок 4. Фракционный состав белков (а) и коллагеназная активность ферментных фракций (б) панкреатина:

1 – кривая поглощения; 2 – кривая протеолитической активности по Ансону.

На кривой поглощения (рис. 4, а) четко обнаруживается четыре фракции, каждая из которых обладает коллагеназной активностью. Это дает основание полагать, что панкреатическая коллагеназа является не индивидуальным ферментом, а смесью активных белков разной молекулярной массы. Ферментная фракция Б, обладающая наибольшей коллагеназной активностью, в количественном отношении незначительна и находится между двумя фракциями, обладающими высокой протеолитической активностью. Эти сведения могут оказаться весьма полезными при комплексном использовании поджелудочной железы как ферментного сырья.

Для обработки мяса предлагались и другие препараты, получаемые из поджелудочной железы, известные под названиями: активированная ферментативная смесь (АФС) [30] и сухой комплексный ферментный препарат (СКФП).

Препарат АФС целесообразно вырабатывать из поджелудочной железы, не пригодной для выработки медицинских препаратов, и молочной железы

убойного скота. Для получения препарата сырье измельчают на волчке и куттере и подвергают автолизу 16-20 ч при 18-20°C. Автолизат смешивают с поваренной солью, глицерином. Получаемая при этом «паста АФС» служит полуфабрикатом для получения водно-солевых экстрактов, обладающих достаточной протеолитической активностью.

Ферментные препараты, выделенные из поджелудочной железы убойного скота, не нашли широкого применения для обработки мяса.

Ресурсы поджелудочной железы как ферментного сырья крайне ограничены, так как основная масса поджелудочной железы используется для выработки медицинских (гормональных и ферментных) препаратов [22].

Последнее обстоятельство навело автора на мысль изучить активность протеолитических ферментов поджелудочной железы птицы. Опыты, проведенные нами в лаборатории технологии продуктов общественного питания Московского института народного хозяйства им. Г.В. Плеханова (МИНХ) с поджелудочной железой кур, дали положительные результаты. Поджелудочную железу отделяли от внутренних органов промывали водопроводной водой, затем разбавленной соляной кислотой, снова водой, замораживали и хранили в замороженном состоянии. Для приготовления экстрактов железу размораживали на воздухе, промывали, после чего растирали в фарфоровой ступке. Полученный гомогенат железы разбавляли водой из расчета 500 мл на одну железу. Экстракт фильтровали и использовали для измерения активности содержащихся в нем протеолитических ферментов. Одновременно с этим для сравнения в тех же условиях измеряли активность 1%-ного раствора медицинского панкреатина. Эксперименты показали, что протеазы поджелудочной железы кур, также как и медицинского панкреатина, активны в широком интервале рН среды (3–10) с оптимумом при рН 8–9 (рис. 5, а). Температурный оптимум ферментов поджелудочной железы кур совпадает с этим показателем для медицинского панкреатина (рис. 5, б). При 60–65°C протеолитические ферменты обоих исследованных препаратов имеют активность вполне достаточную (30–40 ед.), чтобы воздействовать на денатурированные белки внутримышечной соединительной ткани мяса.

Данные о протеолитической активности экстрактов поджелудочной железы кур, полученные нами вискозиметрически на растворах желатина, подтвердились при измерении активности этих экстрактов по отношению к соединительнотканым белкам мяса. Активность экстракта поджелудочной железы кур и раствора медицинского панкреатина измеряли на говяжьем мясе, высушенном сублимацией: навески массой 1 г размолотого в порошок мяса смешивали с 20-кратным по массе количеством ферментного раствора (в фосфатном буфере рН 6,0) или водой (контрольный опыт) и выдерживали в термостате 1 ч при 2, 18, 40, 50, 60 и 70°C. По окончании протеолиза смесь фильтровали, остаток на фильтре промывали 50 мл горячей (50°C) воды и определяли в нем оксипролин.

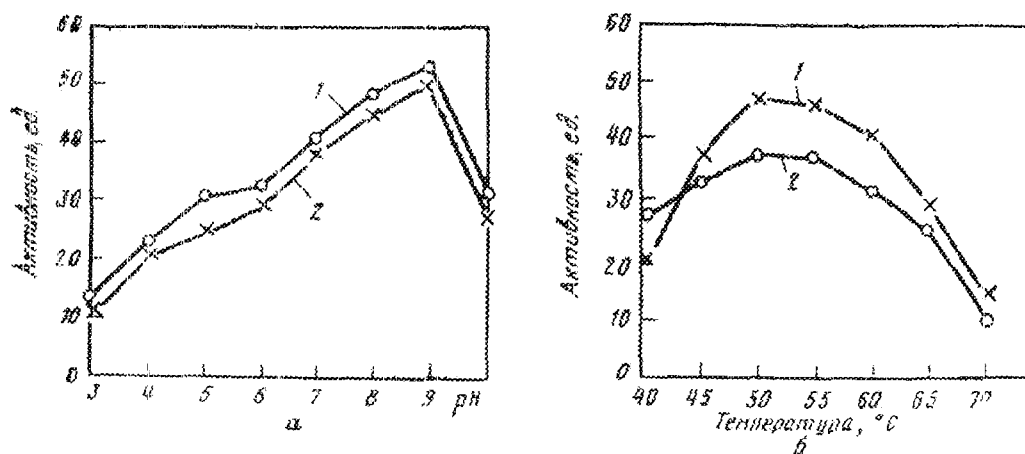


Рисунок 5. Зависимость протеолитической активности:
а – от pH среды; б – от температуры среды;
1 – экстракт поджелудочной железы кур; 2 – медицинский панкреатин.

Разность между содержанием оксипролина в исходной навеске мяса и в остатке на фильтре служила показателем гидротермической дезагрегации коллагена и ферментативного расщепления белков соединительной ткани. Результаты этих опытов представлены в таблице 4.

Таблица 4

Температура протеолиза, °C	Содержание оксипролина водорастворимых продуктов протеолиза белков внутримышечной соединительной ткани мяса, % от исходного количества их в навеске		
	в контрольном опыте	под действием медицинского панкреатина	под действием экстракта из поджелудочной железы кур
2	—	9,2	9,4
18	—	21,7	27,2
40	3,2	22,3	34,7
50	7,6	39,1	39,3
60	7,6	62,3	70,6
70	11,9	27,7	25,4

Как видно из таблицы 4, экстракт поджелудочной железы кур, как и медицинский панкреатин, содержит ферменты, расщепляющие белки соединительной ткани мяса до водорастворимых продуктов как при низких температурах, так и в условиях тепловой обработки мяса.

Органолептическая оценка качества антрекотов, обработанных экстрактом поджелудочной железы кур, показала, что жесткое мясо (двуглавый мускул бедра), предназначенное в соответствии с действующими техническими условиями только для тушения, можно использовать для жаренья в натуральном виде (табл. 5).

Таблица 5. Органолептическая оценка качества антрекотов, обработанных экстрактом поджелудочной железы кур

Органолептические показатели качества антрекотов	Коэффициент вескости	Органолептическая оценка качества антрекотов, обработанных ферментами, и контрольных, баллы		
		вид ферментного препарата		контрольные образцы
		медицинский панкреатин	экстракт поджелудочной железы кур	
Внешний вид	2	5	5	4,4
Аромат	2	5	4,9	4,1
Вкус	2	4,8	5	4,1
Разжевываемость	3	4	5	2,6
Общая балловая оценка	–	4,7	5,0	3,8

При этом получают изделия хорошего качества. Контрольные антрекоты, не обработанные ферментами, за внешний вид получали более низкую балловую оценку, так как при жаренье куски мяса деформировались и вследствие этого имели неравномерную поджаристую корочку на поверхности. Более низкая балловая оценка органолептических показателей (аромат и вкус) контрольных антрекотов объясняется, по нашему мнению, плохой разжевываемостью мяса.

Высокая эффективность ферментов поджелудочной железы кур как размягчителей жесткого мяса подтвердилась также при измерении усилия резания опытных и контрольных образцов (брусочки сечением около 1 см²) на приборе Уорнера – Братслера; в результате многочисленных измерений получены средние значения усилия резания 19,6 и 31,4 Н соответственно для опытных и контрольных образцов мяса.

Таким образом, на основании сведений, имеющихся в литературе, и экспериментальных данных, полученных в МИНХе им. Г.В. Плеханова, можно сделать вполне определенный вывод о том, что экстракт поджелудочной железы убойного скота и птицы так же, как и имеющиеся в продаже препараты медицинского панкреатина хорошо размягчают жесткое мясо. С одной стороны, это обусловлено наличием в панкреатине коллагеназы и эластазы, с другой – более высокой температурой инактивации содержащихся в нем протеаз (около 70°C), что создает благоприятные условия для более продолжительного воздействия ферментов на денатурированный коллаген внутримышечной соединительной ткани в процессе тепловой обработки.

1.3 Ферменты микробного происхождения

Производство ферментных препаратов из микроорганизмов представляет сложный многоступенчатый процесс [32]. Посредством селективного отбора выделяют штаммы чистых культур микроорганизмов, безвредных для человека и продуцирующих высокоактивные ферменты (протеолитические, амилалитические и пр.). Эти штаммы продуцента используют для производственного культивирования микроорганизмов. В лабораторных условиях из штамма готовят посевной материал, размножая микроорганизмы на специальных питательных средах в определенных условиях. Посевной материал засевают на подготовленную питательную среду (стерилизованную и охлажденную) и выращивают так называемую производственную культуру. Применяют один из двух способов культивирования: поверхностный и глубинный. Микроорганизмы развиваются в строго контролируемых, регулируемых условиях: температуры влажности, pH среды, степени аэрации и т.д. При этом ферменты, синтезируемые микроорганизмом, накапливаются в питательной среде и в микробной клетке. Продолжительность культивирования определяется максимальным накоплением ферментов.

Биомасса, содержащая ферменты, применяется в некоторых отраслях пищевой и легкой промышленности без какой-либо дальнейшей обработки (например, в спиртовой, кожевенной промышленности, т.е. там, где ферменты и сопутствующие им вещества не могут входить в состав готового продукта). При получении ферментных препаратов, предназначенных для обработки мяса, ферменты переводят в раствор, фильтрованием отделяют нерастворимые примеси и микроорганизмы, после чего ферменты осаждают органическими растворителями или высаливают сульфатом аммония. При необходимости производят дальнейшую очистку ферментов.

Таким образом, производство ферментных препаратов состоит из двух этапов:

- получение и хранение штаммов чистых культур микроорганизмов, как правило, в научно-исследовательских лабораториях;
- производство ферментных препаратов на промышленных предприятиях.

Выработка пищевых ферментных препаратов с заданными свойствами возможна лишь при условии выполнения ряда специфических требований, как на первом, так и на втором этапе.

Пищевые ферментные препараты с высокой протеолитической активностью впервые начали применять в бродильной промышленности [32].

Возможность применения ферментов микробного происхождения для обработки мяса долгое время оставалось неясной. Первые опыты в этом направлении оказались неудачными: микробные ферменты плохо размягчали жесткое мясо и не могли даже в малой степени конкурировать в отношении с папаином, бромелином и фишином. Исследования, проведенные в Американском мясном институте (г. Чикаго), показали [44, 45], что все микробные ферменты хорошо гидролизуют белки мышечных волокон и

большинство из них слабо воздействует на коллаген и эластин соединительной ткани мяса. В одной из первых экспериментальных работ гистологическими методами было показано, что такой грибковый ферментный препарат как Розим П-11 при комнатной температуре вызывал в мясе деструкцию сарколемы и мышечных волокон, распад ядер и клеток в области эндомиоэпителиальной, но не оказывал заметного воздействия на коллагеновые и эластиновые волокна. При 60°C Розим П-11 хорошо гидролизует как мышечные белки, так и коллаген мяса [39]. На основании этих исследований Розим П-11, как размягчитель жесткого мяса, был поставлен в один ряд с папаином, бромелином и фицином. Другие исследованные ферментные препараты микробного происхождения оказались неподходящими для обработки жесткого мяса, так как содержащиеся в них протеазы гидролизуют главным образом белки мышечных волокон и не оказывают достаточного воздействия на коллаген и эластин [39, 45].

В таблице 6 [39] приведена сравнительная активность ферментных препаратов, полученных из различных источников, по отношению к мышечным белкам и коллагену мяса; для сравнения активность папаина принята за единицу. Субстратом служил мясной порошок высушенного сублимацией двуглавого мускула бедра. Протеолиз проводили 1 ч при 60°C в буферном растворе (рН 5,5); степень протеолиза определяли: мышечных белков – по приросту небелкового азота, коллагена – по содержанию оксипролина в остатке мясного порошка.

Таблица 6. Сравнительная активность ферментных препаратов

Ферментные препараты	Сравнительная активность по отношению	
	к мышечным белкам мяса	к коллагену внутримышечной соединительной ткани
Растительные		
папаин	1,0	1,1
бромелин	1,0	1,2
фицин	0,8	1,2
Животные		
пепсин	0,01	0,0
трипсин	16,0	0,9
Микробные		
Розим П-11	1,3	1,0
Розим А-4	0,8	0,4
Протеаза 15	1,1	0,4

Данные о сравнительной активности хорошо согласуются с результатами гистологических исследований, в которых было показано [45], что характер воздействия растительных и микробных ферментов на коллагеновые волокна мяса различен: под действием папаина, бромелина или фицина от коллагеновых волокон вначале отделяется основное вещество, снижается интенсивной

окраски волокон (кислый фуксин), затем исчезает фибриллярный характер волокон и, наконец, происходит их распад с образованием аморфной массы; под воздействием микробных ферментов изменения ограничиваются отделением от коллагеновых волокон основного вещества, причем снижения интенсивности окраски или деструкции коллагеновых волокон не наблюдается. Одновременно с этим установлено, что микробные ферменты не оказывают воздействия на эластиновые волокна мяса.

Слабое воздействие микробных ферментов на соединительную ткань мяса при наличии у них высокой протеолитической активности послужило поводом для изучения возможности комбинирования микробных протеаз с растительными и изыскания дополнительных сырьевых ресурсов растительного и животного сырья, пригодного для промышленного производства ферментных препаратов – размягчителей мяса.

При комбинировании ферментов (например, микробных с растительными) преследовалась цель разработать такие комплексные препараты, которые одинаково бы эффективно гидролизовали как белки мышечных волокон, так и соединительной ткани мяса. В этих исследованиях не учитывалось то, что папаин, бромелин и фицин не обладают способностью воздействовать на соединительную ткань, не затрагивая мышечные волокна мяса. Таким образом, при обработке мяса комбинированными ферментными препаратами следует ожидать усиления гидролиза белков мышечных волокон под действием растительных и микробных ферментов. В то же время белки соединительной ткани мяса будут гидролизоваться растительным ферментом комбинированного препарата в такой же степени, как обычно, без комбинирования с другими ферментами.

В ряде случаев после растворения комбинированного препарата в воде наблюдается денатурация одного фермента другим, а также гидролиз денатурированного фермента. Это приводит к потерям ферментов, снижению экономической эффективности их применения.

Ввиду отмеченных выше недостатков идея комбинирования разных ферментов в одном препарате не получила дальнейшего развития.

Исследования, проведенные по второму направлению (изысканию дешевых отечественных источников получения растительных ферментов), показали, что из листьев инжира, культивируемого в республиках Средней Азии, можно получать фицин [23, 26], из проросших семян сои некоторых дальневосточных сортов – ферментный препарат, хорошо размягчающий жесткое мясо [12].

Работы в этом направлении проводились также в НРБ и ВНР. Активные протеолитические ферменты, размягчающие жесткое мясо, найдены в корнях имбиря. Принимая во внимание, что перспективы развития ферментной промышленности в странах СНГ связаны с расширением производства микробных ферментных препаратов, следует отметить, что одна из причин первых неудач применения микробных ферментов как в нашей стране, так и за рубежом заключалась в том, что испытанные препараты не были специально предназначены для обработки мяса, они были взяты из числа тех, которые

имелись в распоряжении предприятий-изготовителей и предназначались для использования в бродильной, хлебопекарной и других отраслях пищевой промышленности. Поэтому на основании этих опытов было преждевременно делать широкие обобщения о перспективности ферментов, той или иной группы для обработки мяса. Можно предположить, что одна из главных причин отсутствия коллагеназной и эластазной активности у большинства исследуемых микробных ферментных препаратов – сравнительно низкий температурный оптимум их активности, быстрая инактивация протеаз при тепловой обработке мяса и недостаточное в связи с этим воздействие их на денатурированные белки внутримышечной соединительной ткани [24].

Сложность и трудоёмкость приготовления препаратов ферментов, потеря значительной доли коллагена в результате неполной его экстракции и денатурации под влиянием повышенной температуры, действующей длительное время, снижают значение методов обработки коллагена протеолитическими ферментами животного и растительного происхождения. Новые перспективы и реальная возможность внедрения биотехнологических методов в производство возникает при использовании микробных ферментных препаратов, отличающихся высокой стабильностью, возможностью варьировать специфику биохимических свойств. Было проведено изучение эффективности ферментативного гидролиза балластных компонентов различных коллагенсодержащих источников с применением ряда микробных препаратов: протосубтилина, прстомегетерина, липоризина, выделенных из соответствующих микроорганизмов (*B. subtilis*, *B. megaterium*, *R. oryzae*).

В результате отбора микробных продуцентов авторами [3] предложены *Penicillium wortmannii* ВКМ – 2091 и *Streptomyces chromogenes* s. *gracilis* 0832. Установлено, что *Str. chromogenes* наиболее кератинофил, однако по уровню коллагеназной активности этот продуцент был ниже промышленного *B. subtilis*. Высоким уровнем коллагеназной и кератиназной активности при гидролизе пера отличаются протеолитические комплексы ферментов *P. wortmannii*, включающие две специфические протеиназы с различными физико-химическими свойствами, удовлетворяющие требованиям мясной промышленности [2].

Таким образом, для мясной промышленности наибольшую перспективу имеют микробные ферментные препараты и клетки, характерные специфической активностью в отношении фибриллярных белков упроченной структуры.

Оценка эффективности биотехнологий переработки коллагенсодержащего сырья предполагает экономию 10–20% основного сырья при получении полноценных мясных продуктов и 70–100% – в случае выработки искусственных оболочек и плёнок.

Применение специфических ферментных препаратов и клеток позволяет осуществить принципиально новые технологии глубокой и комплексной переработки основного, вторичного сырья и не пищевых отходов с реализацией режимов в естественных диапазонах температуры, pH среды и давления,

минимальными энергозатратами, без дополнительных капитальных вложений и нежелательных экологических воздействий.

1.4 Химические соединения, используемые в процессе ферментации

Множество химических соединений используются в качестве активаторов ферментов. Активаторы обычно относят к классу редуцирующих соединений, это могут быть гидросульфид, гидросульфит, сульфид, сульфит, бисульфит, тиосульфат натрия, глутатион, цистеин, цистеингидрохлорид, метионин, тиоуксусная кислота, тиомолочная кислота, тиобензойная кислота, тиюблочная кислота, тигликолат натрия, тиоглицерин, бензилмеркаптан, *n*-бутилмеркаптан, 2-диэтиламиноэтанэтиол, этилтиогликолат, 3-меркаптопропионовая кислота, метоксиэтилтиогликолат, *o*-меркаптобензойная кислота, дитиоэритритол, гликольдимеркаптоацетат, пентаэритритолтетра (3-меркаптопропионат), пентаэритритолтетратиогликолат, гликольдимеркаптопропионат и их смеси. Другие щелочные металлы, например калий, можно использовать вместо натрия в перечисленных выше соединениях. Кроме того, активатором панкреотина может быть сульфат аммония. Считают, что активаторы «открывают» SH-группы в молекуле фермента.

Тиолсодержащие соединения – это молекулы, имеющие в своем составе SH-группы, которые очень широко представлены в клетке в виде трипептида глутатиона и других белков. Тиолсодержащие белки участвуют практически во всех ключевых биохимических процессах. Эти соединения присутствуют в клетке в двух состояниях: восстановленном (-SH-) и окисленном (-SS-), причем концентрация SH-групп в несколько раз выше концентрации SS-групп. По мнению [40], SS-связи являются составной частью антиоксидантной защиты. Разнообразные окислители активно реагируют с SS-группами, образуя оксиды серы. Поверхностно экспонированные, они создают очень высокую концентрацию реагента, обеспечивая тем самым надежную защиту от окислительного разрушения всей молекулы. В качестве модели *in vitro* была выбрана глутаматсинтетаза *E. coli*, на которой изучали действие H_2O_2 . Было выявлено, что поврежденные окисленные дисульфидные связи экспонированы на поверхности, между тем как интактные погружены в середину белковой молекулы. Доступные для окисления остатки в большинстве случаев были сгруппированы в области, преграждающей доступ к активному центру белка. Переход -S-S- из окисленного состояния в восстановленное осуществляется метионин-сульфоксидредуктазой. Тем самым создается эффект амплификации антиоксидантного переноса каждого остатка аминокислоты, содержащей -S-S- группу [42].

Исходя из этого, можно сделать вывод, что тиолдисульфидная система реагирует на любое воздействие внутреннего или внешнего характера изменением своего окислительно-восстановительного состояния. Это состояние можно охарактеризовать соотношением концентрации -SH- и -SS- групп (SH/SS) – тиосульфидное соотношение (ТДС). Изменение редокс-равновесия в этой системе носит разнонаправленный (фазовый) характер и зависит от силы и

длительности действующего фактора. Иными словами, первоначальное изменение в ТДС, характеризующееся сдвигом редокс-равновесия в сторону восстановления, сменяется изменением противоположной направленности – сдвигом редокс-равновесия в сторону окисления. Это можно рассматривать как признак ее активации и истощения, что свидетельствует об окислительном повреждении белковой молекулы и отражает общую динамику адаптивного процесса [20].

Существуют также низкомолекулярные симметричные дисульфидные соединения. Кроме тетратионата натрия к таким соединениям относятся: 2-оксиэтилдисульфид, дитиодиопрэпанол, 6,6-дитиодиникотиновая кислота, цистин, тиаминдисульфид, дисульфид чесночного сока, окисленный глутатион и их смеси. Кроме этих дисульфидов некоторые сульфгидрильные соединения, которые обычно считаются активаторами ферментов, можно применять для обратимой инактивации сульфгидрильных протеаз.

Соответствующие сульфгидрильные соединения включают меркаптоэтанол, цистеин и тиоглицерол. Когда их добавляют в раствор фермента, они претерпевают окисление под влиянием воздуха в течение нескольких часов с образованием их дисульфидных димеров. Уровень активности выбирают так, что окисление завершается за приемлемый период времени. Соответственно, меркаптоэтанол окисляется до 2-оксиэтилдисульфида, цистеин до цистина и т.д. Продуктом дисульфидного окисления является соединение, которое фактически обратимо инактивирует протеолитические ферменты. Конечно, сульфгидрильное соединение можно было бы окислить до его дисульфидной формы до добавления в раствор фермента.

Названные выше соединения обратимо инактивируют сульфгидрильные протеазы; однако некоторые дисульфидные соединения могут быть более эффективными при использовании в сочетании с каким-то определенным ферментом, т.е. скорость инактивации или реактивации того или иного протеолитического фермента под влиянием любого данного дисульфидного инактиватора может быть неодинаковой. Так было обнаружено, что скорость реактивации папаина обычно меньше, чем бромелина. Например, 2-оксиэтилдисульфид инактивирует и бромелаин, и папаин, но при использовании 1 М глутатиона в качестве активатора за 10 мин реактивация происходит на 9,2% для бромелина и менее чем на 1% для чистого папаина.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНОГО СЫРЬЯ

Мясо, мясопродукты играют важную роль в питании человека вследствие содержания в них высокоценных белков, значимых в энергетическом и пластическом отношениях жиров, ряда витаминов, макро- и микроэлементов. В состав мяса помимо собственно скелетных мышц входят также элементы соединительной, жировой, нервной ткани, а в так называемое товарное мясо и кости. Качество мяса, как и других пищевых продуктов, определяется его пищевой ценностью, безопасностью и потребительскими характеристиками.

2.1 Биологическая и пищевая ценность мяса

Мясо, мясопродукты относятся к наиболее полноценным и распространенным продуктам питания населения. Пищевую и биологическую ценность мяса обеспечивает богатый химический состав, особенно его белковая часть. Оно отличается высокой усвояемостью и питательностью, легко подвергается кулинарной обработке. Мясо не приедается, из него можно приготовить большой ассортимент блюд, что позволяет значительно разнообразить питание. В состав мяса входят (в %): вода – 52-78; белки – 16-21; жиры – 0,5-49; углеводы – 0,4-0,8; экстрактивные вещества – 2,5-3; минеральные вещества – 0,7-1,3; ферменты, витамины и др. На химический состав мяса оказывает влияние вид и порода скота, его пол, возраст, упитанность и другие факторы [4].

Содержание воды в мясе зависит от упитанности и возраста животного. В мясе молодняка воды больше, чем в мясе взрослого упитанного скота. Небольшая часть воды находится в связанном с белками состоянии, остальная – в свободном. Мясо с большим количеством влаги быстро портится. Мясо говядины содержит 58–70% влаги, свинины – 48–73%, баранины – 53–69%.

Мясо является источником биологически ценных белков. Основная часть легкоусвояемых белков содержится в мышечной ткани. К ним относятся растворимые в воде белки саркоплазмы – миоген, миоальбумин, глобулин и миоглобин. Миоген легко экстрагируется водой и на поверхности бульона после свертывания образует пену. Хромопротеид миоглобин имеет красную окраску, так как содержит железо: он окрашивает мясо в красный цвет. После убоя животного миоглобин в поверхностном слое мяса на разрезе присоединяет кислород воздуха и образует оксимиоглобин ярко-красного цвета. При длительном воздействии кислорода, окиси азота или некоторых других веществ образуется метмиоглобин коричневого цвета (при этом двухвалентное железо переходит в трехвалентное). Поэтому при длительном хранении на воздухе цвет мяса становится коричневым (оксимиоглобин переходит в метмиоглобин). Массовая доля миоглобина в говядине в 2,5 раза больше, чем в свинине, в мясе старых животных – в 2–8 раз больше, чем в мясе молодняка. Мышцы конечностей и шеи окрашены интенсивнее, чем мало работающие, так как в них миоглобина больше. Миоглобин свертывается

при 60°C, утрачивает красный цвет, что позволяет судить о готовности мяса при варке.

Миоглобин обладает также пероксидазной активностью, в результате которой образуется перекись водорода (ее можно обнаружить по взаимодействию с бензидином и другими веществами). В процессе тепловой денатурации утрачивается ферментативная активность белков.

Содержание миогена и глобулина – 20–30% всей мышечной ткани, а миоальбумина и миоглобина – 1–2%.

Саркоплазма и миофибриллы содержат полноценные белки со всеми необходимыми для организма человека незаменимыми аминокислотами.

Белки миофибрилл – миозин, актин, их комплекс актомиозин, тропомиозин, тропонин и др.

Миозин – важнейший белок мышечной ткани, составляющий около 40% всех мышечных белков. Он обладает высокой водопоглотительной и водоудерживающей способностью. Актин составляет 15% мышечных белков; при взаимодействии с миозином образует актомиозин, обладающий высокой вязкостью.

Белками сарколеммы являются в основном соединительно-тканые неполноценные белки – коллаген, эластин, ретикулин. В неполноценных белках мяса нет незаменимой аминокислоты триптофана. Коллаген и эластин находятся преимущественно в соединительной ткани и составляют 3–4% от общего количества белков. Коллаген хотя и относится к неполноценным белкам, после тепловой обработки может почти полностью усваиваться, улучшая общий аминокислотный состав продукта.

Для определения питательной ценности мяса используется белковый качественный показатель, т. е. отношение содержания полноценных белков к содержанию неполноценных. В состав только неполноценных белков входит аминокислота оксипролин. Находится отношение содержания триптофана и оксипролина: чем выше белковый качественный показатель, тем выше питательность мяса.

Белковые вещества мышечной ткани влияют на физико-химические показатели сырья – липкость, вязкость, водосвязывающую способность, pH. Эти показатели определяют сочность, нежность и выход продукции [42].

Мясо и мясопродукты являются существенным источником обеспечения организма жиром. В жирах мяса, особенно говяжьего и бараньего, преобладают насыщенные жирные кислоты, поэтому они тугоплавки, трудно перевариваются. Более низкая точка плавления, а следовательно, и лучшая усвояемость у свиного жира. Мясо – хороший источник усвояемого фосфора и железа, содержит калий, натрий, цинк, йод, медь и другие минеральные вещества.

В мясе находятся более 50 ферментов, при участии которых происходит расщепление различных веществ. К ним относят протеазы, липазы и др. Так, под влиянием тканевых липаз происходит гидролиз жира. Катепсины вызывают деструкцию высокомолекулярных белков.

Ферменты катализируют процессы автолиза (самораспада тканей), в результате которых происходит созревание мяса, а при глубоком автолизе – его порча [25].

Витамины (в основном группы В) преимущественно сосредоточены во внутренних органах, особенно в печени. В мясе содержится много экстрактивных веществ, переходящих при варке в бульон. Они возбуждают деятельность желез пищеварительного тракта, повышают аппетит, улучшают переваривание пищи, от них зависят в определенной степени вкус и запах мяса. Количество экстрактивных веществ с возрастом животного увеличивается, поэтому бульон из мяса взрослых животных более наварист и обладает лучшим ароматом. Оптимальным химическим составом отличается мясо хорошо упитанных животных. В мясе истощенных животных больше соединительной ткани и воды, а биологическая ценность и усвояемость его понижены. Химический состав мяса зависит от вида животных. Поступающее в продажу мясо подразделяется на разные сорта и категории, предназначенные для приготовления различных блюд. Мясокомбинаты выпускают мясо: 1) остывшее, т.е. подвергшееся после разделки туши остыванию в течение не менее 6 час; 2) охлажденное – подвергшееся после разделки туши охлаждению в специальных камерах до температуры от 0 до 4°C; 3) мороженое – подвергшееся замораживанию до -6°C. Доброкачественность мяса определяется по его внешнему виду, консистенции, цвету, запаху. Свежее мясо, остывшее или охлажденное, имеет красный цвет, плотную консистенцию (ямка, образуемая при надавливании пальцем, быстро выравнивается). Для свежего мяса каждого вида животного характерен специфический запах. Охлажденное или остывшее мясо можно хранить несколько дней в холодильном шкафу, мороженое мясо держат в морозильном отделении холодильника. Недоброкачественное мясо может вызвать пищевое отравление, различные инфекционные и глистные заболевания.

Пищевая ценность мяса зависит от его химического состава – содержания белков и их биологической ценности, содержания жиров, витаминов, экстрактивных веществ, макро- и микроэлементов. Энергетическая ценность мяса колеблется в пределах 100-500 ккал/100г в зависимости от его вида, категории и сорта. Содержание белков в мясе составляет примерно 1,5–21% (в жирной свинине – 11,7%). Липиды мяса представлены триглицеридами, фосфолипидами и стеринами, суммарное содержание которых зависит от его вида, упитанности животного, сорта и колеблется в следующих пределах: в говядине и баранине – 1–26%, в свинине – 28–63%, в птице – 5–39%. Уровень незаменимых полиненасыщенных жирных кислот в липидах мяса (от 0,3% в баранине до 5,6% в свинине и до 6,5% в мясе уток и гусей) существенно ниже, чем в растительных маслах (в подсолнечном и соевом – 60%). Содержание холестерина составляет 0,06–0,12%. Мясо является существенным источником витаминов группы В, особенно пиридоксина, никотиновой кислоты, фосфора и легкоусвояемого железа. Экстрактивные вещества, содержащиеся в мясе, делятся на азотистые (группы карнозина, креатина, холина, аминокислоты, пуриновые и пиримидиновые основания, АТФ, АДФ и АМФ, инозиновая

кислота, глутатион, глутамин, мочеви́на и аммонийные соли) и безазотистые (органические кислоты, продукты гидролиза и фосфорилирования гликогена). Экстрактивные вещества при тепловой обработке мяса определяют его аромат и вкус, а также являются стимуляторами желудочной секреции и возбуждают аппетит.

Химический состав тканей мяса и самого мяса животных показаны в таблице 7.

Таблица 7. Химический состав основных тканей мяса

Название ткани	Содержание, %				
	Ткани в туше	Воды	белков	жиров	золы
Мышечная	50-70	72-80	18-20	2-3	0,7-1,5
Жировая	2-40	5-32	0,8-5,0	60-94	0,1-1,0
Соединительная	9-12	58-63	21-40	1,0-3,3	0,5-0,7
Костная	8-30	15-53	14-23	6-30	14-50

Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов содержат комплекс показателей пищевой ценности и безопасности мяса и изделий из него, включая нормативы предельно допустимого содержания вредных веществ, таких как пестициды, антибиотики, контаминанты биологической природы и др.

Для кулинарных целей используют «созревшее» мясо. «Созревание» мяса, т.е. его ферментация, представляет собой комплекс процессов, протекающих в мясе после убоя животного и вызывающих изменение структурно-механических свойств мяса, его вкуса, аромата, влагосвязывающей способности, усвояемости в организме. «Созревшее» мясо получают выдержкой туш при низких плюсовых температурах в течение по меньшей мере 2–5 суток. В первые часы после убоя ткани здорового животного оказывают бактерицидное действие, а мясо больных животных не обладает таким свойством, в нем возможно присутствие патогенной для человека микрофлоры, способной к быстрому размножению, поэтому пищевые токсикоинфекции (см. Токсиксинфекции пищевые), особенно сальмонеллезной этиологии часто связаны с потреблением мяса животных вынужденного убоя. Профилактика подобных инфекций заключается прежде всего в запрещении убоя на мясо больных или подозрительных по заболеванию инфекционными болезнями животных [25].

С употреблением зараженного мяса связано возникновение некоторых гельминтозов. Среди них наиболее важны тениидоз и трихинеллез. Личинками возбудителя тениидоза (финнами) поражается свинина. При обнаружении более трех финн на 40 см² мышц мясо считается непригодным для употребления в пищу и подлежит технической утилизации. При количестве финн менее трех на 40 см² мясо считают условно годным, допустимым к реализации только после

обезвреживания – специальной тепловой обработки, замораживания или посола, проводимых по специальной инструкции. Большую опасность представляет трихинеллез. Свинина, пораженная гельминтом трихинеллой, не допускается к реализации и подлежит технической утилизации. Через мясо больных животных человеку могут передаваться сибирская язва, сальмонеллез, туберкулез, бруцеллез, ящур.

Мясо является благоприятной средой для размножения микробов. Поэтому на всех этапах его пути к потребителю должны соблюдаться санитарно-гигиенические требования и строжайшая чистота.

Признаки недоброкачества мяса – наличие слизи и плесени, дряблая консистенция, кислый, затхлый или гнилостный запах, пигментные пятна. Бульон при варке такого мяса становится грязным, с хлопьями и гнилостным запахом. Такое мясо употреблять в пищу опасно.

Мясо служит сырьем для промышленного производства различных мясных продуктов, подразделяемых на полуфабрикаты, солено-копченые и колбасные изделия, консервы. Мясные полуфабрикаты и колбасные изделия могут содержать также пищевые добавки. Солено-копченые изделия характеризуются повышенным содержанием соли (7–12%) [23].

Санитарно-гигиенические требования к мясу и технологии его переработки изложены в «Правилах ветеринарного осмотра убойных животных и ветеринарно-санитарной экспертизы мяса и мясопродуктов», «Санитарных и ветеринарных требованиях к проектированию предприятий мясной промышленности», а также в действующих правилах и инструкциях для мясоперерабатывающих предприятий. Состав и технология мясных продуктов регламентируются соответствующей нормативно-технической документацией (ГОСТ, технологические инструкции и др.).

2.2 Влияние на качество мяса процессов, происходящих в нем после убоя животных

После убоя животного существенно меняются важнейшие свойства мяса. Направление этих изменений характеризуется распадом прижизненных биологических систем, образующих живые ткани. Процессы распада обусловлены прекращением обмена веществ в неживых тканях и переходом обратимых ферментативных биохимических процессов в необратимые. Процессы синтеза прекращаются и основное значение приобретает разрушительная деятельность ферментов [27].

Происходящие в мясе в послеубойный период биохимические процессы можно разделить на две основные группы: к первой относятся изменения белковых веществ, обуславливающие изменение консистенции (нежности) мяса. Вторую группу процессов составляют изменения экстрактивных веществ, вызывающие образование и накопление продуктов, сообщающих мясу определенный вкус и аромат. Эти две группы процессов взаимосвязаны. Некоторые органические экстрактивные и минеральные вещества оказывают определенное влияние на механические свойства белков мяса. Одновременно

изменения экстрактивных веществ связаны не только с распадом углеводов мяса, но и с появлением и накоплением продуктов распада белков – свободных аминокислот и прочих.

В результате выдержки в течение определенного времени при низких положительных температурах мясо приходит в состояние зрелости, которое характеризуется более высокими пищевыми достоинствами. Созревшему мясу присущи нежная консистенция и сочность, приятный вкус и аромат.

В зависимости от времени, истекшего от убоя и изменения качественных показателей, автолитические изменения мяса условно разделяют на три последовательных фазы: посмертное окоченение, созревание и глубокий автолиз.

Мышечная ткань парного мяса расслаблена, обладает наибольшей влагоемкостью, имеет реакцию среды 6,8-7,0, не обладает выраженным ароматом и вкусом. Такое мясо является нежным, однако его кулинарные свойства далеки от оптимальных. После прекращения жизни животного в мышечной ткани наступает посмертное окоченение, начинающееся с мышц шеи. Внешне оно выражается в отвердении, снижении эластичности, растяжимости и некотором укорочении мышц. Сроки полного развития окоченения различны и зависят от свойств мяса и от окружающих условий. В говяжьем мясе при температуре, близкой к 0°C, полное развитие окоченения наступает через 18-24ч. Развитие окоченения сопровождается увеличением жесткости мяса примерно на 25% и увеличением сопротивления мяса резанию в 2 раза. Такое мясо является жестким и после варки. Замечено, что степень изменения прочностных свойств мяса при окоченении будет более высокой при хранении мясных полутуш в неподвешенном состоянии, т.е. когда отсутствует влияние собственной массы туши. Влагосвязывающая способность мяса во время окоченения достигает минимума, и ее величина на 25% ниже, чем у мяса через 2 ч после убоя.

Во время развития окоченения развариваемость коллагена (его переход в глютин) при нагреве снижается, достигая минимума к моменту его наибольшего развития, а затем снова увеличивается. Такое мясо плохо переваривается пепсином и почти лишено присущих ему в вареном состоянии аромата и вкуса.

Посмертное окоченение мышц обусловлено развитием сложных ферментативных биохимических процессов, отличающихся от прижизненных. Это преимущественно процессы распада. В их числе следующие:

- 1) распад гликогена;
- 2) распад креатинфосфорной кислоты (КФ) и аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ);
- 3) ассоциация актина и миозина в актомиозиновый комплекс;
- 4) изменение гидратации мышц.

Некоторые из этих процессов являются непосредственной причиной наступления окоченения, другие оказывают на него косвенное влияние.

Различные мускулы крупного рогатого скота отличаются по содержанию гликогена, аденозинтрифосфоной, креатинфосфорной кислоты, по начальной и

конечной величинам рН. Это обуславливает различие в продолжительности периода развития окоченения и зависит от различных функций мускулов в организме животного. Вместе с тем направленность биохимических процессов одинаковая при окоченении мускулов различных видов животных. Однако развитие процесса окоченения и сопутствующие ему биохимические изменения несколько отличаются в мясе различных видов животных.

Во время окоченения происходят изменения структурных элементов мышечной ткани. После убоя животного мышечные волокна мяса прямые или с незначительной волокнистостью. При появлении первых признаков окоченения обнаруживаются многочисленные участки деформированных мышечных волокон и прилегающей к ним соединительной ткани. Впоследствии деформация мышечных волокон постепенно исчезает. При дальнейшем хранении обнаруживаются признаки разрушения структуры саркоплазмы. Все это свидетельствует о начале созревания.

При разрешении окоченения происходит удлинение изотропных дисков. Саркомеры миофибрилл удлиняются до первоначальной величины и уменьшаются в диаметре. Установлена связь между жесткостью мяса и степенью сокращения миофибрилл. Состояние сокращений мышечной ткани определено установлением длины саркомеров. Коэффициент корреляции между длиной саркомеров и нежностью (определяемой объективным методом) составляет $r=0,64$. Таким образом, изменение длины саркомеров при технологической обработке может влиять на изменение нежности.

Процесс созревания мяса – это совокупность изменений его свойств, обусловленных развитием автолиза, в результате которых мясо приобретает хорошо выраженный аромат и вкус, становится мягким и сочным, более влагоемким и более доступным действию пищеварительных ферментов в сравнении с мясом в состоянии посмертного окоченения. Формирование качества мяса при созревании обусловлено комплексом ферментативных процессов. При созревании изменяется состав и состояние основных компонентов мяса.

При созревании начинаются частичная диссоциация актомиозина на актин и миозин и переход актомиозина из сокращенного в расслабленное состояние. Увеличение нежности мяса обусловлено изменением структуры миофибрилл. Между фрагментированием и увеличением нежности мяса существует тесная связь, которая свидетельствует о большом значении распада миофибриллярных структур при созревании для нежности мяса. Значительное снижение жесткости мяса при низких положительных температурах достигается в период между 48 и 72 ч после убоя животного.

При распаде актомиозина увеличивается число гидрофильных центров миофибриллярных белков, что обуславливает рост водосвязывающей способности мышечной ткани. После 6 дней выдержки она достигает 85-87% водосвязывающей способности парного мяса и в дальнейшем не изменяется. Изменение водосвязывающей способности мяса в процессе созревания показаны на рисунке 6.

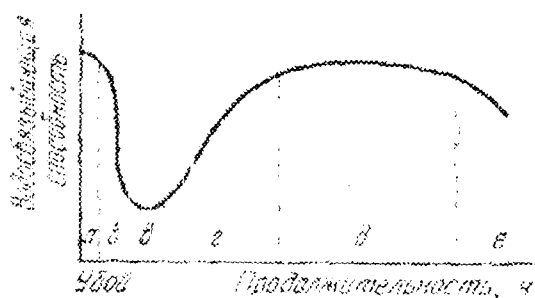


Рисунок 6. Послеубойные изменения водосвязывающей способности мяса: а — парного мяса; б — во время развития посмертного окоченения; в — в процессе посмертного окоченения; г — в начальной стадии созревания; д — созревшего мяса; е — во время гнилостного распада мяса

Происходящее при созревании дальнейшее размягчение мышечной ткани обусловлено разрушением структурных элементов мышечного волокна под влиянием протеолитических ферментов. Увеличение в мышцах протеолитической активности происходит вследствие высвобождения протеолитических ферментов — катепсинов из лизосом. Под их воздействием наиболее заметным изменениям подвергаются белки саркоплазмы. Вместе с тем ограниченному протеолизу подвергаются и миофибриллярные белки. Расщепление небольшого количества пептидных связей в этих белках достаточно для разрыхления структур и увеличения нежности мышечной ткани.

В изменении нежности мяса важную роль играют количество и состояние компонентов соединительной ткани. В мясе в состоянии окоченения белки соединительной ткани (коллаген, эластин) и основное вещество становятся менее лабильными по сравнению с их состоянием сразу после убоя. Лабильность компонентов соединительной ткани увеличивается в период созревания мяса, когда из лизосом высвобождаются гидролитические ферменты. Это в значительной степени определяет гидротермическую устойчивость коллагена: чем более лабильно основное вещество, тем легче разваривается коллаген. Обнаружена легкая деполимеризация коллагена при хранении в течение 21 дня, которая обусловлена изменением его молекулярной структуры.

В процессе созревания различные компоненты мяса претерпевают неодинаковую степень превращений, характерным образом влияющих на изменение нежности. Поэтому при равных условиях созревания различных отрубов мяса одного и того же животного, а также одинаковых отрубов разных животных нежность оказывается различной. В мясе, содержащем много соединительной ткани, нежность относительно невелика. Такое мясо требует более длительного созревания.

Созревание мяса молодых животных протекает быстрее, чем старых. В мышцах молодняка более интенсивны процессы прижизненного метаболизма и более высокая концентрация гидролитических ферментов. Вместе с этим у них более высокая лабильность соединительной ткани. Вот почему в мясе молодняка более интенсивны превращения внутриволоконных и

соединительнотканых белков, что обуславливает повышение нежности мяса в более короткие сроки. Например, необходимая нежная консистенция достигается при температуре 0–2°C у говядины от взрослых животных через 10–12 сут созревания, а говядины молодняка – через 3–4 сут. Схожие причины predispose более медленное созревание мяса быков по сравнению с мясом коров.

Предложен показатель степени созревания мяса а по величине его нежности в виде индекса, характеризующего отношение работы среза продукта (W) к максимальной силе резания (F_m): $a = W/F_m$. Во время сокращения мышц $a = 0,5 \div 0,5$, после созревания $a = 0,15 \div 0,20$. Автолитические изменения в мясе больных и усталых животных менее глубоки и менее выражены, чем в мясе здоровых и отдохнувших животных. Удаление мускула из туши приводит при последующем созревании к замедлению улучшения консистенции. При созревании одновременно с увеличением нежности улучшаются вкусовые и ароматические свойства мяса и полученного из него бульона, существенным изменениям подвергаются экстрактивные вещества мяса, от которых зависят аромат, вкус и другие свойства мяса [18].

Важная роль в образовании вкуса мяса принадлежит глютаминовой кислоте, обладающей, как и ее соли глютаминаты, специфическим вкусом мясного бульона. Глютаминовая кислота образуется при дезаминировании ее амида – глютамина как в процессе созревания, так и при варке мяса. Особенно интенсивный распад глютамина с образованием глютаминовой кислоты происходит при нагревании мяса. В течение всего срока хранения мяса при плюсовых температурах в мышечной ткани происходит увеличение аммиачного азота за счет дезаминирования адениловой кислоты и глютамина.

В процессе созревания в мясе существенно увеличивается содержание свободных аминокислот: гистидина аспарагиновой кислоты, глицина, треснина, тирозина, фенилаланина и др. Увеличивается также содержание моносахаридов: глюкозы, галактозы, рибозы.

Изменения белковых веществ, вкусовых и ароматических свойств мяса при созревании, а также расщепление белковых систем под действием тканевых ферментов делают мясо более доступным действию пищеварительных ферментов, поэтому созревшее мясо лучше переваривается и усваивается. По мере созревания мяса повышаются его сокогонные свойства, в результате чего сокращается скрытый период желудочного сокоотделения с 17 мин для мяса односуточного хранения до 8 мин для того же мяса через 7 дней созревания. В результате этого созревшее мясо быстрее переваривается в желудке (6 ч 30 мин для односуточного мяса и 4 ч 10 мин для 10-суточного мяса). Таким образом, созревшее мясо имеет более высокую пищевую ценность, чем находящееся в состоянии окоченения [11].

Установлены оптимальные сроки созревания, гарантирующие максимальную нежность мяса и его наилучшие вкусовые и ароматические свойства. Однако каждое из свойств мяса достигает оптимума в разные сроки. Поэтому в практике для различных направлений использования мяса рекомендуются различные сроки созревания. Более продолжительные сроки

созревания (10–14 сут) рекомендуются при использовании мяса в кулинарии. При таких сроках созревания мясо приобретает оптимальные органолептические свойства. Продолжительность выдержки может быть сокращена до 1–2 сут, если переработка мяса предполагает на первых этапах автолитические процессы – после при производстве изделий из свинины и колбасных изделий [18]. Если ферментативные процессы приостанавливаются в самом начале переработки (в консервном производстве) или же мясо реализуется в нарезанном виде (фасованное мясо, полуфабрикаты), рекомендуется выдержка в течение 5–7 сут.

Интенсивность изменений свойств мяса и, следовательно, продолжительность созревания зависит от температуры среды, причем при плюсовых температурах общее направление автолиза полностью сохраняется, меняется только скорость отдельных процессов. Для говядины при нормальном состоянии животного перед убоем примерные сроки полного созревания для различных температур таковы: 1–2 °С – 10–14 сут; 10–15 °С – 4–5 сут и 18 °С – 3 сут. Увеличение нежности достигается в течение определенного времени, и выдержка мяса с целью дальнейшего созревания нецелесообразна. Продолжительность полного созревания мяса зависит также от вида, пола, возраста и индивидуальных свойств животного, например степени упитанности, физиологического состояния животного непосредственно перед убоем [28]. По данным Куприянова, зависимость продолжительности созревания от температуры определяется уравнением

$$\lg Z_c = 0,0515 \cdot (23,5 - t), \quad (1)$$

где Z_c – продолжительность созревания, дни;

t – температура процесса, °С.

Глубокий автолиз. При хранении созревшего мяса в асептических условиях при низких положительных температурах под влиянием внутриклеточных ферментов будут продолжаться автолитические процессы. Эту стадию принято называть глубоким автолизом. На стадии глубокого автолиза происходит распад основных частей тканей – белковых веществ и жиров. Во время созревания при распаде не происходит существенного уменьшения количества белковых веществ. В течение глубокого автолиза тканевые ферменты – катепсины и пептидазы усиленно катализируют разрыв пептидных связей белковых частиц, разрушая тем самым белки. При распаде белков некоторые их продукты имеют токсические свойства. При глубоком автолизе под действием липаз происходит интенсивный гидролитический распад липидов. Процессы распада белков и липидов приводят к снижению пищевой ценности мяса. При распаде белковых веществ происходит разрушение морфологических структурных элементов мышечной ткани, что обуславливает снижение жесткости мяса и увеличение отделения мясного сока. Изменяются окраска и вкус мяса, мясо приобретает коричневый оттенок и неприятный кислый вкус. На определенном этапе глубокого автолиза мясо

может стать непригодным для употребления в пищу. В практике промышленности и торговли глубокий автолиз практически не встречается, так как микробиальная порча наступает раньше глубокого автолиза.

Автолитические процессы в жировой ткани мяса. Послеубойные изменения жирсырья обусловлены теми же причинами, что и автолитические изменения мяса, однако они играют второстепенную роль в формировании качества мяса. Изменения жировой ткани характеризуют процессы, происходящие в самом жире, так как содержание белков в нем незначительное. Химические продукты, образующиеся при послеубойных изменениях жировой ткани, ухудшают качество жира. По качественным показателям лучшим считается жир непосредственно после убоя животного. Параллельно с изменениями жира изменяются также белки, входящие в состав жировой ткани.

Послеубойные изменения жира могут быть разделены на физические и химические. К первой группе относится кристаллизация жира. Сразу после убоя жир находится в полужидком состоянии; при понижении температуры в результате кристаллизации глицеридов и насыщенных жирных кислот происходит уплотнение жировой ткани. К химическим изменениям относят гидролиз и окислительную порчу жира.

В связи со значительной продолжительностью созревания были предприняты попытки разработать способы ускорения этого процесса. В первую очередь обращалось внимание на нежность мяса. Разработка способов интенсификации процесса созревания мяса чрезвычайно важна, так как около 50% мякоти говяжьей туши составляет мясо задней ноги, лопатки и плечевой части, являющееся полноценным по белковому составу, но обладающее высокой жесткостью из-за большого содержания соединительной ткани. Для производства натуральных полуфабрикатов, из которых изготавливаются вторые блюда, применяют вырезку и длиннейший мускул спины, проходящий через спинную и поясничную части. В целом это составляет лишь 14–17% к массе всей туши. Исходя из теоретических основ процесса созревания, возможно применение ряда способов интенсификации улучшения консистенции мяса при созревании. В ряде стран выпускают порошкообразные и жидкие размягчители мяса, представляющие собой препараты, содержащие протеолитические ферменты и другие компоненты, усилители их действия (молочную кислоту) и консерванты – спирт, глицерин. Эти вещества улучшают органолептические показатели качества мяса.

Перспективны методы механического мягчения мяса. Предложены ряд способов и устройств, основанных на применении режущих, растягивающих и сжимающих усилий, а также конструкции устройств, представляющие собой игльную систему для прокалывания тканей мяса. Последние устройства обеспечивают улучшение структуры мяса по всей толще. Их недостатком является неполная обработка изделий по всей массе, так как мягчение происходит только в местах уколов. Значительный интерес представляют достаточно простые устройства – тумблеры, барабаны, мешалки – для отбивки и массажирования кусков мяса. Отбивка происходит при механических ударах по куску мяса или при падении его с высоты (самоотбивание).

Разработан способ мягчения нанесением насечек на поверхность мяса острыми ножами. Размягчение достигается в результате разрушения соединительной ткани. Предложен также способ [13] улучшения консистенции мяса методом растяжения. В условиях разности скоростей вращения пар вальцев, в образце мяса, локализованного между ними, происходит деформация его растяжением; величина этой деформации определяется отношением скоростей вращения пар вальцев. Создана установка механической тендеризации говядины деформациями сжатия, сдвига-растяжения. Установлена более нежная консистенция такого мяса; средняя балльная оценка консистенции тендеризованного мяса $4,41 \pm 0,12$ балла, при мягчении ферментами – $3,5 \pm 0,18$ балла.

Физические методы мягчения мяса представляют большой практический интерес, так как требуют небольшого срока времени. Однако для их осуществления необходима достаточно сложная аппаратура.

Обработка мяса ультразвуком увеличивает его нежность, что установлено органолептической оценкой, определением механической прочности продукта (сопротивления резанию и напряжения смещения), а также изучением изменений структуры мяса [28]. Основным фактор, дающий увеличение нежности мяса при ультразвуковой обработке, – механическое разрушение волокон мышечной ткани и соединительнотканых образований. При воздействии ультразвуковых колебаний высокой интенсивности механическое действие может вызвать нарушение структуры клеток, их повреждение и изменение свойств тканей, причем с увеличением интенсивности эффект воздействия возрастает. Применение более мощных источников ультразвука позволит увеличить степень тендеризации.

Механизм действия ультразвука на мясную ткань раскрыт гистологическими исследованиями изменений структуры ткани. В обработанных образцах интенсивно выражены характерные изменения структуры, свойственные полному развитию процесса созревания мяса. Поперечная и продольная исчерченность мышечных волокон нечетко выражена, наблюдается набухание волокон, нарушение связи между ними, образование трещин, разделяющих волокна на отдельные сегменты – саркомеры. Отмечены разрывы соединительнотканых волокон. Эти изменения не обнаружены в необработанных образцах. Электронно-микроскопическими исследованиями [42] установлены деструктивные явления в мышечном волокне при обработке ткани ультразвуком, сопровождающиеся нарушением целостности субмикроструктуры волокна, множественными разрывами миофибрилл с образованием отдельных фрагментов, состоящих из одного, двух или трех саркомеров. Разрывы происходят по анизотропным и изотропным дискам миофибрилл. Множественная деструкция миофибрилл распространена по всей ширине среза. Обнаружены поперечные, продольные и косые разрывы миофибрилл. Разница в органолептической оценке между обработанными и необработанными ультразвуком партиями составила 1–1,3 балла. Данная закономерность подтверждена определением прочностных свойств мяса (табл. 8). Остальные органолептические показатели качества мяса не изменяются.

Таблица 8. Разница в органолептической оценке между обработанными и необработанными ультразвуком

Продолжительность обработки, мин	Органолептическая оценка, баллы	Сопротивление резанию, кг	Напряжение смещения, кг/см ²	Примечание
3	4,0	1,84	5,21	Обработка мяса, замороженного до -30°C
5	4,4	1,57	4,78	
Контроль	3,1	2,27	5,67	
5	4,2	1,86	5,08	Ультразвуковые волны параллельно волокнам
5	4,3	1,82	5,14	Ультразвуковые волны перпендикулярно волокнам
Контроль	3,2	2,16	5,43	

Эффект воздействия ультразвука на изменение структуры мышечной ткани зависит от длительности его действия и не зависит от того, находятся ли образцы в стационарном положении или перемещаются конвейером. Это создает возможность получения эффекта тендеризации при конвейерной обработке мяса ультразвуком. Степень тендеризации не зависит от направления ультразвуковых волн к расположению мышечных волокон; эффективность мягчения одинакова при параллельном и перпендикулярном направлении ультразвуковых волн к мышечным волокнам [17].

Предложен способ мягчения мяса воздействием электрического тока. Установлено увеличение длины саркомеров при обработке электрическим током, что указывает на отсутствие значительного сокращения мышц при холодильной обработке мяса (табл. 9).

Таблица 9. Воздействием электрического тока на виды мяса

Вид мяса	Длина саркомеров, мкм	
	Воздействие электрического тока на туши	Без воздействия электрического тока на туши
Баранина	1,83	1,8
Говядина	1,83	1,84
Свинина	1,96	1,84

Обработкой говяжьих мясных полутуш электрическим током напряжением 100 В при частоте 50 Гц, силе тока 5 А получили мясо с лучшим вкусом и нежностью. Установлено, что воздействие электрического тока снижает холодильное сокращение мышц.

3 СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ МЯСА

Равномерное распределение ферментов в мясе, а также контакт их со структурными элементами мышечной ткани является необходимым условием эффективного применения ферментов обработки мяса.

Перспективное направление обработки коллагенсодержащего сырья – его ферментация. Употребляемые для улучшения качества мяса ферментные препараты должны иметь следующие свойства:

- вызывать изменение соединительной ткани;
- слабо действовать на мышечную ткань;
- иметь возможно более высокий температурный оптимум действия, сохраняя способность частично изменять ткани при тепловой обработке;
- действовать в слабокислой или нейтральной среде с максимальной активностью;
- быть безвредным для человека.

Практика применения ферментных препаратов показывает, что не все ферменты, обладающие высокой протеолитической активностью, при обработке мяса дают должный эффект. При этом имеет большое значение оптимум действия ферментов, природа их активаторов и ингибиторов, специфичность к разрыву пептидных связей при гидролизе животных белков.

Известно несколько способов обработки мяса ферментами: инъекция раствора фермента в кровеносную систему животного; шприцевание раствора фермента в мясо; поверхностная обработка мяса ферментами; добавление ферментного раствора к мясному фаршу [6].

3.1 Инъекция раствора фермента в кровеносную систему животного

Перед убоем животных обрабатывают растворами протеолитических ферментов, чтобы получить туши и отрубы мяса, характеризующиеся повышенной нежностью после тепловой обработки. Существующий способ приготовления ферментов для этого процесса был усовершенствован и в результате позволяет стандартизировать фермент и контролировать его размягчающее действие посредством предварительной обработки перед инъектированием, а также регулировать активность фермента и количество фермента определенной активности, подлежащее инъектированию.

Сырой папаин, фицин и бромелин содержат некоторое количество ферментных веществ, активных при температурах обычной тепловой обработки мясопродуктов, а также ферментных веществ, активных при более низких температурах и способных оказать неблагоприятное влияние на процессы в организме животного. От предубойной обработки ожидают удовлетворительного размягчения при минимуме отрицательных физиологических реакций в организме животных. Однако степень размягчения и недопущение физиологических реакций обусловлены в значительной степени свойствами фермента.

Способ обработки сырых ферментов используют с целью выработки ферментных препаратов, высокоактивных при повышенных температурах и малоактивных при температуре тела животных.

Обычно фермент получают из растительного сырья, он обладает протеолитической активностью в 40000–200000 тирозиновых единиц на 1 г. В растворе он должен иметь активность, по крайней мере 250–500 тирозиновых единиц на 1 мл и соотношение тирозиновой и общей молоко свертывающей активности в 1 мл, равное 55:100, а также обладать удовлетворительной тканевой специфичностью при 60–98,9 градусов. Другой характеристикой ферментных растворов является то, что активность, выраженная через соотношение тирозиновых единиц и свободных молоко свертывающих единиц в 1 мл, превышает 200, а предпочтительно – 333. Ферментами растительного происхождения, наиболее пригодными для данной цели и обладающими нужными характеристиками, являются папаин, фицин и бромелин.

Активность протеолитического фермента, выраженная через единицы тирозина, служит показателем размягчающего действия фермента. Поскольку это определение проводят при повышенной температуре, оно указывает на потенциальный размягчающий эффект при такой же температуре. Молоко свертывающие единицы являются выражением активности фермента при 40°C и хорошим показателем активности примерно при температуре тела животного. Таким образом, это хороший показатель вероятности неблагоприятных физиологических реакций под воздействием фермента при температуре тела. Соответственно активность, представленная единицами тирозина (в идеальной ситуации), должна быть высокой, а активность, представленная молоко свертывающими единицами – как общими, так и свободными, – низкой относительно тирозиновой активности. Соотношение активности в единицах тирозина и активности, выраженной в общих и свободных молоко свертывающих единицах, является показателем мяса размягчающей активности фермента, а также вероятности его неблагоприятного влияния на физиологические процессы в организме животного.

Улучшенных результатов, то есть высокой степени размягчения при обеспечении хорошей текстуры, добиваются посредством инъекции стабилизированного и очищенного раствора фермента в организм животного. Установлено, что промышленные ферментные препараты содержат вещества, вызывающие побочные реакции – в некоторых случаях в виде спаяк кишок и образования лимфатических узлов в туше. Кроме того, в них гораздо меньше нормы активного фермента. Путем очистки и стабилизации ферментного препарата можно получить обратимо инактивированный ферментный раствор, обладающий большей активностью после реактивации и значительно меньшим отрицательным воздействием на органы животного. При данном способе можно использовать протеолитические ферменты, активные при pH крови и pH туши животного (5,0–7,4) и которые можно обратимо инактивировать окислением. К ферментам этой группы относится бромелин, фицин, папаин, некоторые катепсины и протеиназа ваточника.

Под стабилизированным ферментом или стабилизацией фермента подразумевается ферментный продукт или процесс сохранения ферментного раствора в таком состоянии, при котором возможна его инъекция в организм животного в количестве, достаточном для повышения нежности мышечной ткани, но не вызывающем отрицательных физиологических реакций или нарушений. Такое сохранение осуществляется посредством обратимой инактивации фермента, которая заключается в добавлении инактивирующих веществ или удалении активаторов. Таким образом, хотя фермент находится в активном состоянии, он не действует на себя или другие субстраты и не приводит к образованию нежелательных продуктов.

Термины «очищенный фермент» и «очистка» означают ферментный продукт и процесс, при котором фермент, вызывающий размягчение, становится относительно свободным от примесей. Этой очистки фермента добиваются удалением инертных белков, активирующих соединений и других веществ из ферментного раствора. Для обратимой инактивации и очистки фермента без образования таких примесей, как продукты протеолиза, можно применять окисление. Обратимой инактивации можно достичь обработкой фермента окислителями, например перекисью водорода, йодом, кислородом или йодным раствором Люголя. Восстановители активируют ферменты.

Реактивация стабилизированного фермента может произойти под влиянием химических веществ, естественно присутствующих в системе животного, а также после инъекции. В процессе очистки или стабилизации порошкообразный фермент помещают в жидкость (например, воду), суспензию осветляют, если это необходимо, путем центрифугирования или фильтрации, а затем инактивируют перекисью водорода, воздухом или другими окислителями. Раствор можно очистить солевым или спиртовым фракционированием. После этого рН обработанного ферментного раствора при необходимости доводят до 7,0–7,5.

Вместо протеолитических ферментов предложено инъектировать перед убоем в сосудистую систему животного некоторые вещества, способные активировать естественно присутствующие в организме животного протеолитические ферменты. Активаторы повышают активность натуральных протеолитических ферментов, в результате чего они скорее разрушают фиброзный материал и тем самым размягчают мясо. Раствор активатора лучше всего вводить за 15–30 мин до убоя; было установлено, что активатор за этот относительно короткий период времени может активировать протеолитические ферменты в необходимой для заметного размягчения мяса степени.

Активатором может быть любое вещество, способное активировать протеолитические ферменты, т. е. ферменты, которые гидролизуют белки. К ним относятся панкреотин, фицин, папаин, бромелин, грибковые и бактериальные протеазы и катепсин. Раствор активатора инъектируют животному за 5–120 мин до убоя (как правило, за 15–30 мин). За это время активатор равномерно распределяется по сосудистой системе животного и способен активировать естественно присутствующие в тканях протеолитические ферменты.

Концентрация активатора в растворе не является решающим фактором – раствор может быть очень разбавленным и относительно концентрированным. Содержание активатора в растворе частично зависит от массы животного и вида активатора. Обычно инъецируемая доза активатора равна 5–10 г на 453 кг живой массы (оптимальная доза 10–20 г). При дозе ниже 5 г увеличение нежности мяса очень незначительное, а выше 100 г также не наблюдается дополнительного размягчающего эффекта.

После убоя животного производят обескровливание традиционными способами, не допускающими большой концентрации активатора в крупных кровеносных сосудах. На стадии обескровливания кровь удаляется из мелких сосудов, т. е. мелких вен, артерий и капилляров, очень незначительно, и в них остается много крови, содержащей ферментные активаторы. Наибольшее размягчение достигается в том случае, если мясо после убоя охлаждают в течение 4–7 суток перед замораживанием. Этот период созревания способствует лучшему размягчению, поскольку активатор воздействует на протеолитические ферменты в течение дополнительного периода времени, а ферменты в свою очередь разрушают фиброзные ткани и повышают нежность мяса, прошедшего тепловую обработку.

Прижизненная инъекция раствора протеолитического фермента (папаин) в кровеносную систему животного не дала положительных результатов. Недостаток этого способа – неравномерное распределение фермента в туше. Так, его обнаруживали в мышцах тазобедренной части и не находили в мышцах передней четвертины, где его присутствие было особенно нужным. Исследование мышц, в которых папаин был выявлен, показало, что фермент в них также распределен неравномерно. В связи с этим жесткость бифштеков, приготовленных из ферментированного и неферментированного мяса, была одинаковой (табл. 10) [28]. Органолептическую оценку бифштеков проводили по произвольной семибалльной шкале (например, консистенция очень нежная – 1 балл, очень жесткая – 7 баллов; вкус очень хороший – 7 баллов, очень плохой – 1 балл). Усилие резания определяли по прибору Уорнера – Братцлера.

Таблица 10. Результаты исследования бифштеков, приготовленных из мяса, ферментированного по методу прижизненной инъекции по сравнению с бифштексами из обычного неферментированного мяса

Образцы	Органолептическая оценка, балл		Усилие резания, Н
	консистенция	вкус	
Бифштексы из			
мяса подопытных животных, в котором обнаружен папаин	3,0	4,2	52,9
мясо контрольных животных	3,5	4,3	52,9
мяса подопытных животных, в которых не обнаружен папаин	3,4	4,7	66,6
мясо контрольных животных	3,4	4,6	75,5

Из данных таблицы 10 видно, что органолептическая и объективная оценка основных показателей качества бифштеков из ферментированного и неферментированного мяса практически одинаковы.

Характерно, что увеличение концентрации папаина в инъекцируемом растворе, а также использование высокоактивных его препаратов (с активностью в 4 раза больше стандартной) не повышало эффективности рассматриваемого способа. Подытоживая результаты большой экспериментальной работы, проводившейся в лабораторных и производственных условиях, исследователи отмечают как неравномерное распределение фермента в туше и отдельных мышцах, так и отсутствие какой-либо ее закономерности.

Единственная закономерность, которую удалось выявить, это то, что 90% инъекцируемого фермента теряется при обескровливании туши и большее количество фермента концентрируется в печени, почках и языке. Возможность пищевого использования этих субпродуктов остается невыясненной.

На Московском и Ленинградском мясокомбинатах сотрудники ВНИИМПа проводили опыты по инъекции в кровеносную систему животных перед убоем растворов фицина. Несмотря на то что в этих опытах были получены некоторые положительные результаты [23], в целом этот способ не получил применения из-за недостатков, свойственных инъекции папаином.

Исследования способа прижизненной инъекции ферментных растворов в кровеносную систему животного были проведены также в Народной Республике Болгарии. В результате была, как казалось, окончательно доказана бесперспективность этого способа. Но несмотря на это изучение способа инъекции ферментных растворов в кровеносную систему животных продолжается и в настоящее время. Так делаются попытки использовать определенные гомогенные фракции препарата папаина; обнадеживающие результаты, получены в опытах по инъекции в кровеносную систему животных химопапаина и пептидазы А – ферментов, выделенных из латекса плодов папайи.

Американские ученые J.M. Hogan и H.F. Bernholdt разработали усовершенствованный способ предубойной обработки животных протеолитическими ферментами, который заключается в быстром введении протеолитических ферментов в сосудистую систему живых животных и убой их после этого. Таким образом, можно обеспечить равномерное распределение ферментов по сосудистой системе и сообщить достаточное количество ферментов мышечной и другим тканям, гарантируя, что отрубы мяса туш таких животных будут нежнее после тепловой обработки. Не допускается концентрирования ферментов в железистых органах с высокоразвитой сосудистой системой, например в печени или почках.

Концентрация фермента в растворе должна быть достаточной, чтобы введение этого раствора, рассчитанного на одно животное, было непродолжительным. Этому требованию вполне удовлетворяет концентрация от 500 до 14000 ед. тирозина на 1 мл для протеолитических ферментов растительного происхождения – папаина, фицина и бромелина и их смесей. Для

одного животного массой 362–498 кг потребуется 80–385 мл такого раствора, это количество можно ввести за 16–77 с. с помощью современного оборудования (игольчатых приборов с датчиками и др.).

Желательнее использовать раствор папаина, имеющий активность 3000 ед. тирозина на 1 мл; его можно вводить крупному рогатому скоту в количестве 27–128 мл за 5–26 с. Для более мелких животных требуется меньший объем раствора, пропорционально сокращается и продолжительность инъекции. Оптимальным для крупных животных, например, крупного рогатого скота, является водный раствор фермента активностью 5000 ед. тирозина на 1 мл. Этот раствор разбавляют водой до постоянного объема 80–100 мл, его можно вводить очень быстро. Общее время между инъекцией фермента и убоем животного не должно превышать 60% времени, необходимого для одного цикла работы сердечно-сосудистой системы животного. Для более крупных животных, например крупного рогатого скота, этот период длительнее, чем для овец. Цикл циркуляции крови у крупного рогатого скота составляет около 50–56, у овец – 27–33, у телят – 5–10, а у свиней – 10–15 с. У птицы, например крупных петухов и индеек, один цикл занимает 2–3 с.

Преимущество предубойной инъекции протеолитических ферментов в том, что они равномерно распределяются по сосудистой системе до убоя и, следовательно, способствуют обеспечению более однородной нежности мяса. Но в то же время этот способ относительно дорог вследствие высокой стоимости используемых ферментов.

3.2 Шприцевание раствора фермента в мясо

Шприцевание ферментного раствора в мясо является наиболее приемлемым методом для крупного современного производства [7, 8, 25]. Крупные куски мяса, полученные при обвалке шприцуют раствором, в состав которого кроме ферментного препарата входит поваренная соль и другие добавки (экстракты специй, пряных кореньев, пищевые фосфаты, эмульгированный жир, нитраты и нитриты) в зависимости от характера вырабатываемой продукции. Количество жидкости, введенной в мясо, обычно составляет от 5 до 10% к его массе. Из данных, имеющих в литературе, трудно составить представление о составе шприцуемой смеси, наиболее приемлемого для того или иного вида продукции. Мясо, ферментированное шприцеванием, рекомендуется выдерживать при 2–4°C в целях равномерного распределения в нем ферментов.

Исследованы различные способы шприцевания раствора фермента в мясо:

- струей жидкости под давлением 7 МПа без иглы или с использованием вместо обычного ферментного раствора пенообразного состава, специально приготовленного с помощью поверхностно-активных веществ и инертных газов;

- шприцами сложной конструкции, в которых иглы расположи по двум концентрическим окружностям (при шприцевании в мясо последовательно вводят через иглы одной окружности под давлением газ, предполагают, что при

этом в мясе образуются полости, в которые с помощью другой группы игл вводят жидкость, содержащую ферменты, посолочные смеси и другие вещества);

— введение ферментов в виде аэрозоля.

Данные об эффективности перечисленных выше методов в доступной нам литературе отсутствуют. Это дает основание сделать вывод, что метод шприцевания мяса растворами ферментов требует обстоятельного изучения и технической разработки, однако от некоторых из них следует отказаться без предварительных исследований. Так, создание полостей внутри мяса посредством введения газа под давлением и заполнение этих полостей ферментным раствором не только не способствует равномерному распределению ферментов в мясе, а напротив, усиливает их локализацию, что нежелательно. Единственно что можно достигнуть, используя предлагаемый способ, — это увеличить количество жидкости, вводимой в мясо. Иногда это желательно, например, при искусственном создании «мраморности» мяса введением расплавленного эмульгированного жира.

В 1965 г. M. S. Ваши и F. R. Могое создали препарат для обработки мяса, в результате которой увеличиваются нежность, влагосодержание и мраморность мяса низших сортов. Препарат состоит из следующих ингредиентов: чистого, процеженного топленого жира (говяжьего, бараньего, свиного, телячьего или растительного); препарата протеолитического фермента в жидком растворе, который смешивают с жиром. Одним из таких препаратов является смесь хлористого натрия, сахара, растительного фермента, например бромелина, ароматизатора и набора приправ; (однонатриевого глутамата, дрожжей, карамели и гидролизованного растительного белка) в количестве 46, 37,1 и 16% (соответственно); очищенной воды (очистка нужна для избежания попадания посторонних ароматических или минеральных веществ).

Она служит носителем протеолитического фермента в растворе, а когда ее смешивают с жиром и поддерживают в охлажденном состоянии, обеспечивает консистенцию маргарина. Поскольку все жиры должны быть обработаны консервантом, его следует добавлять в этот раствор, основное требование: препарат следует готовить так, чтобы смесь сохранялась в любом состоянии (замороженном, охлажденном или жидком) до момента инъекции в мясо. Нижеследующий процесс изготовления препарата отвечает всем указанным требованиям. Используемый жир тонко измельчают, помещают в котел из нержавеющей стали или алюминия и доводят до кипения. Когда температура жира становится высокой, его процеживают в чистую тару и выдерживают в ней до остывания (примерно до 43 °C), после чего в жидкий жир добавляют консервант в количестве, обусловленном государственными стандартами. 28,3 г смеси протеолитических ферментов, упомянутой выше, смешивают с 1,13 кг холодной очищенной воды. Перемешивание продолжают до полного растворения, а раствор выдерживают примерно 5 мин. Затем 1,13 кг процеженного, очищенного топленого жира температурой около 43,3 °C помещают в мешалку: она вращается на небольшой скорости примерно 1 мин, затем скорость увеличивают и быстро вливают водный раствор фермента

(около 1,13 кг). Высокоскоростное перемешивание продолжают еще 30 с и получают препарат с хорошо перемешанными ингредиентами и консистенцией влажного маргарина.

Чтобы препарат не расслоился и не испортился, его можно хранить в холодильнике при 3,3–5,5°C или заморозить с целью транспортировки. Если к моменту инъекции препарат находится не в жидком состоянии, его постепенно подогревают до 43,3°C при постоянном встряхивании. В результате смесь разжижается. Инъекцию рекомендуется проводить методом игольчатого шприцевания.

Давление зависит от размера иглы, как правило, оно равно 2,8–4,2 кгс/см². Дозу препарата регулируют в соответствии с государственным законодательством. Обычно допустимые пределы приближаются к 1 части препарата на 5 эквивалентных частей мяса. Так как мясо охлаждено, то после введения разжиженного препарата, имеющего повышенную температуру, жир застывает в месте инъекции. Вода служит носителем протеолитического фермента. Давление в момент инъекции диспергирует эту жидкость по всему куску обрабатываемого мяса. Препарат предназначен для обработки главным образом говядины «Консервная», «Колбасная» и «Ютилити», но он пригоден и для обработки любого вида мяса. После обработки получают мясо с качественными показателями категорий «отборная» или «прима»; в процессе нагревания жир удаляется, а мясо сохраняет показатели нежности, влагосодержания и вкуса указанных категорий. Поскольку «мраморность» сырого мяса была инъецирована, а не образовалась в мышечной ткани естественно, то при температуре тепловой обработки жир плавится и выходит из мяса, оставляя лишь свой вкус, а мясо возвращается к своему исходному низкому жиросодержанию.

К числу неприемлемых следует отнести также шприцевание в мясо пенообразного раствора, содержащего ферменты. В этом случае может произойти поверхностная денатурация ферментов в пене (в тонком слое на границе двух фаз). Более перспективным представляется нам способ, предусматривающий введение ферментного раствора в виде струи высокого давления без иглы. Подобный способ применяют в медицине для инъекции лекарственных препаратов.

Рассмотренные выше исследования, посвященные шприцеванию в мышечную ткань растворов ферментных препаратов, преследовали две цели: размягчение и ускорение послеубойного созревания мяса. При этом сущность и механизм процессов, объединяемых понятием «созревание» сводились в основном к протеолизу, что не соответствует действительности.

Так, уже на 4-е сутки хранения мяса, шприцованного ферментным раствором, в нем увеличивалось содержание солерастворимых белков, небелковых азотистых веществ и, в частности, свободных аминокислот. За короткий срок улучшались гидрофильные свойства мяса: возрастало относительное количество связанной воды и повышалась пластичность мяса.

Характер и глубина изменений внутримышечной соединительной ткани под действием протеолитических ферментов зависит от специфичности

протеаз, содержащихся в препарате. Наиболее глубокие изменения соединительнотканых прослоек происходили под действием фицина, так как этот фермент, как уже отмечалось выше, способен гидролизовать нативный эластин при естественном pH мяса. Что касается пищевых ферментных препаратов микробного происхождения, не обладающих коллагеназной или эластазной активностью, то их действие на внутримышечную соединительную ткань, видимо, ограничивается освобождением коллагеновых волокон от «цементирующего» их основного вещества. Это способствует снижению устойчивости коллагеновых волокон к гидротермическому воздействию и более быстрому размягчению мяса в процессе тепловой обработки.

При суммарном действии ферментных препаратов на белки мяса жесткость мяса снижается. В таблице 11 показаны сравнительные прочностные характеристики ферментированного (по способу шприцевания) и неферментированного мяса, выдержанного при 2–4°C [8]. Эффективность процесса ферментирования мяса проявляется уже по истечении двухсуточного хранения. Характерно, что наибольшее снижение жесткости под действием ферментов происходит в мясе спинно-поясничной части, верхнем и внутреннем кусках тазобедренной части, т. е. в мясе, которое и без применения ферментов используют для жаренья. В мясе наружного и бокового кусков тазобедренной части, а также лопаточной части, где содержится большое количество соединительной ткани, перимизий имеет наиболее сложное строение и высокую механическую прочность, — эффективность, получаемая от применения ферментных препаратов ниже. Эти данные косвенно показывают то, что исследованные ферментные препараты при низких температурах воздействуют главным образом на белки мышечных волокон и мало затрагивают белки соединительной ткани.

Таблица 11. Сравнительные прочностные характеристики ферментированного и неферментированного мяса

Части туши и крупнокусковые полуфабрикаты	Продолжительность хранения, сутки	Усилие резания мяса, Н	
		неферментированного	ферментированного микробными препаратами
Спинно-поясничная (толстый и тонкий края)	2	30,4	21,6 – 22,5
	4	27,4	17,6 – 19,6
Тазобедренная (верхний и внутренний куски)	2	22,5	16,7 – 19,6
	4	19,6	13,7 – 17,6
Тазобедренная (наружный и боковой куски)	2	31,4	25,5 – 27,4
	4	26,5	19,6 – 22,5
Лопаточная	2	40,2	32,3 – 34,3
	4	35,3	27,4 – 30,4

Работы в области применения ферментов для ускорения послеубойного созревания мяса, проводимые в Народной Республике Болгария, в частности, доказывают, что шприцевание мяса раствором трипсина способствует снижению жесткости мяса, увеличению содержания связанной воды, повышению концентрации ДНК [10]. В СНГ проведены исследовательские работы и накоплен некоторый практический опыт в области применения ферментов для ускорения созревания мяса способом шприцевания. Эти работы проводились во Всесоюзном научно-исследовательском институте мясной промышленности (ВНИИМП) [11, 23, 25] и Украинском научно-исследовательском институте мясной и молочной промышленности [8]. В парное мясо, подвергнутое обвалке, шприцевали охлажденный раствор ферментного препарата, после чего мясо выдерживали при низких плюсовых температурах от 4 до 6 суток. Ферментированное таким образом мясо направляли на выработку натуральных мясных полуфабрикатов и других мясопродуктов.

Однако проблема ускорения созревания мяса с помощью ферментных препаратов еще окончательно не решена. Существуют трудности, связанные с обеспечением равномерного распределения шприцованного ферментного раствора в мясе, о чем уже упоминалось выше. Кроме того, отсутствуют надежные данные о вкусе и аромате мяса ускоренного созревания. Исследования, проведенные в последние годы, касаются главным образом изменения белков и реологических показателей качества мяса, в то время как совершенно недостаточно данных об изменениях азотистых экстрактивных веществ и липидов.

Поскольку послеубойное созревание и введенные протеолитические ферменты обычно повышают нежность мяса, не размягчая соединительную ткань, необходимо повлиять на коллаген и эластин одним или несколькими ферментами. В.Е. Williams в 1962 г. разработал способ, при котором подлежащую размягчению тушу шприцуют с помощью игольчатого устройства после убоя и разделки водным раствором ферментов, которые размягчают коллаген и эластин соединительной ткани. Единственными ферментами, способными атаковать нативный коллаген и эластин, являются коллагеназа и эластаза (соответственно).

Коллагеназа – это фермент, разрушающий нативный коллаген, стойкий к действию всех известных протеолитических ферментов и специфически воздействует только на коллаген и продукты его распада, не влияя на родственные белки или синтетические субстраты. Коллагеназу получают из *Clostridium histolyticum*. Она действует в кислой среде и эффективна в отношении коллагена. Эластазу получают из свиной поджелудочной железы, она действует в щелочной среде при рН около 8,8. Таким образом, они являются синергистами, т. е. один фермент активен в щелочной среде парной говядины до посмертного окоченения, другой – во время посмертного окоченения в кислой среде. Посмертное окоченение сопровождается периодическим спонтанным образованием молочной кислоты.

Термин «коллаген» относится к химическому веществу животного происхождения. Коллаген – натуральный фиброзный высший полимер небольшой эластичности, но механически прочный. Около 80% соединительной ткани говядины составляет коллаген и около 20% – эластин. Коллаген – это простой альбуминоидный белок, который при обычной температуре не растворяется в воде, слабых кислотах и щелочах и в солевых растворах, например хлористого натрия и сульфата аммония. В нативном состоянии коллаген резистентен к действию большинства протеолитических ферментов. По физико-химическим свойствам он отстоит от других белков.

В 1962 г. C.V. Smithe, C.E. Neubeck и E.A. Robbins разработали жидкий ферментный препарат, который идеально подходит для диспергирования под давлением с целью увеличения нежности мяса. При изготовлении препарата ингредиенты смешивают, регулируя pH. Обычно сначала растворяют в воде декстрозу, затем подмешивают хлористый натрий, фермент и пропиленгликоль. Соотношение компонентов (вес – объем): 1–44% (лучше 16–32%) декстрозы; 3–17% (лучше 3–5%) хлористого натрия; 5–20% (лучше 5–15%) пропиленгликоля и 1–15% (лучше 2–8%) фермента. Конечную pH доводят с помощью кислого реагента до 5–6; лучше брать органическую кислоту; например молочную, уксусную, бензойную, лимонную и т. п.

Кроме определенных количеств этих основных ингредиентов можно добавлять и другие (необязательные): одонатриевый глутамат, ароматизаторы, эфирные масла из чеснока, перца, и т. д. Такой препарат отвечает требованиям, указанным выше, включая идеальное соответствие современным средствам нанесения аэрозолей. Его положительные свойства объясняются взаимозависимостью и взаимодействием специфических ингредиентов и их пропорциями. Пропиленгликоль оказывает хорошее стабилизирующее влияние на препарат. Однако увеличение его содержания снижает активность фермента. В результате повышения уровня хлористого натрия неожиданно снижается стабильность препарата, но его полное исключение имеет неблагоприятный эффект.

Еще один новый фактор, резко ограничивающий количественное соотношение ингредиентов – влияние глюкозы. Глюкозу можно полностью или частично заменять другими углеводами, например лактозой, сахарозой или кукурузной патокой, т. е. гидролитической смесью декстрозы, мальтозы и декстринов. Из имеющихся протеаз протеазы микробиального (грибкового или бактериального) происхождения предпочтительнее, так как они размягчают наиболее жесткие части мяса, не давая пористости, не образуя привкусов и сохраняя хорошую текстуру и твердость мяса.

Температуру поддерживают в диапазоне, благоприятном для действия фермента, т. е. 10–50°C, причем хорошая стабильность наблюдается при 30–40,5°C при быстром и эффективном действии фермента на субстрат. Такие препараты можно затаривать в стеклянные, пластмассовые или металлические контейнеры, покрытые внутри эмалью или смолистыми веществами, например поливиниловыми смолами, для недопущения реакции между продуктом и металлом. Банки заполняют нужным количеством жидкого ферментного

препарата, затем к буртику банок фиксируют распределительный клапан. В банки вводят соответствующее реактивное вещество под давлением 4,9–9,1 кгс/см². Реактивное вещество должно быть инертным по отношению к ферментному препарату.

Это может быть закись азота, углекислый газ, азот, а также соединения типа фторированного углеводорода, (фреона), например трифторхлорометан или октафторциклобутан (все они производятся промышленно под торговым названием «фреон» или «генетрон»), либо смесь различных соединений. Аэрозольный препарат стабилен при длительном хранении без охлаждения, хотя в его производстве не применяют тепловой обработки, кроме того, он ингибирует микробиальный рост. Аэрозоль – это хороший и удобный метод нанесения на мясо и мясопродукты препаратов для увеличения их нежности.

В.Е. Williams обнаружил, что протеолические ферменты животного происхождения, например, пепсин, томсин и химотрипсин, в сочетании с растительными протеолитическими ферментами или сами по себе обладают синергистическим эффектом в улучшении нежности парного мяса после инъекции в мясо сразу после убоя и до начала *rigor mortis*, если скоту прижизненно был введен антибиотик или парное мясо было обработано антибиотиком путем шприцевания или погружения.

Для этой цели пригодны различные антибиотики окситетрациклин, хлортетрациклин, тетрациклин, хлоромидетин, стоептомицин, пенициллин и т.п., но предпочтение отдается антибиотикам широкого спектра действия, которые эффективны в отношении многих грамотрицательных и грамположительных бактерий, а некоторые из них, например окситетрациклин достаточно стабильны при низкой и комнатной температурах, но распадаются при нагревании.

Антибиотики могут находиться в любой известной антибактериально активной форме в виде основания или кислоты *per se*, или солей, а пенициллин – в виде органической основной соли металла.

Обычно количество антибиотика относительно массы животного очень невелико. Когда антибиотики вводят перед убоем внутрибрюшинно или у основания уха и хвоста достаточно 2,2–22 мг на 1 кг живой массы, а лучше 4,4–11 мг. Доза 17,6 кг на одно животное оказалось эффективной при введении за 1–4 ч до убоя. Такое же количество применяют для орошения, шприцевания, погружения и других методов обработки. Пепсин, трипсин и химотрипсин наиболее активны в парной говядине с кислым диапазоном pH, а при изменении pH до нейтрального или щелочного они теряют активность. Следовательно, нет необходимости применять специально как-либо ингибиторы (что требуется для растительных протеолитических ферментов).

Пепсин, действующий в желудке в кислом диапазоне (pH 2), эффективен в мясе только при быстром образовании молочной кислоты во время посмертного окоченения. Трипсин активный в кишечнике в менее кислой среде (pH около 5) начинает оказывать действие, в начале посмертного окоченения ослабевая к концу посмертного окоченения, когда pH приближается к 6–7. Катепсин – это межклеточный фермент естественно присутствующий в мясе

установлено, что его действие стимулируется аскорбиновой кислотой. Таким образом, сочетание добавляемых ферментов животного происхождения имеет размягчающий эффект в первые 24–48 ч посмертного окоченения и сохраняет активность до приближения рН мяса к нейтральной величине или несколько щелочной, в этот момент их эффективность уменьшается или прекращается полностью; следовательно, нет необходимости в ингибиторе. Гидролиз мышечного белка можно стимулировать инъекцией желатина или казеина в парное мясо. В раствор добавляют около 1% поваренной или другой гигроскопичной пищевой соли. Желатин способствует распределению жидкости по тканям парной туши, как и гиалуронидаза. Объем инъецируемого раствора обычно равен 2,8 л на 272 кг убойной массы туши бычка, т. е. примерно 1% от массы парной разделанной туши, а с этим количеством раствора надо использовать 7 г сухого пищевого желатина из говяжьих костей, 85–87% белка. Крупному рогатому скоту антибиотик можно вводить до или после убоя. Парную тушу, затем шприцуют раствором фермента животного происхождения, пока она еще теплая, расслабленная, до начала посмертного окоченения. В одном из случаев крупному рогатому скоту вводили 1 г окситетрациклина в виде гидрохлорида в 50 мл стерильной дистиллированной воды. Через 2 ч после инъекции животное убили. Затем в одну тушу игольчатым методом шприцевали 1,4 раствора фермента, который готовили из 1,4 л стерильной воды, 1 г смеси равных количеств пепсина и трипсина, 7 г порошкообразного костного желатина, 28,3 г казеина и около 1% обычной соли. Затем обе полутуши поместили в остывочную камеру. Через 48 ч из поясничного «глазка» брали пробы для дегустации.

Бифштексы из контрольной полутуши, не обработанной ферментным раствором, были чрезвычайно жесткими и невкусными, из обработанной — отличались повышенной нежностью и сочностью. В этом случае пептин и трипсин брали в равных количествах, но это не обязательно. Действие трипсина и пепсина проявляется при разных рН, и их сочетание синергистически улучшает нежность мяса парных туш во время и после посмертного окоченения. Трудно, можно сказать, невозможно определить критическое содержание пепсина и трипсина или химотрипсина в инъецируемом растворе, так как они применяются в малых количествах. Можно утверждать, что патент охватывает следующее соотношение 1–3 части пепсина на 3–1 части трипсина. Эти ферменты в растворе одинаково важны вследствие их синергистического действия: один активен на одной фазе посмертного окоченения, другой — на других и даже после него, а поэтому вместе они заметнее повышают нежность чем, если бы использовались раздельно. А вот и дополнительный, если не синергистический, эффект этих ферментов животного происхождения: коллаген в мясе обладает резистентностью к трипсину и химотрипсину, а также к папаину, но пепсин легко разваривает коллаген, повышая тем самым нежность мяса.

Наиболее приемлемым методом для современного производства оказалось шприцевание ферментного раствора в шею. В состав шприцуемого раствора кроме ферментного препарата входит поваренная соль и пищевые добавки.

Характер и глубина изменений внутримышечной соединительной ткани под действием протеолитических ферментов зависит от специфичности протеиназ содержащихся в препаратах. Наиболее глубокие изменения соединительнотканых прослоек происходили под действием фицина, т. к. этот фермент способен гидролизовать нативный эластин при естественном pH мяса. Что касается пищевых ферментных препаратов микробного происхождения, не обладающих коллагеназной и эластазной активностью, то их действие на внутримышечную соединительную ткань ограничивается освобождением коллагеновых волокон от «цементирующего» их основного вещества. Это способствует снижению устойчивости коллагеновых волокон к гидротермическому воздействию и более быстрому размягчению мяса в процессе тепловой обработки.

Проводя биохимическую оценку мяса, все исследователи пришли к единому мнению, что в результате обработки мяса ферментными препаратами перивариваемость его возрастает. Видимо, это связано с наличием в нём белков уже подвергнутых более или менее глубокой деструкции. Особенно это касается коллагена и эластина белков, наиболее трудно расщепляемых пищеварительными ферментами.

Рассмотрение шприцевания как способа обработки мяса ферментами будет не полным, если не отметить, что этот способ в ряде зарубежных стран применяют для обработки мяса птицы ферментными препаратами. На первый взгляд может показаться, что эта область применения ферментов не актуальна, так как мясо домашней птицы по сравнению с мясом крупного рогатого скота содержит сравнительно небольшое количество внутримышечной соединительной ткани и при тепловой обработке хорошо размягчается. Но при низком качестве мяса птицы готовая кулинарная продукция также иногда получается низкого качества: мясо недостаточно сочное, жесткое. Выход готовой продукции из птицы часто бывает ниже нормы, вследствие больших потерь массы при тепловой обработке. Это происходит из-за того, что мясо птицы (особенно кур, цыплят, индеек) содержит мало внутримышечного жира. Если в дополнение к этому учесть, что подкожный жир также не всегда содержится в достаточном количестве и распределяется он в тушке неравномерно, то вполне понятно, почему на предприятиях многих зарубежных фирм применяют шприцевание мяса птицы водно-жировой эмульсией, выдерживают мясо в растворах фосфатов для повышения водоудерживающей способности белков и применяют ферментные препараты. Принцип размягчающего действия ферментов на мясо птицы тот же, что и на мясо убойного скота, однако имеются и некоторые специфические особенности, вытекающие из химического состава и морфологического строения соединительнотканых прослоек. Например, мясо птицы содержит значительно меньше эластиновых волокон, по сравнению с мясом убойного скота, коллаген мяса птицы имеет, как правило, более низкую температуру денатурации. Последнее обстоятельство может способствовать более эффективному действию ферментов, имеющих пониженный температурный оптимум активности. Таким образом, шприцевание ферментного раствора в мясо следует

расценивать как более эффективный способ по сравнению с инъекцией его в кровеносную систему животного. Однако шприцевание мяса раствором фермента пока еще нельзя рекомендовать для широкого промышленного применения.

3.3 Поверхностная обработка мяса ферментами

В одной из первых работ, посвященной сравнительному изучению различных способов обработки мяса ферментами, на примере двух препаратов было показано, что поверхностная обработка порционных кусков посредством погружения их в ферментный раствор или распыления порошкообразного препарата на поверхности мяса не эффективна. Испытания проводили на полусухожильном мускуле: порционные куски мяса, нарезанные как в продольном, так и в поперечном направлениях к длине мышечных волокон, обрабатывали папаином или грибковым ферментом Розим П-11, к которым в качестве наполнителя добавляли поваренную соль и декстрозу. Независимо от концентрации фермента в порошке, продолжительности и температуры выдерживания обработанного мяса фермент не проникал в толщу мышечной ткани более чем на 1 мм, а в результате переваривания белков поверхностного слоя и мацерации мышечной ткани поверхность мяса приобретала мазеобразную консистенцию. В то же время мясо оставалось жестким.

Аналогичные результаты поверхностной обработки мяса были получены во ВНИИМПе [19] при использовании фицина, а также в МИНХе им. Г. В. Плеханова при использовании ферментного препарата, выделенного из проросших семян сои, и медицинского панкреатина. Таким образом, независимо друг от друга исследователи пришли к выводу, что поверхностная обработка мяса порошкообразными ферментными препаратами не эффективна и не может быть рекомендована даже для производственных испытаний. Многочисленные публикации в отраслевых зарубежных журналах о возможности прямого использования порошкообразных ферментных препаратов, по нашему мнению, преследуют исключительно рекламные, коммерческие цели, направленные на увеличение продажи ферментных препаратов и мяса низких сортов. Размягчения мяса можно достигнуть, упаковывая жесткие отрубы мяса в бумагу, пропитанную ферментом.

Исследовался также способ погружения порционных кусков мяса в растворы фермента. Для этой цели использовали три жидких ферментных препарата, содержащих папаин и поваренную соль; два из которых еще содержали гидролизаты растительных белков [44]. Порционные куски толщиной около 20 мм погружали на 30 с в жидкий размягчитель, после стекания излишнего раствора их упаковывали в целлофан и хранили при разных температурах. Образцы, снятые с хранения, после варки или жаренья дегустировали, отмечали изменения массы мяса (на разных этапах обработки) и проводили гистологические наблюдения изменений основных структурных элементов мышечной ткани мяса. В этих опытах не была установлена глубина проникновения фермента в мышечную ткань. Причем из трех исследованных

препаратов признан лучшим тот, который содержал, кроме папаина, гидролизаты растительных белков. По мнению авторов, эти гидролизаты способствовали равномерному распределению папаина в мясе.

Таким образом, было показано, что обработка мяса раствором фермента дает больший размягчающий эффект, чем посыпание поверхности мяса порошкообразным препаратом. Однако исследования, проведенные в МИНХе и ВНИИМПе, показали, что метод погружения также мало эффективен и не может быть рекомендован для производственного применения на мясокомбинатах, так как ферменты при этом не проникают в мясо на достаточную глубину. Следовательно, необходимо изыскать способы принудительного внедрения ферментов в мясо для обеспечения контакта их с прослойками внутримышечной соединительной ткани. Работа, проведенная нами в этом направлении, дала некоторые положительные результаты. Так, было установлено, что способ погружения мяса в раствор фермента может быть весьма эффективным, если порционные куски мяса перед погружением подвергать механическому рыхлению (табл. 12).

Таблица 12. Обобщенные данные лабораторных опытов по размягчению мяса ферментами, выделенных в виде порошкообразного растворимого препарата из проросших семян сои

Способ измерения жесткости мяса	Показатели жесткости мяса			
	подвергнутого механическому рыхлению		не подвергнутого механическому рыхлению	
	обработанного ферментом	контрольного	обработанного ферментом	контрольного
Измерение сопротивления резанию, Н	14,7	24,5	24,5	26,5
Измерение работы, затраченной на измельчение образцов в электромясорубке, Дж/г	44,9	75,8	65,6	72,2

Исследования проводили следующим образом. Порционные куски равной толщины, нарезанные от полуперепончатого мускула говяжьей туши поперек направления мышечных волокон, погружали в раствор фермента, смешанного с поваренной солью (10–15-минутное выдерживание рыхленного мяса в ферментном растворе является вполне достаточным для достижения желаемого эффекта). Причем в каждой паре кусков один подвергался предварительному механическому рыхлению на рыхлительной машине, серийно выпускаемой для мясных цехов предприятий общественного питания. Контролем служили порционные куски мяса, погруженные в раствор поваренной соли. После погружения мясо выдерживали 10–15 мин на сетке для стекания излишней жидкости, которая обычно мешает нормальной тепловой обработке. Опытные и

контрольные образцы мяса (антрекоты) жарили с небольшим количеством жира, после охлаждения определяли жесткость мяса по двум методам: измерением усилия резания образцов вдоль мышечных волокон на приборе системы Уорнера – Братцлера и измерением работы, затрачиваемой на измельчение образцов мяса в электромясорубке.

Из данных таблицы 12 видно, что предварительное механическое рыхление порционных кусков перед погружением мяса в раствор фермента способствует проникновению ферментов к прослойкам перимизия, что и обеспечивает значительное снижение сопротивления резания мяса вдоль направления мышечных волокон. При органолептической оценке мясо, обработанное ферментом после предварительного рыхления, характеризовалось как мягкое, хорошо разжевываемое, тогда как мясо, обработанное ферментом без предварительного рыхления, размягчалось очень слабо, разжевывалось плохо. Подобные результаты были получены с панкреатином.

На эффективность способа обработки при погружении мяса после предварительного рыхления в ферментный раствор существенно влияют концентрация ферментного препарата в рабочем растворе, способ рыхления, толщина кусков. В определенных пределах оказывает также влияние продолжительность выдерживания. Положительное влияние на проникновение ферментного раствора в рыхленное мясо оказывает «перемешивание» (массирование) кусков в ферментном растворе. Рыхленные куски мяса, не подвергавшиеся массированию, размягчались в меньшей степени. Аналогичные опыты были проведены нами с применением раствора папаина (импортного препарата) (табл. 13).

Таблица 13. Обобщенные результаты обработки папаином порционных кусков мяса, нарезанных из полусухожильных мышц от трех разных говяжьих туш

№ мышц	Образцы мяса	Масса образцов, г		Расход рабочего раствора папаина, г/кг мяса	Расход папаина, г/кг мяса	Потери массы при жаренье, %	Содержание влаги, % в жареном мясе			Усилия разрезания жареного мяса вдоль мышечных волокон, Н
		необработанных раствором	обработанных раствором				всего	в том числе		
								свободной	связанной	
1	Опытные	112	117	44,0	0,05	35,7	59,3	14,8	44,5	33,3
	Контрольные	112	117	—	—	37,5	58,5	18,8	39,7	49,9
2	Опытные	114	120	52,6	0,06	37,7	64,5	20,6	43,9	12,7
	Контрольные	114	120	—	—	39,5	62,0	20,8	41,2	26,5
3	Опытные	115	120	43,4	0,05	36,8	59,3	15,1	44,2	26,2
	Контрольные	115	120	—	—	39,4	58,4	18,3	40,1	39,2

Из данных таблицы 13 следует, что при обработке предварительно рыхленного мяса ферментным раствором методом погружения расход рабочего раствора более или менее постоянен и составляет около 5% к массе обработанного мяса. Расход папаина – 0,05–0,06 г на 1 кг обработанного мяса, что указывает на высокую эффективность папаина как размягчителя мяса. Незначительный расход препарата объясняется также тем, что был использован высокоочищенный препарат папаина, полностью растворимый в воде. Потери массы при жаренье ферментированного мяса на 2–3% ниже по сравнению с контрольным, что объясняется меньшим обезвоживанием. Это является одной из причин повышенной сочности ферментированного мяса. Усилие резания ферментированного мяса на 30–50% ниже, чем контрольного.

Наши наблюдения позволяют сделать вывод, что способ обработки мяса погружением в ферментный раствор порционных кусков, предварительно подвергнутых механическому рыхлению, можно рекомендовать для предприятий общественного питания. Но для применения в широких масштабах он требует более детальной разработки некоторых технических вопросов.

Более широкому внедрению этого метода в практику работы предприятий может способствовать усовершенствование конструкции выпускаемой в настоящее время машины для рыхления мяса, рыхлительная машина для мяса должна удовлетворять следующим основным требованиям: количество режущих зубьев на рабочих валах, длина, толщина и профиль (форма) их должны быть подобраны таким образом, чтобы максимально разрыхлялись прослойки соединительной ткани и минимально разрушались мышечные волокна мяса; конструкция машины должна позволять обрабатывать куски мяса разной толщины – от 10 до 25 мм; производительность машины должна быть достаточно высокой (до 1000 изделий в час), чтобы ее можно было применять в крупных столовых при промышленных предприятиях, вместе с тем на рабочем валу машины мощность должна быть достаточной для того, чтобы куски мяса не заклинивались, так как это приводит к остановкам в работе и снижению производительности машины; это требование тем более важно, что мясо трудно нарезать на куски равномерной толщины, возможны неровности, утолщения, которые обычно и приводят к заклиниванию кусков между рабочими валами. Отбивание порционных кусков мяса вручную перед обработкой ферментным раствором, как это рекомендуют некоторые исследователи, для современного производства неприемлемо.

Таким образом, метод погружения может быть рекомендован для увеличения реализации порционных полуфабрикатов (бифштекс, антрекот) из жесткого мяса, которое в настоящее время используют для тушения или варки. О количестве такого мяса можно судить по данным, представленным в таблице 14.

Из данных таблицы 14 видно, что только 15% мякотной части говяжьей туши можно использовать для жаренья в натуральном виде, 28% может быть приготовлено тушением или варкой, 57% мякоти образует так называемое котлетное мясо, содержащее значительное количество соединительной и

жировой ткани; его используют для выработки фаршевых изделий (рубленых котлет, тефтелей и пр.). Кроме того, в тазобедренном отрубе содержится мясо разного кулинарного назначения: для жаренья в натуральном виде пригодно около 40% мякотной части этого отруба (внутренний и верхний куски); остальное мясо (наружный и боковой куски) в натуральном виде можно использовать только для тушения или варки.

Таблица 14

Отруба говяжьей туши и содержащиеся в них крупнокусковые полуфабрикаты	Выход полуфабрикатов (мякоть без костей) в результате разделки туши, %	Применяемый способ тепловой кулинарной обработки при приготовлении блюд
Спинной		
толстый край	2,4	Жаренье крупным куском (ростбиф), порционными (бифштекс, антрекот) и мелкими кусками (шашлык, бефстроганов)
Поясничный		
вырезка (внутренний поясничный мускул)	2,0	
тонкий край	2,2	
Тазобедренный		
внутренний кусок	6,0	Жаренье порционными кусками, предварительно подвергнутыми механическому рыхлению (бифштекс с насечкой, ромштекс)
верхний кусок	2,6	
наружный кусок	8,0	Тушение крупным куском и порционными кусками (говядина духовая)
боковой кусок	5,3	
Лопаточный		
плечевая часть лопатки	2,5	Варка для вторых блюд и супов, тушение крупным куском и мелкими кусками (гуляш, азу, плов)
заплечная часть лопатки	3,5	
подлопаточная часть	2,6	
Грудной	2,6	Варка супов
Реберный		
покроя	3,3	Варка для супов, жаренье в виде фаршевых изделий (рубленый бифштекс и др.)
Шея, пашина и зачистки	57,0	Жаренье, варка и тушение в виде фаршевых изделий (рубленых котлет, биточков, фрикаделей и др.)

Таким образом, в данном случае мы сталкиваемся с тем, что из мяса высшего сорта нельзя вырабатывать полуфабрикаты типа бифштекс и антрекот, которые готовятся жареньем в натуральном виде и пользуются повышенным спросом. Это объясняется тем, что на жесткость мяса оказывает влияние не только количественное содержание соединительной ткани, но и ее морфологическое строение в перимизии: так, в поясничном отрубе (тонкий край) перимизии имеет простое строение (близкое к строению эндомизия), коллагеновые и эластиновые волокна параллельны друг другу и мышечным волокнам; в некоторых мышцах тазобедренного отруба, несущих при жизни животного повышенную физическую нагрузку, перимизии имеет более сложное строение, пучки коллагеновых волокон и эластиновые волокна перекрещиваются, образуя сложные ячеистые переплетения. Более сложному строению перимизия соответствует и более высокая гидротермическая устойчивость содержащегося в нем коллагена.

Таким образом, при обработке мяса ферментами способом погружения порционных кусков в раствор ферментного препарата в первую очередь следует использовать наружный и боковой куски тазобедренного отруба говяжьей туши. Наряду с этим существенным резервом увеличения выработки натуральных полуфабрикатов для жаренья является мясо лопаточного и шейного отрубов; однако надо иметь в виду, что мясо указанных отрубов по содержанию полноценных белков значительно уступает мясу тазобедренного отруба. Поэтому изделия типа бифштекс, изготовленные из мяса лопаточного и шейного отрубов, будут иметь более низкую пищевую ценность, чем одноименные изделия из мяса тазобедренного, спинного или поясничного отрубов, так как ферментными препаратами можно снизить жесткость приготовленного мяса, но нельзя повысить его белковую питательную ценность, обусловленную соотношением количества полноценных белков к неполноценным. При применении ферментов для увеличения объема выработки натуральных мясных полуфабрикатов преследуется цель удовлетворения спроса на мясо, пригодное для жаренья в натуральном виде, но вовсе не для того, чтобы мясо II сорта реализовать по цене I сорта.

Способ поверхностной обработки кусков мяса ферментами посредством погружения их в раствор препарата можно сочетать с одновременным восстановлением (регидратацией) мяса, обезвоженного сублимацией. При регидратации обезвоженного мяса в растворе ферментного препарата создаются условия для контакта фермента не только с внешней поверхностью мяса, но частично и с внутренней путем проникновения раствора в хорошо развитую систему пор и капилляров. В результате гистохимических исследований этого способа было показано, что в процессе регидратации мяса в растворе фермента обеспечивается равномерный по всему объему мяса контакт фермента с основными структурными элементами мышечной ткани (перимизии, эндомизий и сарколемма). В результате этого достигается максимальное размягчение мяса при минимальном расходе фермента. При дальнейшем изучении этого способа обработки мяса 12 ферментными препаратами растительного, животного и микробного происхождения [45]

окончательно подтвердилась его эффективность. Органолептическую оценку мяса проводили по трем показателям: мягкости, рыхлости и количеству остатка соединительной ткани после определенного количества жевательных движений. Она показала, что большинство ферментных препаратов эффективны в растворах самых минимальных концентраций: папаин, бромелин и фицин – 0,0002%, грибковые ферменты – 0,02–0,03%. Причем присутствие поваренной соли в растворе повышало размягчающее действие ферментов (табл. 15).

Таблица 15. Изменения массы мяса, высушенного сублимацией после регидратации в разных растворах и тепловой обработки, а также содержание связанной воды в готовом продукте

Мускул и раствор, в котором проводилась регидратация	Количество кусков	Средняя масса куска, г	Изменения массы, г на 100 г сухой массы		Связанная вода	
			увеличение после регидратации	уменьшение после тепловой обработки	г на 100 г сухой массы	% от общей
Длиннейший мускул спины						
вода	10	32,9	157,0	56,2	100,8	64,2
вода + фермент	10	34,0	153,8	55,6	98,1	63,8
2%-ный раствор NaCl	10	35,1	169,4	51,0	118,4	69,9
2%-ный раствор NaCl + фермент	10	36,1	166,4	48,6	117,8	70,8
Полусухожильный мускул						
2%-ный раствор NaCl	21	13,5	276,4	83,6	192,8	69,8
2%-ный раствор NaCl + фермент	40	13,5	279,3	82,3	196,9	70,5

Из данных таблицы 15 видно, что присутствие поваренной соли и фермента способствует большему поглощению раствора при регидратации, снижению потерь массы при тепловой обработке и увеличению связанной воды в готовом продукте. Регидратация мяса раствором соли и фицина обеспечивала наиболее высокое качество готового продукта по сравнению с регидратацией в воде, растворе поваренной соли, триполифосфата и смеси этих веществ.

Применение ферментов оказалось эффективным при восстановлении мяса, высушенного в виде кусков и фарша.

Погружение предварительно рыхленных кусков мяса в раствор ферментного препарата может оказаться весьма эффективным способом улучшения качества мясных натуральных консервов. Известно, что мясо в консервах бывает довольно жестким даже в тех случаях, если использовано высококачественное сырье и проведена его тщательная жиловка. Это объясняется сильным

уплотнением мышечных белков мяса в результате применения высоких температур тепловой обработки при стерилизации. Исследования, проведенные в Югославии, показали, что использование папаина, бромелина и фицина при выработке консервов «Говядина в собственном соку» позволяет получить продукт более высокого качества. Надо полагать, что в консервном производстве наиболее эффективными окажутся ферменты с высоким температурным оптимумом активности и высокой температурой инактивации.

В 1970 г W.R. Schack и F.O. Connick создали метод получения кускового мяса для использования в производстве кулинарно обработанных мясопродуктов, например тушеной говядины, бефстроганова, пирогов с консервированным фаршем, говяжьего гуляша и т.п. Куски мяса имеют относительно твердую поверхность, выдерживающую различные виды обработки, и одновременно нежные.

Этого можно добиться диспергированием в мясо таких протеолитических ферментов, как папаин, бромелин, фицин, трипсин или их смеси, с последующим дезактивированием этих ферментов у поверхности кусков мяса; после этого фермент, находящийся в середине кусков, активируют. Полученный таким образом продукт имеет размягченную середину, но достаточно твердую поверхность, стойкую в обработке и хранении.

Данный метод заключается во введении протеолитического фермента в сортовой отруб мяса любым удобным способом, например шприцем, с помощью газа-носителя, накалыванием поверхности мяса и погружением мяса в раствор фермента, чтобы последний проник вовнутрь его, и т. д. Количество вводимого фермента зависит от нужной степени размягчения, вида мяса, исходной жесткости мяса. Однако было установлено, что оно должно, по крайней мере, составлять 0,002 мг/кг мяса.

После введения фермента необходима некоторая выдержка для равномерного распределения его в мясе. Продолжительность выдержки зависит от многих факторов, например от количества инъецированного фермента, размера сортового отруба мяса, степени диспергирования фермента в мясе и т.д. Вероятно, наиболее важным является температура мяса в момент инъекции. Определили, что при температуре мяса 26,6°C продолжительность выдержки составляет всего около одного часа, но чем ниже температура, тем длительнее выдержка; например, при 7,2°C – около 4 ч, при минус 1,1 – плюс 4,4°C – около 24 ч.

После того как фермент диспергировали в мясе, его нарезали на куски любой формы – кубики, полоски, ломтики, брикеты, ломти и т. д. Установили, что размер кусков должен быть, по крайней мере, 60 см (по стороне). Желательно, чтобы на нарезание производили при температуре мяса минус 3,3–0°C.

Следующая стадия – селективная дезактивация фермента в наружном слое мяса на достаточную глубину, так что этот слой станет защитным покровом для всего куска мяса. Дезактивацию можно осуществлять регулированием температуры мяса до такого уровня, при котором фермент теряет активность. Регулировать можно любым методом поверхностного нагрева, например

погружением кусков мяса в кипящую воду. Продолжительность и температура такой обработки непостоянны и прямо зависят от вида фермента и его концентрации.

Общепринятая температура активности протеолитических ферментов 36,6–85°C, причем каждый фермент имеет свою оптимальную температуру. Например, у папаина 65,5–85°C, у бромелина 60–71,1, у фицина 60–76,6, у трипсина 29,4–46,1°C. При температуре выше оптимальной фермент теряет активность.

Чтобы куски мяса обладали требуемыми физическими характеристиками, защитный наружный слой, в котором фермент инактивирован, должен иметь глубину, по крайней мере, 0,15 см с каждой стороны. Следовательно, температура обработки мяса должна быть достаточной, чтобы повысить температуру всего наружного слоя куска мяса до такого уровня, при котором фермент инактивирован, т. е. она должна быть выше оптимальной.

Куски мяса, в середине которых находится активный протеолитический фермент, а на поверхности – инактивированный, надо хранить в замороженном состоянии

Наконец, фермент внутри мяса следует активировать, чтобы размягчить мясо. Это делают, регулируя температуру в центре куска, доводя ее до оптимальной и поддерживая на этом уровне до тех пор, пока не будет достигнута достаточная степень тендеризации, а минимум до балла 6 по шкале, где 1 – жесткое мясо, а 10 – слишком мягкое, пористое.

Как только внутренняя часть мяса будет достаточно размягчена, следует как можно быстрее инактивировать фермент, не оказывая неблагоприятного воздействия на поверхность мяса. Это делают любым традиционным методом нагревания, включая микроволновый.

Проведенные исследования по использованию ферментных препаратов в производстве фаршевых изделий касались главным образом производства вареных колбас [9]. По мнению авторов этих работ, добавление растворов ферментных препаратов в колбасный фарш улучшает органолептические показатели готовых колбас (сочность, нежность).

В колбасном производстве ферментные препараты предполагается использовать для улучшения качества колбас низших сортов, изготавливаемых из сырья с повышенным содержанием грубой соединительной ткани [1].

В этих исследованиях применяли ферменты, которые не способны гидролизовать нативный коллаген и эластин. Следовательно, желаемый эффект можно получить только при тепловой обработке колбас, когда ферменты могут гидролизовать денатурированные белки соединительной ткани. Однако к моменту денатурации коллагена практически полностью инактивируются ферменты. Поэтому действие ферментов на колбасный фарш ограничивается более или менее интенсивным гидролизом мышечных белков, сопровождающимся накоплением низкомолекулярных, азотистых веществ. Таким образом, главная цель – разрушение соединительной ткани не достигнута.

Аналогичное действие ферментов на белки мяса проявляется в полуфабрикатах, вырабатываемых из мясного фарша (рубленный бифштекс и пр.) [20]. В результате гидролиза мышечных белков снижаются вязкость и липкость мясного фарша.

Предпринимаются попытки добавлять в мясной фарш соединительную ткань, предварительно обработанную ферментными препаратами [9]. Некоторого эффекта можно достигнуть от использования ферментного препарата, обладающего коллагеназной и эластазной активностью, обрабатывая соединительную ткань после ее тепловой обработки.

Таким образом, сведения, которыми мы располагаем о действии ферментов на белки мяса, не позволяют сделать определенного вывода о перспективности применения ферментных препаратов в производстве фаршевых изделий. Требуются более детальные и целенаправленные исследования.

4 ДРУГИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ МЯСА

Значительного размягчения мяса добиваются посредством инъекции воды до процесса посмертного окоченения, когда туша расслаблена. Воду вводят под давлением в мышечные волокна, она равномерно распределяется по мясу. С началом посмертного окоченения структура мяса застывает и вода прочно удерживается как истинно гидратационная вода. Повышенное содержание влаги *per se* ответственно за увеличение нежности и сочности мяса.

Известно, что для осуществления различных целей при обработке мяса можно применять газы. Нижеследующие способы объясняют ускоренное размягчение парного мяса воздействием газовыми атмосферами под высоким давлением.

4.1 Инъекция воды

В.Е. Williams обнаружил, что, если в тушу свежееубитого животного до посмертного окоченения инъецировать 1–3% (а лучше 2%) воды под давлением 2,8–7 кгс/см² температурой примерно 37°C, нежность мяса повышается на 20% за несколько суток. Количество воды и давление имеют большое значение; очень незначительно увеличивалась нежность при объеме инъекции 1% и давлении 2,4 кгс/см².

Количество игл для шприцевания воды в тушу под давлением зависит от размера туши и вида отруба. Например, 6–12 игл можно использовать для инъекций в полутушу крупного рогатого скота, давление при этом может создаваться любым способом. 2–3 иглы можно вставить в бедренную часть, по одной у конца поясничной части и в филейный отруб, одну в реберную часть, одну в грудной отруб и одну в каждую мышцу голени. Остальные можно ввести в лопаточную часть: одну вниз к шее, другую горизонтально к лопатке. Можно использовать большее количество меньших по размеру игл, смонтированных по спирали, для шприцевания жидкости в мышцы через определенные интервалы. Для обеспечения наилучших результатов иглы должны быть длиной около 17,0 см, диаметром 0,6 см и иметь примерно 12 отверстий (первое на расстоянии около 2,5 см от конца иглы).

Считают, что повышение нежности при таком методе связано как с физическими, так и химическими аспектами. С физической точки зрения вода под относительно высоким давлением проникает в пучки мышечных волокон, разъединяет и разрывает их, увеличивая нежность мяса. Добавленная вода при тепловой обработке расширяется и еще более разделяет, размягчает и разрывает волокна, и тем самым нежность мяса увеличивается.

Инъецируемая под давление вода химически активизирует естественно присутствующие в мясе ферменты, которые являются гидролитическими и действуют быстрее и эффективнее вследствие повышенного влагосодержания. Кроме того, температура воды 37,7°C (но не выше 48,8°C) замедляет остывание мяса и вследствие этого стимулирует посмертное окоченение, тем самым еще более увеличивая нежность мяса, так как чем быстрее начнется посмертное

окочение, тем быстрее произойдет тендеризация мяса. Все вышесказанное относится к обычной воде – стерильной или питьевой, инъецируемой в достаточном количестве и под указанным давлением. В воду можно вводить добавки: желатин, являющийся гигроскопичным и способствующий распределению добавленной воды в мясе; фосфаты, способствующие удержанию влаги в тканях мяса; соль в изо или гипотоническом количестве. Но еще раз надо подчеркнуть, что эти добавки необязательны. Если применяют соль гипертонической концентрации, то наблюдается тенденция осмотического перемещения влаги в пучках волокон в пределах клеток или с выходом из клеток. Если вода не содержит соли или концентрация последней является гипотонической, то отмечается, что соль, естественно присутствующая во внутриклеточной влаге, притягивает воду через стенки клеток и удерживает ее.

4.2 Инъекция воды и газа

Если чистую воду или содержащую рекомендуемые добавки вводить игольчатым шприцем в тушу до начала посмертного окоченения и одновременно под давлением газ для расширения мышечных волокон, то не только увеличивается нежность мяса, но и мясо под действием газа разбухает, улучшаются его окраска и товарный вид. Газ можно вводить до, во время или после инъекции воды либо вместе с водой. При всех этих методах газ способствует растяжению волокон мяса и диспергированию в нем воды. Вода проникает в волокна мяса, разъединяет их и насыщает водой.

Газ и вода под давлением раздвигают пучки волокон и отдельные волокна, увеличивая нежность мяса, а улучшение диспергирования воды в мясе намного повышает нежность его после тепловой обработки.

В.Е. Williams обнаружил, что существует критический диапазон давления для газа. При давлении газа ниже $2,1 \text{ кгс/см}^2$ он не может быстро и полно диспергироваться в мясе и нужной повышенной дисперсии воды не достигают. Если давление газа превышает $7,7 \text{ кгс/см}^2$, пучки волокон и отдельные волокна чересчур надуваются или разрываются и в мясе образуются кровавые точечные пятнышки.

При таком высоком давлении обычно мясо слишком сильно раздувается газом. Оптимальным является давление $2,8\text{--}7 \text{ кгс/см}^2$ для обеспечения нужной степени диспергирования воды в мясе без чрезмерной деформации и разрыва волокон и пучков, без нежелательного вздутия мяса и образования пористости. Рекомендуется пользоваться воздухом вследствие его доступности, поскольку кислород воздуха окисляет миоглобин или пигмент крови в мышцах, делает его более светлым ярко-красным, что очень желательно; однако можно применять и другие газы.

Одним из них является газ, содержащий 85% азота, 12% CO_2 и 1–3% CO , следы водорода, кетонов и др., образующихся при сгорании бутана или пропана при отсутствии воздуха: такой же газ дает отличные результаты, так как CO делает цвет мяса ярче без окисления. Пригодны и другие инертные газы, например азот, углекислый газ и т. п. Количество воды, шприцуемой с газом,

составляет примерно 3%, но не более 5% от массы парной туши. Вода может иметь температуру примерно 37,7°C. Во всех случаях температура инъецируемой среды должна быть высокой – не ниже температуры тела убитого животного.

В парном мясе до начала посмертного окоченения газ расширяет ткани мяса, делает их пористыми, улучшает поглотительную способность; его количество составляет примерно 3% от массы парной туши; газ увеличивает массу туши на ту величину, которая будет впоследствии потеряна в результате испарения, когда туша висит в остывочной камере. Вместе с газом шприцуют около 3% воды от массы парной туши (обычно 4 кг на 136 кг массы туши); это количество распределяют между бедренным, лопаточным, реберным и грудным (грудинка – «завиток») отрубями. После шприцевания обработанную полутушу помещают в обычную остывочную камеру и выдерживают там, в течение 7 сут при 1,6°C.

Как отмечалось выше, мясо увеличивается в размере при вдувании воздуха или газа: примерно на 10% при вышеназванном давлении. Воздух или газ постепенно выходят из туши, но после шприцевания жидкости достигают постоянного увеличения размера туши или отдельных отрубов примерно на 10%. Бифштексы из поясничной, реберной, лопаточной и бедренной частей примерно на 10% больше в диаметре, чем аналогичные бифштексы из контрольной полутуши. При толщине бифштексов 2,5 см выход их из поясничного и бедренного отрубов может увеличиться на 1–2 шт.; то же самое можно сказать и о порционном мясе для тушения из реберного, лопаточного и кострецового отрубов.

4.3 Инъекция воды и целлюлозной камеди

С целью только размягчения мяса можно пользоваться простой водой, для достижения особой степени нежности в воду добавляют различные протеолитические ферменты. Водный раствор обычно шприцуют в тушу. Если игольчатое шприцевание выполняют неквалифицированно (особенно применительно к некоторым видам мяса), можно получить водянистое мясо. В водный раствор можно добавить желатин во избежание водянистости мяса. Однако желатин часто дает нежелательный остаток после тепловой обработки. Кроме того, при использовании водного раствора фермента, желатин добавлять нельзя, так как фермент сильнее действует на белок желатина, чем на мясо.

В.Е. Williams установил, что пищевые целлюлозные камеди, разрешенные законодательством, если их добавить в водный раствор, вводимый путем игольчатого шприцевания в тушу, поглощают, удерживают и распределяют добавленную или свободную воду, тем самым, улучшая текстуру мяса и не допуская образования водянистости. На такие пищевые целлюлозные камеди не влияют ферменты. Одной из них является натрийкарбоксиметилцеллюлоза, которая известна еще под названием гликолат целлюлозы. Эта камедь легко растворима в горячей и холодной воде не поддается замораживанию. Можно

применять и другие пищевые коллоидные вещества, камеди, гели, водоросли и крахмаль.

В соответствии с запатентованным процессом в парную расслабленную (до посмертного окоченения) тушу крупного рогатого скота массой 136 кг ввели 2,8 л водного раствора, содержащего 28,3 г гликолата целлюлозы. Эти 2,8 л воды составляли приблизительно 2% от массы полутуши. Гликолат целлюлозы сгустил раствор, поэтому потребовалось увеличить давление инъекции в иглах до 7 кгс/см², а в результате в туше раствор диспергировался под давлением около 4,2 кгс/см². Такое давление в иглах обеспечило хорошее распределение растворов, содержащих пищевые целлюлозные камеди, в мясе. Обработанные таким образом контрольные говяжьи полутуши подвесили в обычной остывочной камере на 7 суток. Текстура мяса опытной полутуши улучшилась, в нем не было видимых добавлений влаги, водяных карманов, мясо не было водянистым. Целлюлозная камедь с успехом вбирала в себя, распределяла и удерживала избыток влаги, соединяя естественно присутствующую в мясе жидкость и соки с инъецируемым раствором. Гигроскопичная камедь собирала и удерживала в себе всякий избыток влаги в говядине. Органолептическая оценка опытного вареного мяса указала на его более равномерную нежность. Фермент можно использовать в таком инъецируемом растворе вследствие отсутствия его сродства с целлюлозной камедью.

4.4 Инъекция цельной крови или цельного молока

В.Е. Williams разработал процесс обработки парных расслабленных туш животных в убойном цехе цельными кровью или молоком, чтобы улучшить нежность, вкус, сочность и товарный вид мяса после тепловой обработки. При желании любые растворы в соответствии с изобретением могут содержать такие добавки, как соль, сахар и желатин, причем пропорционально или изотонически относительно естественно присутствующих в мясе веществ. Кровь можно собирать непосредственно из аорты в стерильную тару, исключая воздействие воздуха; затем ее шприцуют в тушу под давлением, которое было указано ранее.

При использовании крови из аорты нет необходимости в добавках, не допускающих ее окисления или коагуляции. Применение восстановленной крови не требует антиокислителей или антикоагулянтов. Введение ее в мясо не приводит к появлению в нем точечных кровеобразований. Конечно, если кровь шприцуют в парную тушу под давлением в иглах около 7,7 кгс/см² такие точечные образования возможны вследствие разрыва мышц, но это может произойти при инъекции любого раствора.

Наилучших результатов добиваются при давлении инъекции 1–7,7 кгс/см² и количестве инъецируемой жидкости 1–3% (но не более 5%) от массы мяса. Рекомендательный оптимальный диапазон давления 1–2,8 кгс/см². При использовании крови из аорты животного обычно нет необходимости подогревать ее до температуры тела, т. е. 36,6–41°C, в зависимости от состояния скота и способа убоя. При испытаниях наблюдали перепад в

температуре крови в аорте при инъекции, равный всего 2–3°C, поэтому подогревать кровь не надо. Цельную кровь животного, восстановленную или охлажденную рекомендуется подогревать до 32–41°C, чтобы ее температура приблизилась к температуре туши и мясной белок не свернулся; это облегчает распространение жидкости.

Хорошие результаты с использованием свежей и восстановленной крови могут быть связаны с тем, что ферменты в крови крупного рогатого скота действуют синергистически с ферментом катепсином в тканях мяса, обеспечивая высокую степень нежности обработанного мяса после тепловой обработки. Повышение нежности мяса, инъецированного цельным молоком, вероятно, связано с синергистическим действием естественных ферментов молока и мышечной ткани мяса.

Пример 1. Тушу бычка убойной массой 272 кг разделяли на полутуши левую парную полутушу (до начала посмертного окоченения) инъецировали игольчатым шприцем под давлением 1–2,8 кгс/см² кровью из аорты в количестве 3% от массы туши (потребовалось примерно 4 кг); затем обе полутуши охлаждали традиционным способом. После этого опытную и контрольную полутуши разделяли на розничные порции, подвергали тепловой обработке и оценивали органолептически. Инъецированное мясо отличалось лучшим цветом, несколько более высокой нежностью и сочностью, а также вкусом.

Пример 2. Тушу бычка разделяли на полутуши. Левую полутушу инъецировали водным раствором (около 4 л) сублимированной крови, гидратированной до консистенции нормальной крови, в который добавляли по 28,3 г желатина, соли и сахара; давление было таким же, как в примере 1. Обе полутуши подвешивали в холодильнике. После охлаждения из обеих полутуш брали аналогичные образцы, подвергали тепловой обработке и проводили дегустацию. Были получены такие же результаты, как и при использовании свежей крови из аорты. Восстановленную кровь подогревали до температуры парной туши. Давление в иглах было 2,8–7 кгс/см². При использовании восстановленной крови можно добавлять соответствующее количество витамина С в качестве антиокислителя.

4.5 Обработка кислородом

Ускорить созревание парного мяса можно, не замедляя процесс размягчения, путем воздействия на него в течение 12–48 ч воздухом, содержащим кислород концентрацией не менее 70%, под давлением 2,1–5,6 кгс/см² и при температуре 34–44°C. Процесс включает в себя обработку отрубов парного мяса воздухом с относительно высокой концентрацией кислорода (70%) или другого газа, например азота или аргона, при такой температуре и под таким давлением, которые обуславливают минимальный период времени, необходимый для проявления размягчающего действия протеолитических ферментов. Таким образом, основное преимущество – кратковременность процесса, т. е. несколько часов по сравнению с несколькими

сутками или неделями при традиционном процессе, причем этот процесс не влияет отрицательно на качество мяса [16].

При практическом осуществлении процесса мясо подвешивают на крючок, закрепленный на поперечной балке в автоклаве. Дверцу закрывают и устанавливают температуру, давление и концентрацию кислорода в атмосфере автоклава. Рекомендуются давление $3,1 \text{ кгс/см}^2$, температура 40°C , концентрация кислорода 95% и продолжительность обработки 24 ч. Когда впоследствии мясо вынимают из автоклава, оно является нежным, хотя процесс не был длительным. Другая отличительная черта этого процесса – эффективное ингибирование бактериального роста кислородом под давлением.

4.6 Обработка углекислым газом

Помещение мяса в атмосферу CO_2 при определенных параметрах размягчает мясо и сокращает потери массы при последующей тепловой обработке. Практически атмосферой воздействия является чистый углекислый газ под давлением $2,1\text{--}9,4 \text{ кгс/см}^2$ в течение времени, изображенного в виде заштрихованной площади на рисунке 6. После этого мясо выдерживают в течение примерно 4 ч и подвергают тепловой обработке.

При применении этого метода мясо помещают в емкость, в которой можно создавать давление. Предварительно ее продувают углекислым газом. После этого создают давление в диапазоне $2,1\text{--}9,4 \text{ кгс/см}^2$ (предпочтительно $2,1\text{--}6,3 \text{ кгс/см}^2$). Продолжительность поддерживаемого давления соответствует кривой А не более чем в 6 раз по сравнению с кривой Б. Давление снимают, мясо выдерживают под атмосферным давлением не менее 4 ч. После этого мясо подвергают тепловой обработке, потери массы снижаются на 15%. Нежность мяса значительно повышается.

Пример 1. Говядину («глазок» заднепоясничной части) с исходной массой 1,042 кг обрабатывали под давлением $6,3 \text{ кгс/см}^2$ в течение 5 мин, затем выдерживали 4 ч и подвергали 1,5-часовой тепловой обработке при $162,7^\circ\text{C}$. Масса готового продукта составила 0,742 кг, т. е. потеря равняется 28,9%. Идентичный образец мяса после тепловой обработки весил 0,695 кг (при таком же температурном и временном режиме), т. е. потеря массы составила 33,4%. Потеря массы опытным образцом мяса была меньше на 13,5%. Нежность контрольного и опытного образцов измеряли тендерометром. Опытный образец был гораздо нежнее.

Пример 2. Говядину (ростбиф из лопаточной части) с исходной массой 0,535 кг обрабатывали под давлением $6,3 \text{ кгс/см}^2$ в течение 10 мин, затем выдерживали 18 ч и подвергали тепловой обработке при $162,7^\circ\text{C}$ в течение 1,5 ч. После тепловой обработки масса мяса равнялась 0,345 кг (потеря 35,5%). При идентичной тепловой обработке контрольный образец весил 0,283 кг (потеря 45,7%). Опытный образец потерял в массе примерно на 22% меньше. Измерение нежности показало, что опытный образец был нежнее.

5. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МЯСА, ОБРАБОТАННОГО ФЕРМЕНТАМИ

При определении качества мяса проводят его биологическую, биохимическую, инструментальную и органолептическую оценку. Необходимым условием для оценки качества ферментированного мяса является выполнение ряда требований, предъявляемых к подготовке образцов мяса и их тепловой обработке.

Подготовка образцов ферментированного мяса для анализа. Опытные (обработанные ферментным препаратом) и контрольные образцы подготавливают из аналогичных наиболее крупных; мышц, выделенных из одной туши. Это требование обусловлено тем, что жесткость и другие показатели качества приготовленного мяса в значительной мере зависят от прижизненных факторов: породы, возраста, пола животного, вида кормов и др. [24].

Мясо исследуют в парном состоянии не позже, чем через 1,5–2 ч после убоя животного или спустя не менее 6 суток после убоя, когда завершаются основные процессы созревания мяса, влияющие на жесткость.

Для анализа следует брать мышцы взрослого животного. Это обусловлено тем, что внутримышечная соединительная ткань молодых животных содержит так называемый «молодой коллаген» имеющий более низкую температуру денатурации, и поэтому в процессе тепловой обработки быстрее расщепляется протеолитическими ферментами. Следовательно, ферментные препараты, хорошо размягчающие мясо молодняка, могут быть мало эффективными для мяса взрослых животных. Особенно это касается ферментов, имеющих низкий температурный оптимум активности и сравнительно низкую температуру инактивации.

Общим требованием при сравнительном измерении жесткости антрекотов, приготовленных из ферментированного мяса, является то, что мускулы (например, полусухожильный или двуглавый бедра) выделяют от одной полутуши, обрабатывают их раствором ферментного препарата. В качестве контроля используют длиннейший мускул спины, из которого вырабатывают антрекоты в соответствии с действующими стандартами или парные (аналогичные) мускулы от второй полутуши (метод парного сравнения).

При ферментировании мяса по способу шприцевания опытные и контрольные образцы вырезают из идентичных участков парных мускулов, что обусловлено неравномерным распределением соединительной ткани по длине мускула: количество ее возрастает от начала мускула, наиболее утолщенной его части, к концу мускула, переходящего в фасцию. В туше это направление определяется сверху вниз и от задней части к передней [24].

При измерении жесткости и других показателей качества мяса, ферментированного методом погружения в раствор предварительно рыхленных порционных кусков, отрезают два последовательно расположенных куска (опытный и контрольный). При этом также устраняется влияние неравномерности содержания соединительной ткани по длине мускула.

При оценке качества мясopодуктов, вырабатываемых, из ферментированного мяса, в отдельных случаях используют два контрольных образца: первый – соответствующий стандарту, второй – из мяса, подлежащего размягчению с помощью ферментов. Это условие особенно важно выполнять при испытании новых ферментных препаратов, целесообразность использования которых для обработки мяса еще окончательно не выяснена. Дегустационный анализ опытного образца по сравнению с контрольным от парного мускула покажет эффективность ферментного препарата как размягчителя жесткого мяса. Анализ опытного образца в сопоставлении с контрольным, соответствующим стандарту, позволит выявить те показатели качества, по которым опытный образец ниже или выше стандартного. Полученные результаты после их математической обработки расширяют диапазон данных, определяющих дальнейшее направление работы в области отбора ферментных препаратов и способов их применения.

Одинаковая по всему объему толщина порционных кусков обеспечивает равномерную тепловую обработку. Упругоэластичные свойства мяса не позволяют нарезать порционные куски мяса равномерной толщины. Поэтому действующими техническими условиями толщина антрекотов определена с большим допуском (до 5 мм). Эта вынужденная мера создает дополнительные трудности в обеспечении равномерного прожаривания мяса: куски разной толщины, а также куски неравномерные по толщине прожариваются в разной степени, что оказывает влияние не только на оценку жесткости, но и на сочность, нежность готовых изделий и, следовательно, на общую оценку их качества. Поэтому порционные куски мяса, предназначенные для использования в качестве образцов для измерения жесткости, перед тепловой обработкой необходимо выравнивать по толщине, пропуская их через рыхлительную машину, или отбивать вручную. Предпочтителен первый способ, так как он обеспечивает одинаковую степень рыхления для всех, исследуемых кусков мяса. Однако возможности рыхлительной машины не следует переоценивать. Лучше стремиться к нарезке кусков равномерной толщины. Существует мнение, что следует подмораживать крупные куски мяса перед нарезкой.

Тепловая обработка мяса. Необходимость рассмотрения условий тепловой обработки мяса, обработанного ферментными препаратами, обусловлена специфическим характером воздействия ферментов на белки мяса. Как было показано ранее, протеолитические ферменты слабо воздействуют на белки мяса при низких плюсовых температурах (включая температурные условия производственных цехов). Гидролиз мышечных и соединительных белков ферментами происходит в основном в процессе тепловой обработки мяса, когда в определенном температурном интервале тепловая денатурация белков мяса по времени совпадает с максимумом протеолитической активности ферментов.

Ферментные препараты применяются в основном для увеличения мяса, пригодного для жаренья в натуральном виде.

В ряде зарубежных стран (США, Канада и др.) мясо жарят во фритюре (полное погружение в жир) и в электрогрилях (с применением инфракрасного излучения).

Жаренье во фритюре иногда используют в исследовательских лабораториях для обеспечения одинаковых условий тепловой обработки для опытных и контрольных образцов мяса. Однако в производственных условиях, этот способ не применяется, так как в окружающую среду отделяется около половины содержащейся в мясе воды вместе с растворенными в ней азотистыми и минеральными веществами; попадающая в разогретый жир вода бурно испаряется, что приводит к разбрызгиванию жира и резкому снижению его температуры, в результате чего процесс жаренья мяса замедляется; азотистые вещества в жире разлагаются с образованием темноокрашенных веществ, загрязняющих жир и ухудшающих его вкус, запах и цвет. При длительном использовании фритюрного жира в нем накапливаются термостабильные продукты окисления и полимеризации, что в конечном итоге делает его непригодным. Некоторые из отмеченных выше недостатков фритюрного жаренья можно устранить. Например, понижение температуры жира в результате закладки в него мяса будет не таким значительным, если увеличить соотношение между жиром и продуктом или усилить подвод тепла к жиру, применив электрическую жарочную аппаратуру с большой удельной мощностью. Однако это не меняет общей оценки способа жаренья во фритюре, так как недостатки его явно преобладают над преимуществами. По отмеченным выше причинам жаренье мяса во фритюре не применяется и в домашних условиях.

Хорошие результаты получены при тепловой обработке мяса в электрогрилях. Их применение позволяет сократить продолжительность жаренья мяса, уменьшить потери массы, повысить сочность готовых изделий, улучшить их внешний вид за счет равномерной поджаристой корочки по всей поверхности мяса, снизить расход жира на обжарку. Однако применение жарочной аппаратуры с инфракрасными источниками тепловой энергии пока еще не так обширно, чтобы его можно было рекомендовать для использования при изучении качества ферментированного мяса.

Таким образом, при оценке качества мяса, обработанного ферментами, целесообразно пока еще применять традиционный метод жаренья порционных кусков.

По традиционному методу антрекоты жарят с небольшим количеством жира (не более 10% к массе готового продукта). Сковороду или противень с жиром разогревают до 170–180°C, после чего на них кладут порционные куски мяса и обжаривают с двух сторон; общая продолжительность жаренья – 10–15 мин. Поскольку инструктивные указания этим ограничиваются, следует добавить, что мясо прожаривается лучше, если использовать жарочную аппаратуру с утолщенным дном (например, электросковороды, жаровни и пр.). В ней обеспечивается равномерное распределение тепла на жарочной поверхности, исключаются местные перегревы металла и тем самым снижается вероятность неравномерного прожаривания и подгорания. Менее пригодны для

жаренья мяса сковороды из алюминиевых сплавов и тонкостенные противни. Дно жарочной посуды должно быть ровным, без выпуклостей и вогнутостей. Плита и жарочные конфорки должны быть смонтированы строго горизонтально. Невыполнение этих требований приводит к неравномерному распределению жира на жарочной поверхности и, как следствие этого, неравномерному прожариванию мяса. Так, при использовании 1%-ного раствора прототерризина (продуцент *Aspergillus terricola*, штамм 3374, МРТУ 59-5–68) для шприцевания крупных кусков, приготовляемые в дальнейшем порционные полуфабрикаты рекомендуется вначале обжаривать в наплитной посуде при более высокой температуре жира (185–195°C), а затем доводить до готовности в жарочном шкафу при температуре 150–160°C.

В этой рекомендации, к сожалению, отсутствуют указания о продолжительности жаренья мяса. Кроме того, неясно, будет ли пригоден такой способ жаренья при использовании ферментов с более высокой температурой инактивации (типа папаина).

В целях получения дополнительных данных о тепловой обработке ферментированного мяса был исследован процесс жаренья порционных кусков мяса, обработанных раствором папаина после предварительного механического рыхления. Для этого опытные (ферментированные) и контрольные куски мяса обжаривали с двух сторон на чугунной сковороде с небольшим количеством жира, как предусмотрено технологическими инструкциями для изделий типа антрекот; готовность мяса определяли по достижению 80°C в центре куска; для обеспечения контроля температуры в боковой части куска мяса делали прокол поварской иглой, в прокол вводили подготовленную термопару (хромель-копель) так, чтобы конец ее находился в центре куска; другой конец термопары присоединяли к записывающему электронному потенциометру; при переворачивании мяса во время жаренья конец термопары оставался на месте, что обеспечивало непрерывную автоматическую запись температуры в центре куска мяса. Таким способом мы получили данные о динамике повышения температуры в ферментированном и контрольном мясе при жареньи. На рисунке 7 для примера представлены температурные кривые, описанным выше методом; изгибы кривых на 7-й минуте жаренья соответствуют переворачиванию кусков. Из графиков видно, что в ферментированном мясе температура повышалась быстрее, чем в контрольном. Ферментированное мясо достигало готовности на 11-й минуте, а контрольное – на 14-й минуте.

Внешний вид ферментированных и контрольных кусков при жареньи был разным: ферментированные куски мало изменяли свою первоначальную форму, в них значительно раньше, чем в контрольных, прекращалось отделение сока, они раньше приобретали серо-коричневую окраску, свойственную мясу, подвергнутому тепловой обработке; контрольные куски при жареньи сильно деформировались, «выпучивались», вследствие чего контакт их с жарочной поверхностью ухудшался, отделение сока из контрольных кусков продолжалось до 70–75°C

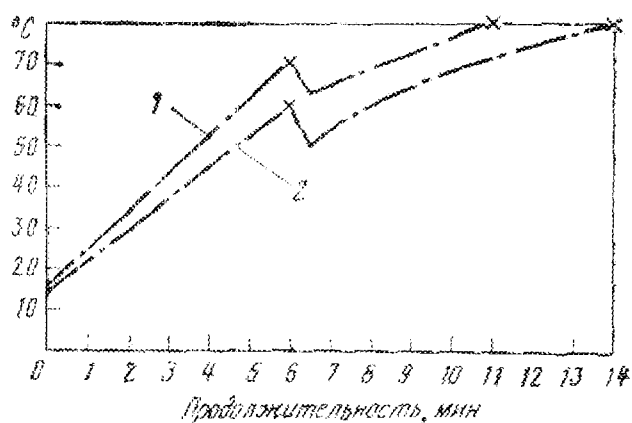


Рисунок 7. Изменение температуры мяса в процессе жаренья:
1 – ферментированного; 2 – неферментированного.

Отмеченные различия в состоянии ферментированного и контрольного мяса при жаренье можно объяснить интенсивным воздействием ферментов на внутримышечную соединительную ткань, в результате чего несколько снижается сокращение коллагеновых волокон по длине в момент денатурации и как следствие этого, меньше деформируются куски и выделяется воды из мяса в окружающую среду. Значительная деструкция коллагена в ферментированном мясе вызывает не только снижение механической прочности соединительнотканых прослоек, но может оказывать влияние и на относительное увеличение в мясе прочно связанной воды.

Полученные нами данные позволяют сформулировать вполне обоснованную рекомендацию, заключающуюся в том, что опытные и контрольные образцы мяса надо жарить в одинаковых условиях с разной продолжительностью теплового воздействия. Оптимальную продолжительность жаренья можно установить, проведя предварительные опыты с измерением температуры мяса. В дальнейшем, используя образцы мяса определенной (постоянной) массы и формы, можно приступить к проведению анализов, подвергая жарению мясо без измерения температуры в каждом образце.

5.1 Биологическая и биохимическая оценка качества ферментированного мяса

Данные о биологической ценности продуктов, вырабатываемых из мяса, обработанного ферментными препаратами, являются наиболее важными, по сравнению с другими показателями качества. Недостаточные экспериментальные данные о биологической ценности мяса, обработанного ферментными препаратами разного происхождения. Биологическая оценка продуктов, в том числе ферментированного мяса, требует длительного периода времени, наличия специализированных лабораторий, применения специальных методов исследования и должна проводиться в научных учреждениях

медицинского профиля. Однако экспериментальные данные биологической оценки говяжьего мяса, обработанного фицином, свидетельствуют о положительной роли этого ферментного препарата; биологическая ценность мяса, ферментированного фицином, возрастает [31]. Имеются также данные о положительной биологической оценке мясных гидролизатов, приготовляемых с помощью ферментных препаратов.

Технологи ограничиваются биохимической оценкой перевариваемости ферментированного мяса препаратами пищеварительных ферментов. Сущность метода биохимической оценки состоит в том, что навеска измельченного мяса, содержащая 150–200 мг белков, последовательно переваривается пепсином, а затем трипсином с общей продолжительностью протеолиза 6 ч при 37°C. В первые 3 ч протеолиза в реакционном сосуде с помощью соляной кислоты создают pH среды 1,2, соответствующий оптимальному для проявления протеолитической активности пепсина. Затем содержимое сосуда нейтрализуют раствором едкого натра, насыщенным раствором бикарбоната натрия доводят pH среды до 8,2 – оптимального для проявления протеолитической активности трипсина, ферменты добавляют в реакционный сосуд после создания соответствующей реакции среды и температуры. В ходе протеолиза через каждый час из реакционной смеси отбирают пробы для химического анализа, в результате которого определяют степень расщепления белков мяса пищеварительными ферментами. Условия применяемого метода моделируют начальный этап переваривания белков в пищеварительном тракте человека, а получаемые цифровые данные позволяют дать достаточно надежную биохимическую оценку качества исследуемого продукта. Известны различные модификации метода биохимической оценки белков, и частности трипсин может быть заменен панкреатином или использован в комбинации с химотрипсином и др. Наиболее широкое применение в последние годы получил метод биохимической оценки в модификации А.А. Покровского и И.Д. Ертанова [21]. На рисунке 8 для примера представлены данные биохимической оценки качества мяса, обработанного ферментными препаратами и контрольного [20].

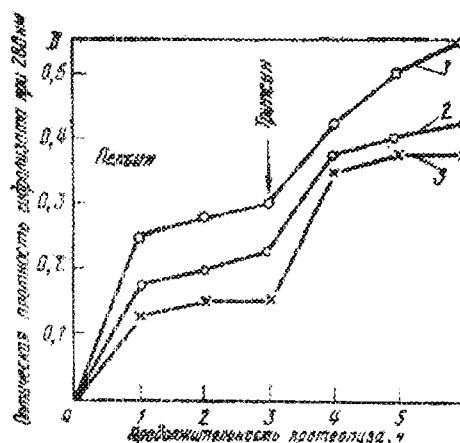


Рисунок 8. Переваривание белков мяса пищеварительными ферментами:
1 – мясо, обработанное тандрином; 2 – мясо, обработанное терризином;
3 – контрольный образец мяса

Из рисунка 9 видно, что пищеварительные ферменты лучше гидролизуют белки мяса, обработанного тандрином – размягчителем мяса на основе папаина, вырабатываемом зарубежными фирмами; белки мяса контрольного, необработанного ферментами, значительно слабее гидролизуются пищеварительными ферментами; белки мяса, обработанного препаратом микробного происхождения, занимают промежуточное положение.

Проводя биохимическую оценку качества мяса, все исследователи пришли к единому мнению, что в результате обработки мяса ферментными препаратами, перевариваемость его возрастает [7, 8, 20, 25]. Улучшение перевариваемости ферментированного мяса пищеварительными ферментами, видимо, связано с наличием в нем белков, уже подвергнутых более или менее глубокой деструкции. Особенно это касается коллагена и эластина – белков наиболее трудно расщепляемых пищеварительными ферментами.

5.2 Инструментальная оценка жесткости мяса

Важнейшими показателями качества мяса и мясопродуктов, подвергнутых тепловой обработке до готовности, являются мягкость и сравнительно легкая разжевываемость. Эти свойства мяса и мясопродуктов определяют органолептическими и инструментальными методами, пользуясь при этом разными терминами, такими как нежность, жесткость, мягкость, консистенция и др., хотя часто речь идет об одних и тех же прочностных свойствах.

В научно-технической литературе термин нежность часто употребляется вследствие неправильного перевода английского *tenderness*, которое в буквальном переводе означает мягкость мяса. Так как термины нежность и мягкость неадекватны, возникла необходимость в уточнении аспектов их применения. О нежности мяса обычно судят после его тепловой обработки до состояния готовности по результатам органолептической оценки, включающей такие показатели, как мягкость, сочность, вкус, аромат. Мягкий, хорошо разжевывающийся продукт по ряду причин не всегда можно охарактеризовать как нежный. Следовательно, нежность мяса не может быть измерена с помощью приборов, обычно применяемых при оценке его качества.

Кроме того, в научно-технической литературе часто применяют термин тендеризация мяса, т. е. улучшение реологических характеристик мяса (размягчение) в результате послеубойного созревания мясных туш, механической обработки, а также использования химических веществ и ферментных препаратов.

Таким образом, с учетом основных целей применения ферментов для обработки мяса термин нежность целесообразно употреблять при обсуждении результатов органолептической оценки мясопродуктов. Термин консистенция применяют технологи, как правило, для характеристики реологических свойств вязкопластичных тел, таких, как мясные фарши разного назначения, паштеты и пр. При реологической оценке натурального мяса, подвергнутого тепловой обработке, наиболее предпочтительным является термин жесткость. Жесткость мяса может быть измерена с помощью прибора и выражена количественно,

например, как сила, необходимая для разрушения образца мяса определенного размера и формы. Инструментальные методы оценки жесткости мяса основаны на измерении усилия или работы, необходимой для разрушения или деформации специально подготовленного образца мяса.

Методы измерения жесткости мяса состоят из двух последовательных операций: подготовка образцов и испытание их на приборе. Приборы, с помощью которых проводят измерения жесткости, обычно состоят из двух частей (блоков): рабочего органа и регистрирующей аппаратуры. В рассматриваемом нами аспекте наиболее существенным является рабочий орган, при помощи которого производят разрушение или деформацию испытуемого образца мяса. Поэтому к подготовке образцов мяса, помимо общих требований, отмеченных выше, предъявляют также и некоторые частные требования, связанные с конструкцией рабочего органа прибора и характера деформации или разрушения образца. Выполнение этих требований обусловлено неравномерностью количественного распределения соединительной ткани в мясной туше и в каждой отдельно взятой мышце.

Не менее ответственный этап в испытании – это выбор прибора, а точнее, типа деформации или разрушения образца мяса. В связи с тем что большинство ферментных препаратов слабо воздействуют на соединительнотканые белки сырого мяса, а основной размягчающий эффект достигается в процессе тепловой обработки, целесообразно сразу отказаться от рассмотрения тех методов, в основе которых лежит прогнозирование жесткости жареного мяса по данным измерений сырого.

При инструментальном измерении жесткости ферментированного мяса проводят сравнительную оценку двух образцов, подвергнутых тепловой обработке, один из которых является опытным, другой – контрольным. Выбирая прибор, следует учитывать также, что при тепловой обработке в мясе протекают одновременно два процесса с противоположными последствиями: денатурация и агрегирование мышечных белков с возрастанием механической прочности при испытании поперек мышечных волокон, и дезагрегация коллагена со снижением прочности при испытании вдоль мышечных волокон по прослойкам соединительной ткани.

В этом плане показательны результаты экспериментов, проверенных А.Н. Белеховым в лаборатории электротеплового оборудования МИНХа им. Г.В. Плеханова. Куски, нарезанные от полусухожильной мышцы говяжьей туши, обрабатывали 0,2%-ным раствором папаина (опытные) или водой (контрольные), нагревали при разных температурах в СВЧ-шкафу «Славянка 2501» с использованием 60% его мощности (III ступень) и измеряли усилие резания образцов поперек и вдоль мышечных волокон на модифицированном приборе Уорнера – Братцлера. Одновременно проводили органолептическую оценку жесткости аналогичных образцов мяса. Из рисунка 9, а видно, что при нагревании мяса до 35°C усилие резания поперек мышечных волокон немного снижается, при повышении температуры от 35 до 90°C усилие резания поперек волокон возрастает. В ферментированном мясе с повышением температуры нарастание его жесткости выражено значительно слабее, чем в контрольном.

Усилие резания вдоль волокон (рис. 9, б) с повышением температуры мяса снижается, причем более интенсивно в ферментированном мясе. Результаты измерений сопротивления резанию вдоль мышечных волокон больше соответствовали результатам органолептической оценки мяса, чем полученные при испытании поперек волокон.

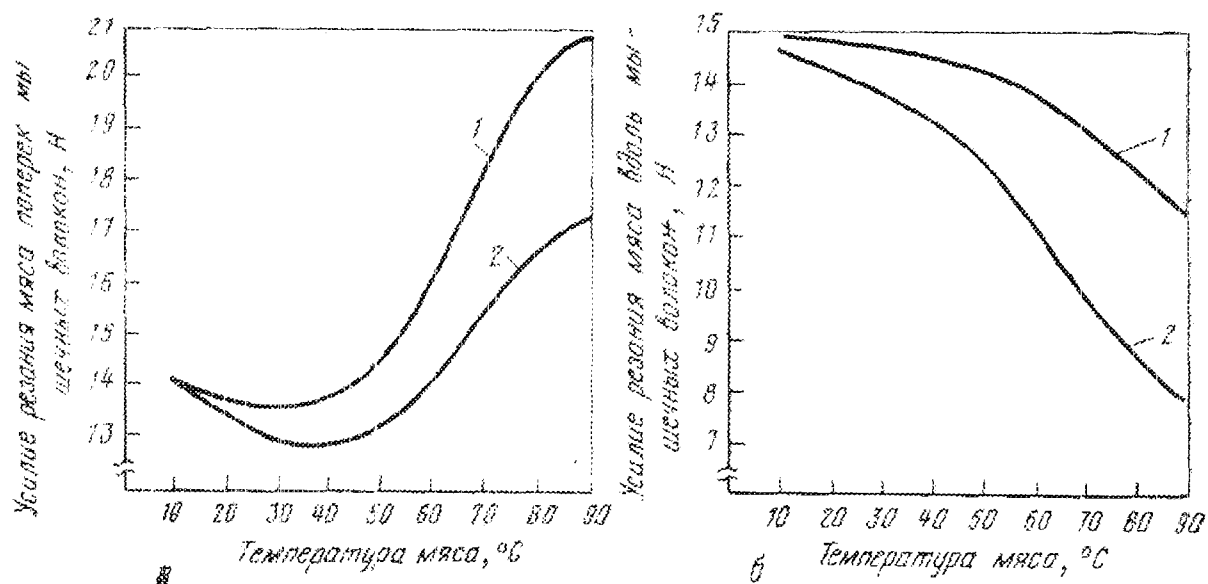


Рисунок 9. Жесткость мяса, нагретого в СВЧ-аппарате до разных температур, измеренная поперек мышечных волокон (а) и вдоль мышечных волокон (б): 1 – неферментированного; 2 – ферментированного.

Следовательно, эффективность действия ферментного препарата как размягчителя мяса более полно проявляется при резании образцов вдоль мышечных волокон.

Для объективной оценки жесткости ферментированного мяса можно рекомендовать прибор, сконструированный на кафедре технологии мяса МТИММПа [5]. Рабочий орган этого прибора (рис. 10) состоит из трех пластин: две боковые толщиной 0,8 см неподвижны, центральная пластина толщиной 0,5 см смещается, будучи приведенной в движение от электродвигателя через редуктор (рис. 11). Все три пластины имеют сквозные цилиндрические отверстия диаметром 1,59 см, при совмещении образующие рабочую камеру, в которую помещается цилиндрический образец мяса диаметром 1,59 см (площадь поперечного сечения 2 см²). С учетом толщины стационарных и смещающейся пластин длина рабочей камеры составляет 2,1 см, однако образец мяса рекомендуется вырезать несколько большей длины (до 3 см). После закладки испытуемого образца в рабочую камеру излишки мяса срезают боковыми крышками, препятствующими смещению образца в горизонтальном направлении в процессе испытания. Образцы мяса вырезают с помощью специального приспособления, рабочим органом которого является вращающийся трубчатый нож с режущими краями внутренним диаметром 1,59

см. В приспособлении предусмотрено механическое выталкивание вырезанного образца из трубчатого ножа.

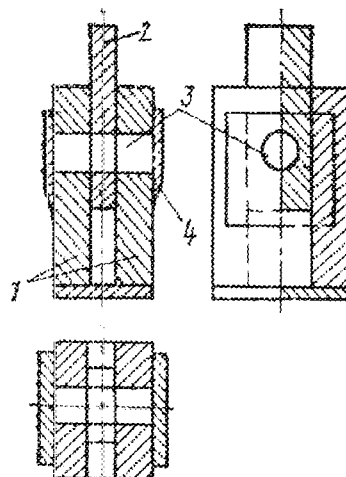


Рисунок 10. Рабочий орган прибора Большакова – Фомина:
1 – боковые пластины; 2 – центральная смещающаяся пластина;
3 – рабочая камера; 4 – боковая крышка.

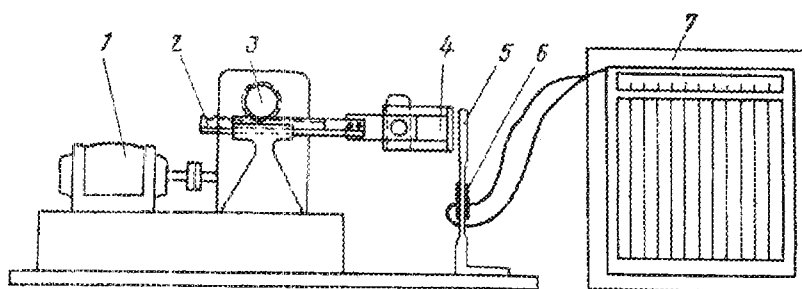


Рисунок 11. Принципиальная схема прибора Большакова – Фомина.
1 – электродвигатель; 2 – смещающаяся пластина; 3 – рабочая камера;
4 – боковые крышки; 5 – тензобалка; 6 – тензодатчики; 7 – потенциометр.

При включении подготовленного к работе прибора смещающаяся пластина срезает образец мяса одновременно в двух плоскостях. Измерение и регистрация усилия среза производится с помощью приборов, схематически изображенных на рисунке 11: смещающаяся пластина передает усилие на тензобалку и с помощью тензодатчиков через тензометрический мост на электронный записывающий потенциометр, шкала которого градуирована на измерение усилия от 0 до $25 \cdot 10^{-5}$ Па при напряжении рабочего тока 12 В.

Таким образом, принцип работы прибора состоит в определении усилий среза образцов мяса определенного диаметра. Прибор удобен в эксплуатации, хорошо зарекомендовал себя при использовании как в исследовательских, так и производственных лабораториях. При испытаниях ферментированного мяса, подвергнутого тепловой обработке в виде порционных кусков, рабочая камера

прибора должна быть уменьшена, так как из таких кусков нет возможности вырезать образцы мяса в виде цилиндров длиной 2,5–3 см, площадью 2 см².

Среди приборов, применяемых для объективной оценки жесткости мяса, большое распространение получил прибор Уорнера – Братцлера, принцип действия которого основан на измерении усилия, необходимого для резания образца мяса определенной формы. Схематическое изображение рабочего органа этого прибора показано на рисунке 12. [27].

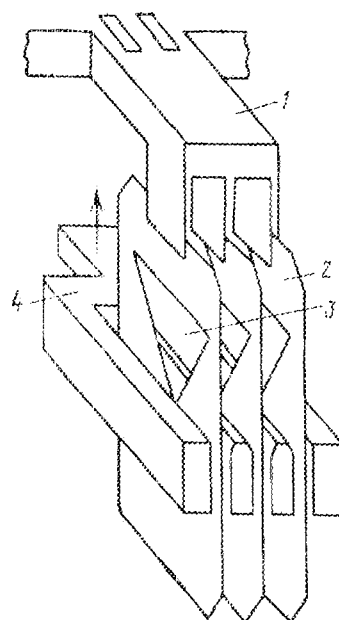


Рисунок 12. Схема прибора Уорнера – Братцлера:
1 – кронштейн; 2 – пластины; 3 – треугольное отверстие;
4 – подвижный столик.

На стационарном кронштейне неподвижно закреплены три тонкие пластины с треугольными отверстиями, верхняя грань каждого из которых – режущая. Образец мяса цилиндрической формы определенного диаметра закладывают в отверстия, и с помощью подвижного столика поднимают вверх. При этом образцы мяса разрезаются одновременно в трех плоскостях. Усилие резания фиксируется на тензобалке, соединенной с гибким кронштейном или на подъемном механизме подвижного столика. Соответственно градуируется шкала измерительного прибора. Известно несколько модификаций этого прибора. Применяя его в нашей лаборатории, мы использовали одну режущую пластину [12] в связи с необходимостью уменьшить размер испытуемого образца мяса.

Прибор Уорнера – Братцлера пригоден для измерения жесткости как сырого, так и термически обработанного мяса и разнообразных мясных продуктов. Его показания хорошо согласуются с результатами органолептической оценки мяса. Эти достоинства в сочетании с простотой конструкции рабочего органа обеспечили прибору широкое распространение. Его применяют не только для определения жесткости мяса, но и для сравнительной оценки пригодности приборов других конструкций [39, 43]. При

измерениях на приборе Уорнера – Братцлера получается «разброс» показателей измерений в пределах одного образца и целой мышцы [35]. Некоторые исследователи считают это недостатком прибора, однако с этим мнением нельзя согласиться. Более вероятно, что на результаты измерения влияет неоднородность структуры мяса в разных направлениях, обусловленная разным количественным соотношением соединительной и мышечной тканей, различным строением перимизия разных участков одной мышцы, толщина пучков коллагеновых волокон, количество и толщина эластиновых волокон [24].

Таким образом, разброс показателей жесткости мяса является отражением свойств мяса, а не недостатка прибора. Более того, прибор, который мало чувствителен к особенностям структуры мяса, на отдельных участках испытуемых образцов не всегда можно считать подходящим для измерения жесткости мяса.

При измерении жесткости ферментированного мяса инструментальными методами получают сравнительные данные на опытных и контрольных образцах. Математическая обработка результатов измерений позволяет получить вполне достоверные результаты, величина стандартного отклонения и коэффициент вариаций для ферментированного и контрольного мяса очень близки, когда испытанию подвергаются парные мышцы или последовательно отрезанные куски от одной мышцы.

Хорошие результаты при оценке жесткости ферментированного мяса дает прибор типа электромясорубки [12]. Рабочим органом служат решетка и ножи мясорубки. Жесткость мяса измеряется работой, затраченной на его измельчение, отнесенной к массе мяса, прошедшего через решетку мясорубки. При практическом применении этого метода должно быть обеспечено постоянство следующих условий: напряжение тока в сети (с помощью стабилизатора или автотрансформатора); постоянная масса испытуемых и контрольных образцов (от 100 до 150 г) и продолжительность измельчения (от 1 до 2 мин); закладка мяса в мясорубку через равные интервалы времени в виде кусочков, равных по форме и массе. Эти условия диктуются тем, что при движении мяса в рабочем цилиндре мясорубки под давлением шнека оно подвергается сложным деформациям (сжатию, кручению и др.), на которые расходуется некоторое количество электроэнергии; расход энергии на измельчение и проталкивание мяса через решетку также зависит от формы кусков и давления шнека. Последнее будет более или менее постоянным при соблюдении отмеченных выше условий. Недостаток метода в том, что результаты измерений имеют относительный характер, так как не могут быть точно выражены каким-либо физическим свойством мяса.

В последнее время наметилась тенденция создания приборов типа комбайнов. Прибор, созданный А.В. Горбатовым и его сотрудниками, позволяет применять разные рабочие органы на основе единого блока контрольно-измерительной аппаратуры и таким образом измерять усилие резания и среза, липкость фаршей и другие реологические свойства мясopодуkтов.

За рубежом большое распространение получил консистометр Инстрона, применяемый для контроля различных физических свойств пищевых продуктов, в том числе мяса. Из различных показателей, измеряемых на этом приборе (степень сжатия, величина адгезии и др.), следует отметить прочность мышечных волокон на разрыв, так как этот показатель высоко коррелирует с измерением усилия резания на приборе Уорнера – Братцлера.

В данной работе перечислены лишь те приборы, которые считаем наиболее предпочтительными при измерении жесткости ферментированного мяса. В некоторых лабораториях применяются приборы, принцип действия которых основан на измерении усилия, необходимого для проникновения более или менее острого предмета в мясо. Среди приборов этой группы следует указать пинетрометр, так называемый «щипковый тендерометр» [43], а также прибор, основанный на прокалывании длиннейшей мышцы спины непосредственно в туше одновременно десятью иглами [35]. Эти приборы не получили пока еще всеобщего признания, одни из них дают хорошие результаты при измерении жесткости термически обработанного мяса, другие – только для сырого. В последнее время высказывается мнение о необходимости стандартизации методов и приборов, применяемых для оценки реологических свойств пищевых продуктов, в том числе мяса.

5.3 Органолептическая оценка качества ферментированного мяса

Изделия, приготовленные из ферментированного мяса, по некоторым показателям качества могут существенно отличаться от аналогичных изделий, приготовленных из неферментированного мяса. Особенно это касается натуральных полуфабрикатов из говядины, вырабатываемых предприятиями мясной промышленности для продажи в магазинах и централизованного снабжения предприятий общественного питания.

При жаренье натуральных порционных кусков ферментированного мяса (без покрытия яичным льезоном и сухарями) наибольшие отклонения по сравнению с контролем наблюдаются во внешнем виде, вкусе, жесткости и сочности изделий.

Внешний вид. Ферментированное мясо после тепловой обработки по внешнему виду, как правило, отличается от неферментированного мяса. При обработке мяса по способу погружения в раствор ферментного препарата на его поверхности адсорбируется определенное количество ферментов. Так как порционные мясные полуфабрикаты в соответствии с действующими правилами нарезают поперек направления мышечных волокон, то ферменты, находящиеся на поверхности мяса, контактируют с белками мышечных волокон в области их поперечного разреза. При тепловой обработке мяса поверхностный слой его толщиной 0,5–1,0 мм в результате мацерации мышечной ткани превращается в пастообразную массу. Это явление имеет место независимо от того, подвергалось мясо механическому рыхлению перед погружением в раствор фермента или нет. Мацерацию ткани можно

уменьшить, если выдерживать мясо после погружения на решетке для стекания раствора с его поверхности.

Мясо, ферментированное по методу шприцевания, можно легко отличить от неферментированного, так как при тепловой обработке в местах прокола шприцевальной иглой также наблюдается локальная мацерация мышечной ткани.

Независимо от применяемого метода органолептического анализа дегустатор вначале дает оценку внешнего вида предложенных ему образцов. Из сказанного выше ясно, что антрекоты, приготовленные из ферментированного мяса, по показателю «внешний вид» получают менее высокую оценку по сравнению с контрольными. Более того, некоторые дегустаторы могут признать такие изделия по внешнему виду, как «неприемлемые». В связи с этим следует, очевидно, требовать, чтобы антрекоты, приготовленные из ферментированного мяса, по внешнему виду не отличались от контрольных. Это необходимо потому, что в противном случае невозможно получить достоверных данных дегустационного анализа. С первого взгляда дегустатор будет знать, какой из двух или трех образцов является опытным и будет относиться к нему менее объективно независимо от своего желания. Если этот психологический барьер дегустаторам удастся преодолеть и опытные образцы получают общий балл, равный с контрольными (за счет повышенных баллов сочности, мягкости и др.), то и в этом случае вопрос не снимается, так как дегустаторы решают исход дела только наполовину, они выдают путевку новому продукту для оценки его потребителями. Общеизвестно, что потребительская оценка продуктов является решающей.

Цвет на разрезе. Ферментированное жареное мясо на разрезе имеет обычно серо-коричневый цвет, свойственный свежему мясу, подвергнутому тепловой обработке. Отклонения могут наблюдаться в натуральных мясных полуфабрикатах, изготовленных из ферментированного мяса и хранившихся несколько месяцев в замороженном состоянии. В этом случае цвет на разрезе может быть розовый разной интенсивности, что несомненно является серьезным дефектом, потребители такой продукт оценивают как — «непрожаренный». Появление аномальной розовой окраски в жареных мясных изделиях совпадает со значительным ростом содержания аминокислотного азота, это часто имеет место и в мясе, не обработанном ферментными препаратами.

Аромат. Мясо, обработанное ферментами после тепловой обработки, имеет, как правило, приятный аромат. Ощущение постороннего запаха, не свойственного мясному продукту, может исходить от ферментного препарата, плохо освобожденного от остатков органического растворителя, применяемого при обезжиривании сырья и осаждении ферментов из раствора.

Вкус. Вкус антрекотов, ферментированных папаином, не отличается от контрольных, приготовленных из этой же мышцы, а в ряде случаев бывает и более ярко выраженным за счет лучшей разжевываемости, большей мягкости. Что касается других препаратов, например панкреатина, микробных комплексных препаратов, то применение их для обработки мяса может

вызывать появление, слабо выраженного специфического привкуса в жареном мясе. Панкреатин и другие комплексные ферментные препараты из поджелудочной железы обычно придают мясу привкус субпродуктов, отдаленно напоминающий вкус печени, почек. Главные причины появления постороннего привкуса – это использование недостаточно очищенных ферментных препаратов, содержащих органические и минеральные примеси, а также применение слишком высоких концентраций этих препаратов в растворах.

Например, при использовании 1,5%-ных растворов терризина для размягчения говядины в мясе появлялся посторонний привкус.

Вторым источником появления горького привкуса в ферментированном мясе – это накопление горьких пептидов в результате протеолиза белков при длительном холодильном хранении мяса, обработанного ферментными препаратами [33]. Каковы реальные возможности предупреждения появления постороннего привкуса в ферментированном мясе? Говоря о первом возможном источнике постороннего привкуса – самом ферментном препарате – можно дать вполне определенную рекомендацию: использовать достаточно очищенные препараты, соответствующие основной цели их применения, что позволит снизить концентрацию рабочего раствора ферментного препарата до минимальной. Второй источник появления постороннего привкуса – накопление горьких пептидов, можно устранить, согласовав сроки хранения с глубиной ферментативного гидролиза белков мяса.

Жесткость (разжевываемость). Достаточная мягкость, сравнительно легкая разжевываемость натурального мяса имеет большое значение, так как в процессе разжевывания дегустаторами одновременно воспринимаются такие органолептические показатели качества продукта, как вкус, аромат, сочность и на этой основе складывается общее представление о вкусовых достоинствах продукта. Таким образом, жесткость мяса оказывает прямое и косвенное влияние на общий балл органолептической оценки его качества. При органолептической оценке антрекоты, приготовленные из ферментированного мяса, по мягкости получают, как правило, более высокий балл по сравнению с контрольными. Однако бывают и исключения из этого правила, связанные с недостаточной эффективностью ферментного препарата, неравномерным его распределением или неправильной дозировкой препарата при подготовке рабочего раствора.

Сочность. При жарении ферментированное мясо меньше теряет воду. При органолептической оценке мяса это отражается на сочности изделия. Однако не следует забывать о том, что опытные и контрольные антрекоты должны подвергаться тепловой обработке в одинаковом температурном режиме и показателем готовности должно быть достижение в центре куска одной и той же температуры в пределах 75–80°C. Несоблюдение этого требования приводит к искажению результатов дегустационной оценки. Автор неоднократно участвовал в дегустациях, где изделия из ферментированного мяса получали пониженную оценку по показателю «сочность». При этом организаторы дегустации особо подчеркивали, что тепловая обработка опытных и

контрольных образцов проводилась в одинаковых условиях, имея в виду ее продолжительность. Как видно из температурных графиков (см. рис. 7), продолжительность жарения ферментированного мяса должна быть меньшей по сравнению с контрольным.

Выбор балльной шкалы. При органолептическом анализе качества мяса и мясопродуктов, как правило, используют балловую систему, позволяющую качественную оценку продукта выразить условной количественной меркой при помощи цифровых индексов – баллов. До недавнего времени в разных странах, да и на разных промышленных предприятиях одной страны применялись разные системы балловых оценок, что затрудняло сопоставление качества одноименных изделий, вырабатываемых на разных предприятиях.

В связи с расширением экспортно-импортных поставок мясопродуктов постоянная комиссия по пищевой промышленности СЭВ провела работу по унификации системы органолептического анализа консервов, в том числе мясных, и выработала конкретные рекомендации. В основу предлагаемой системы органолептической оценки положена пятибалльная шкала в целых числах. С помощью этой шкалы можно оценивать разное количество показателей качества (от одного до девяти). Каждому баллу шкалы соответствует определенный уровень качества. Каждый уровень качества наряду с балловой оценкой имеет однозначную словесную характеристику качества. Для оценки каждого качественного показателя применяется шкала с одинаковым количеством баллов (степеней).

Для разных мясопродуктов отдельные показатели качества имеют разное значение, вносят разный вклад в общий показатель качества. Для учета этого в шкалу для каждого показателя качества введен так называемый коэффициент его вескости (важности). Показатель качества продукта получают делением суммы произведений отдельных балловых оценок и коэффициентов вескости на сумму коэффициентов вескости. Эта система может служить примером и для других случаев органолептического анализа. В таблице 16 приведен дегустационный бланк органолептического анализа качества консервов типа «Мясо в собственном соку», «Мясо тушеное» и др.

Из таблицы 16 видно, что шкала включает пять основных уровней качества; 5 баллов – отличное качество, 4 балла – хорошее качество, 3 балла – удовлетворительное качество, 2 балла – едва удовлетворительное качество, 1 балл – неудовлетворительное качество. Наибольший коэффициент вескости дается тем показателем качества, которые по мнению специалистов наиболее важны в оценке данного продукта. В данном примере это три показателя: вкус, цвет на разрезе, размещение и качество компонентов в банке. Для других мясопродуктов распределение коэффициентов вескости может быть другое.

Для каждого продукта или группы продуктов разрабатывается отдельная дегустационная анкета, в которой определяется количество и конкретные наименования показателей качества, а также словесная характеристика каждого показателя по каждой балловой оценке.

Таблица 16. Органолептический анализ качества консервов

Показатели качества	Коэффициент веса-кости	Количество баллов				
		5	4	3	2	1
Форма и поверхность блока консервов	2	Блок мяса формы банки с очень ровными и гладкими поверхностями в желе	Блок мяса формы банки с ровными поверхностями в желе, на части поверхности вытопленный жир	Блок мяса слегка деформированный, окружен желе, на всей поверхности вытопленный жир	Блок мяса бесформенный со значительным количеством вытопленного жира	Блок мяса рассыпающийся. Очень большое количество вытопленного жира
		Блок мяса при 15°C не рассыпается, желе устойчивое	Блок мяса при температуре 15°C не рассыпается, желе полуплотное	Блок мяса при температуре 15°C имеет склонность рассыпаться, желе полужидкое	Блок мяса при температуре 15°C рассыпается, желе жидкое	Блок и отдельные куски мяса при температуре 15°C рассыпаются, желе жидкое
Консистенция блока консервов, извлеченного из банки	2					
Размещение и качество компонентов в блоке	3	Куски мяса одинаковой величины, равномерно расположенные на поверхности разреза	Куски мяса немного неровные, размещение на разрезе довольно равномерное	Куски мяса разной величины, неравномерно размещенные на поверхности разреза	Куски мяса очень мелкие, отчетливо видны скопления частиц соединительной ткани	Крайне неравномерное качество компонентов, чрезмерная жирность

Продолжение таблицы 16

Цвет консервов на разрезе	4	Мяса – бело-розовый, жира – бело-кремовый, желе – светлый янтарный (прозрачное)	Мяса – белозубый, жира – розовый, жира – кремово-желтый	Мяса – серый, жира – желтый, желе – янтарный, опалесцирующий	Мяса – серо-коричневый, жира – желтый, желе – нетипичный темный или молочно-мутный	Мяса – коричневый, жира – желтый, желе – нетипичный темный или молочно-мутный
Запах	1	Очень желательный, стерилизованных консервов с ароматом специй	Желательный, стерилизованных консервов с ароматом специй	Нейтральный, несколько постный, но без постороннего запаха	Запах посторонний, нетипичный – кислый или другой	Интенсивно выраженный, нетипичный, нежелательный запах
Консистенция мяса	1	Очень плотная, без склонности к распадения на волокна	Плотная без склонности к распадения на волокна	Не очень плотная, куски мяса имеют склонность к распадения на волокна	Куски мяса рассыпаются на волокна, разваренные	Куски мяса очень разваренные
Вкус	6	Очень желательный, характерный с отчетливо заметным букетом специй	Желательный, характерный со слегка заметным вкусом специй	Слабохарактерный, немного постный, но без постороннего привкуса	Вкус посторонний, нетипичный – кислый или другой	Определенно выраженный несоответственный посторонний вкус большой интенсивности
Соленость	1	Очень нежно соленое	Нежно соленое	Средне соленое	Соленое	Очень соленое

Общая балловая оценка продукта с учетом коэффициентов вескости рассчитывается по формуле:

$$\frac{X_1 K_{B_1} + X_2 K_{B_2} + \dots + X_n K_{B_n}}{\sum K_B}, \quad (2)$$

где X – балловая оценка дегустатора одного показателя качества;

K_L – коэффициент вескости, соответствующий одному данному показателю качества;

$\sum K_B$ – сумма коэффициентов вескости, заложенных в дегустационной анкете (в нашем примере она равна 20).

Число слагаемых в числителе соответствует количеству показателей качества, заложенных в дегустационную анкету.

Одним из показателей правильности проведенной дегустационной оценки продукта является совпадение общих балловых оценки дегустаторов. Из этих соображений подсчет общей балловой оценки продукта проводится по каждому дегустационному бланку в отдельности, а затем при незначительных расхождениях в оценках дегустаторов подсчитывается окончательная балловая оценка продукта.

Эффективность органолептической оценки при прочих равных условиях зависит от правильности составления дегустационной анкеты. Важнейшими моментами здесь являются правильное определение показателей качества и словесной характеристики балловой оценки по каждому показателю. Большое количество показателей качества усложняет работу дегустаторов, предполагает привлечение высококвалифицированных дегустаторов с определенным опытом. Однако эти трудности компенсируются тем, что при более широком отражении показателей качества в анкете, в результате дегустационного анализа технологи получают больше информации о недостатках в технологическом процессе производства данного вида продукции. Так, в приведенную нами анкету специалисты сочли необходимым включить 8 показателей качества, в том числе 4 – отражающие товарный вид и 4 – отражающие вкус и аромат продукта. Характерно, что показатель «консистенция» включен дважды: под №2 оценивается консистенция блока консервов в результате внешнего осмотра и надавливания на продукт, разрезания его и пр.; под №6 оценивается консистенция мяса, определяемая при разжевывании. Характерно, что коэффициент значимости консистенции блока выше по сравнению с коэффициентом значимости консистенции мяса. Это объясняется особенностью рассматриваемого продукта. В консервах «Мяса в собственном соку» консистенция мяса редко бывает жесткой, оно хорошо разжевывается; в то же время в консистенции блоков часто встречаются дефекты, отмеченные в анкете.

Наряду с рассмотренной нами пятибалльной шкалой на предприятиях и в исследовательских лабораториях мясной промышленности применяется девятибалльная шкала, разработанная ВНИИМПом [19]. Она имеет 6

показателей качества: внешний вид, цвет на разрезе, аромат, вкус, нежность (жесткость), сочность.

По вертикали анкета разделена на две части: верхняя часть объединяет 5 первых уровней качества до среднего включительно; в графах этой части дегустатор заносит положительные показатели качества путем записи номера исследованного образца в соответствующие графы; нижняя часть анкеты объединяет 4 низших степени качества и включает только отрицательные показатели качества продукта.

Для оценки качества продукции из ферментированного мяса может быть применена как пяти-, так и девятибалльная шкала, однако дегустационная анкета должна разрабатываться с учетом вида продукции как части показателей качества, так и в части словесной характеристики этих показателей по баллам.

Обработка результатов инструментальных измерений жесткости и данных органолептического анализа, качества ферментированного мяса проводится с использованием методов математической статистики.

5.4 Качество ферментированного мяса, подвергнутого хранению

Мясо в виде отрубов или крупнокусковых полуфабрикатов, обработанное по способу шприцевания раствором ферментного препарата, можно хранить при 2°C до 2 суток. К такому заключению исследователи пришли на основании органолептической оценки мясных блюд, приготовленных из ферментированного мяса. К сожалению, в этой работе нет данных об изменении показателей качества, предусмотренных действующими стандартами на охлажденное мясо и мясные полуфабрикаты.

Порционные мясные полуфабрикаты, обработанные по способу погружения в раствор ферментного препарата, после предварительного рыхления, по нашим данным, хранить нецелесообразно, их необходимо подвергать тепловой обработке после 10–15-минутного выдерживания для стекания ферментного раствора.

В настоящее время в связи с увеличением промышленного производства замороженных мясных полуфабрикатов приобретает большое практическое значение замораживание и хранение ферментированного мяса в замороженном состоянии. Эксперименты, проведенные в этом направлении с применением папаина, показали, что порционные куски мяса, обработанные погружением в ферментный раствор, замороженные при –30°C и хранившиеся при –10°C в течение двух недель, сохраняли товарный вид, свойственный свежемороженому мясу [44]. При размораживании ферментированного мяса на воздухе при 4 или 20°C происходили потери мясного сока в количестве 1,5–2% от массы мяса. В результате органолептической оценки установлено, что ферментированное мясо после тепловой обработки становилось намного мягче контрольного (неферментированного), но оно обладало горьким привкусом. Горький привкус ферментированного мяса может быть обусловлен накоплением в результате ферментативного гидролиза белков горьких

пептидов, а также тем, что в исследованиях использовали жидкий размягчитель мяса на основе папаина, содержащий гидролизат растительных белков.

Замороженное ферментированное мясо, подвергнутое тепловой обработке без предварительного размораживания, при прочих одинаковых условиях было менее мягким по сравнению с мясом, предварительно размороженным при 4°C в течение 18 ч. Следовательно, режим размораживания ферментированного мяса оказывает существенное влияние на эффективность действия папаина. Так, мясо, размороженное при 20°C , в течение 2 ч после тепловой обработки было более мягким, чем мясо, размороженное при 4°C , в течение 18 ч.

Мясо, ферментированное папаином, как правило, имело меньшие потери массы при тепловой обработке, чем контрольное. Причем снижение массы колебалось в зависимости от температуры размораживания. Наибольшие потери наблюдались в ферментированном мясе, подвергнутом тепловой обработке без предварительного размораживания.

Таким образом, качество готового продукта зависит от режима размораживания ферментированного мяса перед тепловой обработкой.

В результате исследований, проведенных во ВНИИМПе и Украинском научно-исследовательском институте мясной и молочной промышленности, установлено, что ферментированное мясо в виде расфасованных и упакованных полуфабрикатов можно хранить в замороженном состоянии до 6 месяцев. Однако в период хранения изменения, происходящие в мясе, ухудшают его качество. Вследствие этих изменений снижаются органолептические показатели качества блюд, приготовленных из ферментированных полуфабрикатов, хранившихся в замороженном состоянии, по сравнению с ферментированными полуфабрикатами, хранившимися охлажденными сравнительно короткое время.

В ферментированных замороженных мясных полуфабрикатах, так же как и неферментированных, при длительном хранении наблюдается увеличение содержания аминокислотного азота и летучих жирных кислот [8]. Отличие состоит лишь в том, что в ферментированном мясе эти процессы протекают быстрее. Оптимальные сроки хранения замороженных ферментированных полуфабрикатов 3–4 месяца при -18°C и до 6 месяцев при -25°C , в то время как замороженные неферментированные полуфабрикаты могут храниться до 8 месяцев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мясная промышленность, одна из наиболее крупных отраслей пищевой промышленности, осуществляющая комплексную переработку скота. Мясо, скелетная мускулатура убойных и съедобных диких животных; один из важнейших продуктов питания человека. В состав мяса, кроме того, входят соединительная, жировая ткани, а также незначительное количество нервной ткани. Мясом называют также туши и их части (мясо на костях). В зависимости от вида животного мясом называют бараниной, говядиной (от устаревшего рус. слова «говядо» — крупный рогатый скот), кониной и т. п. Предприятия мясной промышленности производят заготовку и убой скота, птицы, кроликов и вырабатывают мясо, колбасные изделия, мясные консервы, полуфабрикаты, котлеты, пельмени, кулинарные изделия.

В современном промышленном производстве известны рецептуры и технологии нескольких сотен колбас и соленых мясных изделий. Наиболее распространены вареные: колбасы, сардельки и сосиски; варено-копченые; полукопченые; сырокопченые и сыро-вяленые колбасы; ливерные колбасы и паштеты; студни и зельцы; кровяные колбасы; мясные хлебы.

Эффективность производства мяса и мясопродуктов, их качество в значительной мере зависит от региона, вида и породы животных, условий их кормления и содержания, а также от технической оснащенности мясоперерабатывающих предприятий. Качество получаемого мяса зависит от предубойного содержания животных, условий убоя и первичной обработки, режимов холодильного хранения (табл. 17).

Таблица 17. Факторы, влияющие на качество мяса

Фактор	Влияние на качество мяса
Вид животного	Свиньи — хорошие органолептические показатели, эмульгируемость жира, нежная мышечная ткань. Крупный рогатый скот — преобладание мышечной ткани, высокая влагосвязывающая способность, яркий цвет
Порода	Скот мясных пород дает более высокий выход мышечной ткани; мясо более сочное, нежное, вкусное
Пол	Мясо самок — более жирное, нежное, светлое. Мясо кастрированных животных имеет рисунок мраморности. Мясо некастрированных самцов имеет специфический запах. Половые различия в мясе молодых животных менее выражены. У телочек содержание жира в мышечных тканях выше, чем у бычков.
Генетика	Наследственность влияет на нежность мяса, его pH, степень развития мышечных волокон, восприимчивость к стрессу.
Возраст	С возрастом снижается нежность мяса, повышается содержание жира и соединительной ткани.

Рацион кормления	Недостаточность кормов и их несбалансированный состав приводят к снижению содержания белка и жира в мясе, повышению содержания воды, усадке мышечных волокон и увеличению жесткости ткани.
Условия содержания:	
- промышленные комплексы	Обеспечивают получение животных мясной упитанности. Однако, вследствие повышенной восприимчивости к стрессу при массовом содержании животных качество мяса может снижаться. При неправильном рационе питания у мяса появляются посторонние вкус и запахи (например, рыбный и нефтяной из-за введения в комбикорма рыбной муки).
- домашнее содержание	Нет признаков стресса
Климат	В мясе животных из регионов с жарким климатом больше мышечной ткани, меньше жира
Заболевания	Снижают качество мяса

Через несколько часов после убоя в мышечной ткани начинает развиваться посмертное окоченение (Rigor mortis), характеризующееся тем, что мышцы теряют гибкость, растяжимость и становятся твёрдыми. В состоянии посмертного окоченения мяса непригодно для использования. Продолжающиеся в мясе биохимические процессы приводят к разрушению окоченения, выражающемуся в расслаблении и размягчении мышц. Процесс, протекающий в мясе после прекращения жизни животного и приводящий к значительному улучшению его качества, называемый созреванием мяса. Этот процесс происходит под действием собственных ферментов, т. е. является аутолитическим по своей природе. В производственных условиях созревание мяса достигается выдерживанием туш в камерах охлаждения при 0–4°C.

Для ускорения послеубойного созревания мяса, улучшению качества некоторых видов колбас, консервов были проведены исследования по применению препаратов протелитических ферментов.

Для обработки мяса используются ферментные препараты растительного, животного, микробного происхождения и химические соединения, используемые в процессе ферментации.

Ферментами растительного происхождения, наиболее пригодными для обработки мяса и обладающими нужными характеристиками, являются папаин, фицин и бромелин.

В ферментах животного происхождения наибольший интерес представляют ферментные препараты, вырабатываемые из поджелудочной железы убойных животных, а также пепсин, вырабатываемый из слизистой оболочки сычуга крупного рогатого скота. Из поджелудочной железы убойных животных вырабатывают: кристаллический трипсин, кристаллический химотрипсин, медицинский панкреатин и др.

Возможность применения ферментов микробного происхождения для обработки мяса долгое время оставалось неясной. Микробные препараты: протосубтилина, протомегетерина, липоризина. Такой грибковый ферментный препарат как Розим П-11, является размягчителем жесткого мяса, был поставлен в один ряд с папаином, бромелином и фицином. Другие исследованные ферментные препараты микробного происхождения оказались неподходящими для обработки жесткого мяса, так как содержащиеся в них протеазы гидролизуют главным образом белки мышечных волокон и не оказывают достаточного воздействия на коллаген и эластин.

При отборе ферментных препаратов для обработки мяса следует обращаться в первую очередь к тем, которые содержат протеиназы, обладают высоким температурным оптимумом активности, сохраняют сравнительно высокую протеолитическую активность в диапазоне температур 50–70° С (при pH 5–7).

Применение ферментов для обработки мяса является технологическим приемом, позволяющим при правильном, научно обоснованном его использовании, повышать качество мясопродуктов, вырабатываемых на предприятиях мясной промышленности, а также мясных кулинарных изделий, изготавливаемых на предприятиях общественного питания и в домашних условиях.

Более широкое внедрение ферментных препаратов в производство связано с решением двух основных задач: осуществлением на промышленной основе выработки достаточного количества ферментных препаратов, отвечающих определенным требованиям; изысканием наиболее эффективных способов обработки мяса ферментными препаратами.

Характер требований, предъявляемых к ферментам, зависит от основной цели их применения. Так, ферменты, предназначенные для размягчения жесткого мяса и повышения на этой основе других показателей качества мясопродуктов (сочность, нежность), можно применять только те, которые способны усиливать деструкцию внутримышечной соединительной ткани мяса. Такое однозначное на первый взгляд требование объясняется тем, что ферменты, гидролизуя белки соединительной ткани, одновременно более или менее интенсивно гидролизуют белки мышечных волокон мяса и воздействуют таким образом на все структурные элементы мяса, обуславливающие его жесткость. В то же время известно много протеолитических ферментов, которые при обработке мяса хорошо гидролизуют белки мышечных волокон и совершенно недостаточно воздействуют на белки соединительной ткани.

Характерной особенностью действия ферментов на белки мяса является то, что в мясе, обработанном ферментными препаратами, гидролиз белков протекает в две стадии. На первой стадии, в процессе холодильного хранения ферментированного мяса, ферменты воздействуют на нативные белки мяса. На второй стадии, в период тепловой обработки мяса, гидролизуются в основном белки, подвергнутые тепловой денатурации. Глубина ферментативного гидролиза белков на этих двух стадиях различна. Наиболее глубокий гидролиз белков мяса имеет место на второй стадии. Это происходит вследствие

постепенного прогревания мяса, т. е. создания условий для параллельного течения двух процессов: тепловой денатурации белков и увеличения активности ферментов при повышенных температурах.

Таким образом, в мясе, обработанном ферментами, деструкция внутримышечной соединительной ткани может осуществляться двумя путями: воздействием на коллагеновые и эластиновые волокна сырого мяса и ускоренно на этой основе гидротермической деструкции коллагена при последующей тепловой обработке; путем гидролиза денатурированного коллагена непосредственно в процессе тепловой обработки мяса. Некоторые ферментные препараты могут воздействовать на соединительную ткань мяса двумя отмеченными выше путями. К таким препаратам относятся панкреатин и фицин. Однако опыт применения папаина и бромелина свидетельствует о том, что для размягчения жесткого мяса можно успешно применять ферментные препараты, не содержащие в своем составе коллагеназ и эластаз. Протеиназы таких препаратов вызывают деструкцию соединительной ткани мяса вторым путем.

Для успешного решения второй задачи – разработки наиболее эффективных способов обработки мяса ферментами – целесообразно внедрить в производство на ограниченном числе предприятий один из известных ферментных препаратов, хорошо известный как размягчитель жесткого мяса (например, папаин, панкреатин). Это (позволит более быстро отрабатывать наиболее рациональные способы обработки мяса ферментами и создавать таким образом более благоприятные условия для испытания новых ферментных препаратов.

Более быстрому и широкому внедрению ферментных препаратов в производство будет способствовать стандартизация методов изучения их активности и методов оценки качества готовой продукции, вырабатываемой из ферментированного мяса.

Известно несколько способов обработки мяса ферментами: инъекция раствора фермента в кровеносную систему животного; шприцевание раствора фермента в мясо; поверхностная обработка мяса ферментами; добавление ферментного раствора к мясному фаршу.

Равномерное распределение ферментов в мясе, а также контакт их со структурными элементами мышечной ткани является необходимым условием эффективного применения ферментов обработки мяса.

А.Ф. Невельниченко (1989) предложил способ созревания мясного сырья, предварительно обработанного раствором протеолитических ферментов микробного происхождения (протосубтилин, протомезентерин, прототерризин) методом инъектирования. Такая обработка позволила увеличить выход натуральных полуфабрикатов на 11% за счёт использования для этих целей жестких частей говяжьих туш [6].

Американские ученые J.M. Hogan и H.F. Bernholdt разработали усовершенствованный способ предубойной обработки животных протеолитическими ферментами, который заключается в быстром введении протеолитических ферментов в сосудистую систему живых животных и убойе их

после этого. Таким образом, можно обеспечить равномерное распределение ферментов по сосудистой системе и сообщить достаточное количество ферментов мышечной и другим тканям, гарантируя, что отрубы мяса туш таких животных будут нежнее после тепловой обработки. Не допускается концентрирования ферментов в железистых органах с высокоразвитой сосудистой системой, например в печени или почках.

Преимущество предубойной инъекции протеолитических ферментов в том, что они равномерно распределяются по сосудистой системе до убоя и, следовательно, способствуют обеспечению более однородной нежности мяса. Но в то же время этот способ относительно дорог вследствие высокой стоимости используемых ферментов.

Шприцевание ферментного раствора в мясо является наиболее приемлемым методом для крупного современного производства. Крупные куски мяса, полученные при обвалке шприцуют раствором, в состав которого кроме ферментного препарата входит поваренная соль и другие добавки (экстракты специй, пряных кореньев, пищевые фосфаты, эмульгированный жир, нитраты и нитриты) в зависимости от характера вырабатываемой продукции. Количество жидкости, введенной в мясо, обычно составляет от 5 до 10% к его массе. Мясо, ферментированное шприцеванием, рекомендуется выдерживать при 2–4°C в целях равномерного распределения в нем ферментов.

Наиболее приемлемым методом для современного производства оказалось шприцевание ферментного раствора в шею. В состав шприцуемого раствора кроме ферментного препарата входит поваренная соль и пищевые добавки.

Характер и глубина изменений внутримышечной соединительной ткани под действием протеолитических ферментов зависит от специфичности протеиназ содержащихся в препаратах. Наиболее глубокие изменения соединительнотканых прослоек происходили под действием фицина, т. к. этот фермент способен гидролизовать нативный эластин при естественном pH мяса. Что касается пищевых ферментных препаратов микробного происхождения, не обладающих коллагеназной и эластазной активностью, то их действие на внутримышечную соединительную ткань ограничивается освобождением коллагеновых волокон от «цементирующего» их основного вещества. Это способствует снижению устойчивости коллагеновых волокон к гидротермическому воздействию и более быстрому размягчению мяса в процессе тепловой обработки.

Исследовался также способ погружения порционных кусков мяса в растворы фермента. Для этой цели использовали три жидких ферментных препарата, содержащих папаин и поваренную соль; два из которых еще содержали гидролизаты растительных белков [44]. Порционные куски толщиной около 20 мм погружали на 30 с в жидкий размягчитель, после стекания излишнего раствора их упаковывали в целлофан и хранили при разных температурах. Образцы, снятые с хранения, после варки или жаренья дегустировали, отмечали изменения массы мяса (на разных этапах обработки) и проводили гистологические наблюдения изменений основных структурных элементов мышечной ткани мяса. В этих опытах не была установлена глубина

проникновения фермента в мышечную ткань. Причем из трех исследованных препаратов признан лучшим тот, который содержал, кроме папаина, гидролизаты растительных белков. Эти гидролизаты способствовали равномерному распределению папаина в мясе.

Из всех способов рассмотренных в данной работе более эффективным является погружение в ферментный раствор рыхлых порционных кусков мяса и шприцевание в мясо ферментного раствора; менее эффективны — инъекция ферментного раствора в кровеносную систему животного и поверхностная обработка мяса порошкообразным ферментным препаратом. Получение достоверных данных при оценке качества ферментированного мяса возможно при выполнении некоторых специфических требований к методу подготовки образцов для органолептического, биохимического и инструментального анализа.

Ферментные препараты, добавляемые к мясу, имеют сложный состав, поэтому к ним предъявляются определенные санитарно-гигиенические требования — отсутствие патогенных микробов, токсинов и др.

Широкое внедрение ферментных препаратов в производство должно сопровождаться повышением требований к их стандартизации.

Применение препаратов протеолитических ферментов для обработки мяса является одним из путей интенсификации технологических процессов на предприятиях мясной промышленности, повышения технико-экономических показателей работы предприятий, улучшения качества вырабатываемых мясопродуктов.

Список использованных источников

1. Азин Д.П., Бахарев М.В. Влияние растительных порошков на качество вареных колбас. Хранение и переработка сельхозсырья, 2005, №3, с 47.
2. Антипова Л.В., Глотова И.А., Кочергина Н.И., Чурсин В.И., Макарова Е.Г. Разработка и использование специальных микробных препаратов для обработки мясного сырья. Мясная промышленность. – 1994. - № 5–8. – с. 25–27.
3. Антипова Л.В., Глотова И.А. Основы рационального использования вторичного коллагенсодержащего сырья мясной промышленности. – Воронеж. – 1997. – с. 246.
4. Анатомия пищевого сырья. – Учебно-методические указания г. Воронеж. Составитель - канд. ветеринарных наук, ст. преподаватель Крупицын В.В. Рецензент – канд. с.-х наук, доцент Байлова Н.В. 2004. – 23 с.
5. Большаков А.С., Фомин А.К., Демьяновский В.В. Прибор для определения консистенции пищевых продуктов. – В сб.: «Мясная и птицеперерабатывающая промышленность». М., 1963, № 12, с. 7–9.
6. Грин Н., Нейрат Г, Протеолитические ферменты. – В кн.: Белки. Под ред. Г. Нейрата и К. Бейли. (Пер. с англ.). М., 1959, т. 3, ч. 2, с. 7–165.
7. Дубинская А.П. Измерение белков, фракции актомиозина мяса буйволов в процессе его созревания, а также под влиянием препарата протеолитического фермента. Автореф. на соиск. учен. степени канд. хим. наук. М., 1972. 26 с.
8. Ицкович Ф.К. Исследование качества натуральных полуфабрикатов из обычного и ферментированного говяжьего мяса. Автореф. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. М., 1974. 29 с.
9. Каган И.С, Чамова Ю.Д. Влияние условий термической обработки колбас на изменение протеолитической способности ферментных препаратов *Actinomyces fradiae* и терригина ПК. – «Прикладная биохимия и микробиология». 1971, т. 7, № 6, с. 664–667.
10. Кьосев Д.Д., Лалов М.М., Данчев С.А, Исследование влияния трипсина на процесс созревания говяжьего мяса. II. Изменения в белковой системе. – труды института пищевой промышленности», Пловдив, 1971, т. 18, № 3, 33–39.
11. Кузнецова Г.И. Исследование лабильности компонентов соединительной ткани при созревании мяса и обработке его протеолитическими ферментами. Автореф. на соиск. учен. степени канд. техн. Наук. М., 1964. 14 с.
12. Лобанов Д.И., Ратушный А.С. Размягчение жесткого мяса ферментным препаратом из проросших семян сои. – В сб.: «Пищевая промышленность (мясная и птицеперерабатывающая)». М., 1964, № 1, с. 13–15.
13. Методы исследования мяса и мясных продуктов. Антипова Л.В., Глотова И.А., Рогов И.А. - М.: Колос, 2001. - 376 с
14. Мониторинг развития аула (села). – Ежеквартальный статистический справочник Казахстана январь- июнь, 2005, с 101.

15. Мясная индустрия. Производственно-технический журнал. – Ферментная модификация свойств мяса №12, 2002 г. – с. 23-31
16. Мясные технологии. Влияние используемых термокамер на формирование качества мясопродуктов. №2-2005. – 21 с.
17. Научно-методические рекомендации по микроструктурному анализу мяса и мясных продуктов. Хвыля С.И. - М.: ВНИИМП, 2002. - 42 с.
18. Научно-практические аспекты производства сырокопченых колбас (теоретические основы, процессы, оборудование, технология и контроль качества). Малышев А.Д., Косой В.Д., Юдина С.Б. Монография - М., 2004, - 527 с.
19. Основные направления развития науки и технологии мясной промышленности. Лисицын А.Б., Чернуха И.М. - М.: ВНИИМП, 2000. – 58 с.
20. Поклад А.Г. Технологическая целесообразность использования препаратов протеолитических ферментов микроорганизмов для улучшения качества мясных изделий. Автореф. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. М., 1969. 24 с.
21. Покровский А.А., Ертанов И.Д. Атакуемость белков пищевых продуктов протеолитическими ферментами. – «Вопросы питания», 1965, т. 24, №3, с. 38–44.
22. Получение нового ферментного препарата коллагеназного действия из поджелудочной железы убойных животных. – «Труды ВНИИМП», 1966, вып. 18, с. 118–124. Авт.: Л.С. Пожариская, В.П. Рындина, Г.Г. Ивлева, Б.С. Касавина.
23. Применение протеолитических ферментов в производстве мясных полуфабрикатов. Под ред. В.М. Горбатова, М., ЦИНТИпищепром, 1964. 48 с.
24. Соколов А.А. Физико-химические и биохимические основы технологии мясопродуктов. М., «Пищевая промышленность», 1965, 490 с.
25. Соловьев В.П. Созревание мяса. (Теория и практика процесса). М., «Пищевая промышленность», 1966. 338 с.
26. Соловьев В.И., Кракова В.З. Ферментативная активность препаратов фицина, полученных различными методами, и действие их на мясо. – «Прикладная биохимия и микробиология», 1971, т. VII, №2, с. 189–195.
27. Тышкевич С. Исследование физических свойств мяса. М. «Пищевая промышленность», 1972. 96 с.
28. Увеличение нежности говядины путем введения папаина в организм животного до убоя. Доклад №23 на 8-м Европейском конгрессе работников НИИ мясной промышленности. М., 1962. 14 с. Авт.: И.Р. Моро, В.О. Мунс, Г.В. Барнетт, Л.И. Рубин.
29. Ферментация мяса как способ улучшения его качества. – «Мясная индустрия», 2002, №4, с. 51–54. Авт.: В. Соловьев, А. Аглицкая, Я. Кулик, Г. Барер.
30. Ферментный препарат из поджелудочной железы. – «Мясная индустрия», 2003, №4, с. 13–16. Авт.: Я. Кулик, Т. Барер, З. Мурсакова, А. Политова.

31. Яковлева Л. М. Биологическая оценка говяжьего мяса ферментированного препаратом фицина. Автореф. на соиск. учен. степени канд. биол. наук. М., 1968. 28 с.
32. Яровенко В.Л., Калунянц К.А., Голгер Л.И. Производство ферментных препаратов из грибов и бактерий. М., «Пищевая промышленность». 1970. 444 с.
33. Belitz H.D. Struktur und Geschmack – Bitterpeptide. – «Zeitschrift für Ernährungswissen – Schaft», 1973, Supplement, bd. 16, p. 150–158.
34. El-Garbawi M., Whitaker J.R. Factors affecting enzymatic solubilization of beef-protein. – «Journal of Food Science», 1963, v. 28, N 2, p. 168–172.
35. Hansen L.J. Development of the Armour tenderometer for tenderness evaluation of beef carcasses. – «Journal of Texture Studies 1972, v. 3, N 2, p. 146–164.
36. Kang C.K., Pice E.F. Degradation of various meat fractions by tenderizing enzymes. – «Journal of Food Science», 1970, v. 35, N 5, p. 563–565.
37. Kühn K., Fietzek P., Kühn J. The action of proteolytic enzymes on collagen. – «Biochemische Zeitschrift», 1966, bd. 344, N 5, p. 318–434.
38. Meat tenderization II. Factors affecting the tenderization of beef by papain. – «Food Research», 1956, v. 21, N 3, p. 375–383. Auth.: A.L. Tappel, D.C Miyada, C. Sterling, V.P. Maier.
39. Miyada D.S., Tappel A.L. The hydrolysis of beef proteins by various proteolytic enzymes. – «Food Research», 1956, v. 21, N 2, p. 217–225.
40. Levine Rodney L., Barlett Barbara S., Moskovitz Jakob, Mosoni Laurenti // Mech. Ageing and Develop. –1999. –V. 107, №3. –P. 323–332.
41. Satterlee L.D. Effect of a porcine pancreatic collagenase on muscle connective tissue – «Journal of Food Science», 1971, v. 36, N 1, p. 130–132.
42. Salo P.S., Pacifici R.E., Lin S. W. et al. Biochem J. –1990. –V. 265, №20. –P. 11919–11927.
43. Smith G.C, Carpenter Z.L. Mechanical measurements of meat tenderness using the nip tenderometer. – «Journal of Texture Studies» 1973 v 4 N 2, p. 196–203.
44. Studies on enzymatic tenderization of meat. II Panel and histological analyses of meat treated with liquid tenderizers containing papain. – «Food Reserch», 1958, v. 23, N 5, p. 411–423, Auth.: C.E. Weir, H. Wang; M.L. Birkner, J. Parsone, B. Ginger.
45. Studies on enzymatic tenderization of meat III. Histological and panel analyses of enzyme preparations from three distinct sources. – «Food Research» 1958, v. 23, N 5, p. 423–438, Auth.: H. Wang, C. E. Weir, M. L. Birkner, B. Ginger.