

The microstructure of fresh-hot pork muscle during curing with the application of mechanical treatment

A.A.BELOUSOV and V.I.ROSHTCHUPKIN
The All-Union Meat Research Institute, Moscow, USSR

A.S.BOLSHAKOV and A.V.ZABASHTA
The Moscow Technological Institute of Meat & Dairy Industries, Moscow, USSR

The microstructure of fresh-hot meat intended for ham production was studied, as effected with two-fold mechanical treatment - prior to and post curing ingredients injection.

The mechanical treatment was found to maintain muscle relaxed state, characteristic of fresh-hot meat, and to cause destructive changes in it, such as breakages of the membrane structures of sarcolemma, mitochondria, lysosomes and nuclei and of the myofibrils along the I-discs and Z-plates and local disturbances in the protofibrillar structure - all this improving the distribution of the curing ingredients.

The application of mechanical treatments in ham production allows to reduce muscle mechanical strength by 10-15% and to increase finished product yields by 2-3%.

Die Mikrostruktur des warmen Schweinemuskelfleisches bei der Pökelung unter mechanischen Einwirkungen

A.A.BELOUSSOW und W.I.ROSTSCHUPKIN
Das Allunions-Forschungsinstitut für Fleischwirtschaft, Moskau, UdSSR

A.S.BOLSCHAKOW und A.W.SABASHTA

Das Moskauer technologische Institut für Fleisch- und Milchindustrie, Moskau, UdSSR

Es wurde der Einfluss der zweifachen mechanischen Einwirkung vor dem Spritzen und nach der Einführung von Pökellakekomponenten auf die Mikrostruktur des warmen zur Herstellung von Schinkenwaren vorgesehenen Fleisches studiert.

Es wurde festgestellt, dass die mechanischen Einwirkungen die Erhaltung der Schlaffheit des Muskelgewebes, die für warmes Fleisch charakteristisch ist, ermöglichen sowie zu destruktiven Veränderungen im Muskelgewebe (Verletzung der Ganzheit der Membranstruktur von Sarkoleme, Mitochondrien, Lysosomen und Kernen, Zerreissung von Myofibrillen nach I-Scheiben und Z-Platten, lokale Verletzung der Protofibrillenstruktur) führen, was zu einer besseren Verteilung von Pökellakekomponenten beiträgt.

Die Anwendung von mechanischen Einwirkungen bei der Herstellung von Schinkenwaren ermöglicht es, die mechanische Festigkeit des Muskelgewebes um 10-15% zu vermindern und die Ausbeute der fertigen Produkte um 2-3% zu erhöhen.

8.8

Microstructure du tissu musculaire du porc frais à utilisation d'action mécanique

A.A.BELOOUSOV et V.I.ROCHUPKIN

Institut de recherches pour l'industrie de viande de l'URSS, Moscou, URSS

A.S.BOLCHAKOV et A.V.ZABACHTA

Institut technologique de Moscou pour l'industrie de viande et de lait, Moscou, URSS

On a étudié l'effet de double action mécanique avant l'injection des ingrédients de liaison et après celui-ci sur la microstructure de la viande fraîche dont on produit des fabrications de jambon.

Il est établi que l'action mécanique permet de conserver la faiblesse du tissu musculaire caractéristique pour la viande fraîche, favorise en lui le développement des variations destructives - déformation de l'homogénéité, de l'intégrité des structures membraneuses des sarcolemmes, des mitochondries, des lysosomes et des noyaux, des ruptures des miofibres le long des I-disques et des Z-plaques, des déformations locales des structures des protomiofibres.

L'utilisation de l'action mécanique au cours de la production des fabrications de jambon permet de diminuer la solidité mécanique du tissu musculaire de 10-15% et d'augmenter le rendement des produits finis de 2-3%.

Микроструктура парной свиной мышечной ткани при посоле с применением механических воздействий

А.А.БЕЛОУСОВ, В.И.РОШУПКИН

Всесоюзный научно-исследовательский институт мясной промышленности, Москва, СССР

А.С.БОЛЬШАКОВ, А.В.ЗАБАШТА

Московский технологический институт мясной и молочной промышленности, Москва, СССР

Изучено влияние двукратного механического воздействия до шприцевания и после введения посолочных ингредиентов на микроструктуру парного мяса, используемого на выработку ветчинных изделий. Установлено, что механические воздействия позволяют сохранить расслабленность мышечной ткани, характерную для парного мяса, приводят к развитию в ней деструктивных изменений - нарушению целостности мембранных структур сарколеммы, митохондрий, лизосом и ядер, разрывам миофibrилл по I-дискам и Z-пластинкам, локальным нарушениям структуры протомиофibrилл, что способствует лучшему распределению посолочных ингредиентов. Использование механических воздействий при выработке ветчинных изделий позволяет на 10-15% снизить механическую прочность мышечной ткани и на 2-3% повысить выход готовых изделий.

Микроструктура парной свиной мышечной ткани при посоле с применением механических воздействий

А.А. БЕЛОУСОВ и В.И. РОЩУПКИН -

Всесоюзный научно-исследовательский институт мясной промышленности, Москва, СССР

А.С. БОЛЬШАКОВ и А.Г. ЗАБАШТА

Московский технологический институт мясной и молочной промышленности, Москва, СССР

С целью интенсификации процессов посола мяса и улучшения нежности изготавляемых из него изделий все большее применение в промышленности находят физические методы обработки мяса и, в частности, механические воздействия.

Ранее нами были проведены исследования с целью изучения микроструктурных изменений в охлажденной свиной мышечной ткани, посоленной в условиях механических воздействий.

Настоящая работа является продолжением цикла исследований, посвященных изучению влияния механических воздействий на структуру мышечной ткани в процессе посола, и касается изменений в парной свинине.

При посоле парного мяса встречается ряд трудностей. Парное мясо имеет высокую температуру и может в процессе посола подвергаться порче. Оно плохо просаливается, в нем медленно развиваются микроструктурные изменения, характерные для посола, замедленно развитие молочнокислой микрофлоры (1, 2, 3). По микроструктурным показателям просаливание парного мяса, при обычном методе посола, происходит на 6-9 сутки, что выражается сильным набуханием мышечных волокон, резким ослаблением выраженности поперечной исчерченности и выходом растворимых белков в соединительную ткань пространства.

Нами были проведены исследования с целью изучения микроструктурных изменений в парной свиной мышечной ткани, посоленной в условиях механических воздействий при изготовлении формованной ветчины.

Для исследований брали четырехглавый мускул, выделенный из свиных туш мясной упитанности.

Перед шприцеванием рассолом, парное мясо подвергали массированию во врачающейся цилиндрической емкости, в течение $2,4 \cdot 10^3$ с, (40 мкм), затем мясо шприцевали рассолом плотностью $1100,1 \text{ кг}/\text{м}^3$, содержащим 13% поваренной соли, 0,5% сахара и 0,05% нитрита натрия. Количество вводимого рассола составляло 15% к массе сырья.

После шприцевания мясо подвергали вторичным механическим воздействиям во врачающейся цилиндрической емкости с добавлением 5% рассола к массе сырья. Коэффициент загрузки - 0,5, длительность обработки - $14,4 \cdot 10^3$ с. (4 часа). Затем одну часть соленого полуфабrikата подвергали выдержке в рассоле, в течение $4,32 \cdot 10^4$ с (12 часов) при температуре 275-277 К.

Контролем служили образцы парной свиной мышечной ткани, которые после шприцевания укладывали в емкость, и заливали рассолом, длительность выдержки в посоле составляла $6,1 \cdot 10^5$ с (7 суток).

Для микроструктурных исследований пробы мышечной ткани от исследуемых образцов отбирали после предварительных механических воздействий в течение $2,4 \cdot 10^3$ с. После повторных механических воздействий - в течение $14,4 \cdot 10^3$ с и после выдержки - в течение $4,32 \cdot 10^4$ с, а от контрольных - через $8,64 \cdot 10^4$ с (1 сутки), $25,92 \cdot 10^4$ с (3 суток) и $6,1 \cdot 10^5$ с выдержки в посоле.

Пробы для гистологических исследований размером $10 \times 10 \times 5$ мм фиксировали в 20%-ном водном растворе нейтрального формалина и заливали в целлоидин. Изготовленные из целлоидиновых блоков на санном микротоме срезы толщиной 7 мкм окрашивали гематоксилин-эозином и по Ван-Гизон.

Для электронно-микроскопических исследований из мышцы вырезали образцы размером 1 мм³. Фиксировали в 4%-ном растворе глутаральдегида на фосфатном буфере, затем проводили дофиксацию четверекисью осмия, обезвоживали в спиртах возрастающей крепости и заливали в эпон-аралдит. Срезы, изготовленные на ультратоме LKB-8800, окрашивали 5%-ным раствором уранил-

ацетата и по Рейнольду [4]. Электроннограммы получали на электронном микроскопе Tesla-BS 103 при 10000–40000 инструментальном увеличении.

Гистологическими и электронно-микроскопическими исследованиями установлено, что в образцах парной свинины мышечные волокна расположены волнисто или гофрированно, плотно прилегают друг к другу, набухшие. Границы их различны по расположенным под сарколеммой многочисленным ядрам овальной или веретеновидной формы с четко видимой зернисто-глыбчатой хроматиновой структурой. Поперечная исчерченность большинства волокон хорошо выражена.

На поперечных срезах мышечные волокна полигональной формы расположены плотно друг к другу.

Электронно-микроскопические исследования показали, что миофибриллы мышечных волокон парной свинины плотно прилегают друг к другу, в них хорошо различимы изотропные I-диски и анизотропные A-диски, что свидетельствует о их расслабленности и набухании (Рис. I).

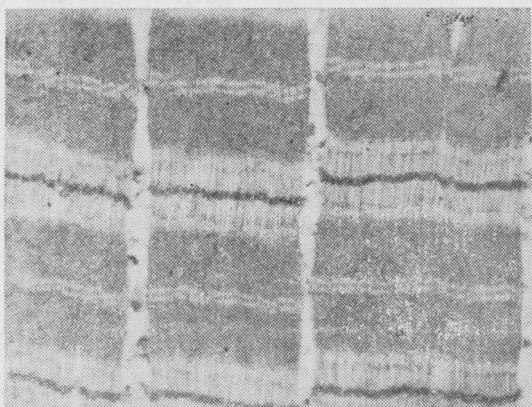


Рис. I. Ультраструктура участка мышечного волокна парной свинины до начала механической обработки

Fig. 1. Ultra-structure of a part of a muscle fiber of fresh warm pork before mechanical treatment

Деструктивных изменений в мышечных волокнах в этот период не обнаружено. Результаты исследований образцов свинины после шприцевания и выдержки в рассоле в течение $8,64 \cdot 10^4$ с по действующей технологии показали, что мышечные волокна имеют прямую или слегка извитую форму. Ядра с хорошо выраженной хроматиновой структурой. Имеются различия в структуре поверхностных, соприкасающихся с рассолом, и глубоких слоев мышечной ткани. В поверхностных слоях мышечные волокна имеют овальную форму, поперечная исчерченность в них слабо выражена. В глубоких слоях мышечные волокна с хорошо различимой поперечной исчерченностью. Между мышечными пучками и волокнами часто наблюдаются пространства — места скопления рассола, введенного в мышцу при шприцевании. На поперечных срезах мышечные волокна глубоких слоев сохраняют полигональную форму, однако на периферии волокон обнаруживается просветленная зона с набухшими каналами саркоплазматического ретикулума и саркосом.

По истечении $25,92 \cdot 10^4$ с выдержки в посоле конфигурация мышечных волокон не меняется, однако поперечная исчерченность в большинстве волокон слабо выражена. В мышечных волокнах к этому сроку намечается появление микротрещин, количество и выраженность которых повышается на всем протяжении дальнейшего посола. Мелкозернистая белковая масса обнаруживается только в поверхностных слоях.

После $6,1 \cdot 10^5$ с выдержки в посоле в отдельных микротрещинах наблюдаются скопления небольшого количества кокковых микроорганизмов, в глубоких слоях мышечной ткани расстояние между мышечными пучками сокращается, мышечные волокна плотно прилегают друг к другу, поперечная исчерченность не выражена.

Между отдельными волокнами и мышечными пучками обнаруживается мелкозернистая белковая масса.

Ультраструктурные изменения характеризуются, нарастающей по мере выдержки мяса в посоле, деструкцией саркоплазматического матрикса с выходом мелкозернистой белковой массы под сарколемму и в пространстве между мышечными волокнами. Z-пластиинки после $6,1 \cdot 10^5$ с выдержки в посоле сливаются в параллельно расположенные структуры. К этому же сроку происходит нарушение

ние структуры миозиновых протофибрилл с частичным распадом актиновых нитей. В отдельных участках мышечных волокон наблюдается фрагментация миофибрилл по Z -пластиночкам и I -дискам, нарушение целостности базальной мембранны сарколеммы.

Исследованием образцов мышечной ткани парной свинины после предварительных механических воздействий в течение $2,4 \cdot 10^3$ с установлены морфологические изменения, характеризующиеся увеличением количества поперечно-щелевидных нарушений и ослаблением продольной и поперечной исчерченности мышечных волокон. В отдельных мышечных волокнах наблюдаются участки множественной деструкции миофибрилл с образованием зернистой белковой массы внутри волокна. Степень морфологических изменений больше выражена в поверхностных слоях, нежели глубоко расположенных, где разрушены лишь отдельные участки мышечных волокон. На поверхности выявляется небольшой слой белковой мелкозернистой массы.

Электронно-микроскопические исследования показали, что в процессе предварительной механической обработки при сохранении значительной растянутости миофибрилл, происходит разрывление миофибриллярной структуры, деструкция и разрыв актиновых протофибрилл в области Z -пластинок и I -дисков, смещение структурных элементов соседних миофибрилл по отношению друг к другу (рис. 2). В отдельных участках отмечается повреждение целостности сарколеммы и других мембранных структур.

При повторном механическом воздействии в течение $14,4 \cdot 10^3$ с на мясо, выявляются более глубокие изменения в структуре мышечной ткани, характеризующиеся полным исчезновением поперечной и продольной исчерченности по всей глубине образцов, увеличением количества поперечно-щелевидных нарушений мышечных волокон с их фрагментацией.

Миофибриллярные структуры растянуты и набухшие, увеличивается количество деструктивных изменений в глубоких слоях, выражющееся в разрывлении структуры саркомеров и их распаде в отдельных участках мышечных волокон (рис. 3).

Сохраняется расслабленность мышечных волокон. Выдержка мяса в течение $4,32 \cdot 10^4$ с в посоле после повторных механических воздействий не приводила к значительным структурным измене-

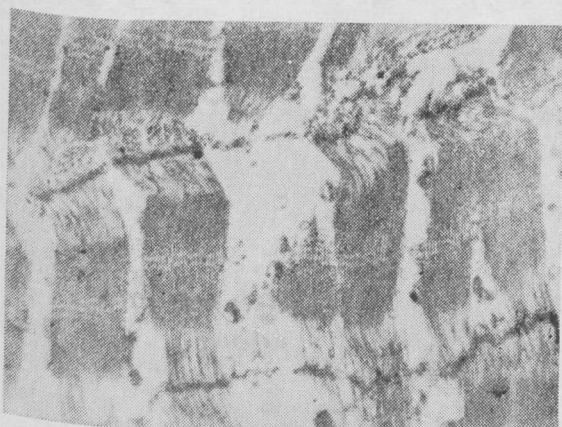


Рис. 2. Ультраструктура участка мышечного волокна парной свинины, подвергнутого предварительной механической обработке

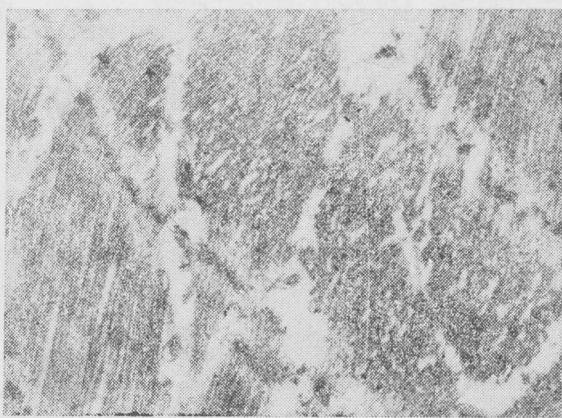
Fig. 2. Ultra-structure of a part of a muscle fiber of fresh warm pork subjected to mechanical pre-treatment

ниям, однако улучшалась равномерность набухания мышечных волокон по всему образцу.

Изучение структурно механических свойств парного мяса после массирования, показало, что на 10–15% снижается его механическая прочность. Выход готовых изделий повышается на 2–3%.

Анализируя результаты гистологических и электронно-микроскопических исследований становится очевидным, что в процессе механических воздействий парной мышечной ткани происходит нарушение целостности мембранных структур, разрывление и набухание миофибриллярных белков, нарушение связей между актином и миозином и появление свободных связей в структуре белков, фрагментация миофибрилл.

Следует также отметить, что нарушение целостности мембранных структур сарколеммы, лизосом, митохондрий, ядер, саркоплазматического ретикулума приводит к улучшению проницаемости структур мышечной ткани для посолочных ингредиентов и к высвобождению внутриклеточных ферментов. Это очень важно для ускорения просаливания и созревания такого мяса при последующей



достигается лишь после 7 суток посола.

Результаты исследований показали, что двукратное механическое воздействие значительно ускоряет проникновение посолочных ингредиентов в структуру парной мышечной ткани и повышает ее нежность. Кроме того, механическая обработка парного мяса в сочетании с посолом позволяет сохранить более расслабленное состояние структур мышечных волокон по сравнению с посолом парного мяса без массирования и увеличить количество свободных связей, способных связывать дополнительные количества влаги.

Л и т е р а т у р а

1. Скалинский Е.И., Белоусов А.А., Плотников В.И. Обзорная информация ЦНИИГЭИ мясомолпрома СССР, № 15, 10. 1976.
2. Большаков А.С., Боресков В.Г., Забашта А.Г., Ибрагимов Р.М., Киселев Ю.А. Способ посола мясных изделий. Авт. свид. СССР № 556772, заявл. 15.12.1975 опублик. 05.05.1977
3. Гайер Г. Электронная гистохимия. М., "Мир", 1974
4. Rahelić S., Vicić L. "J.Revja Industrije Mesa", 1974, VI, 3-6.

Рис. 3. Ультраструктура участка мышечного волокна после двукратной механической обработки

Fig. 3. Ultra-structure of a part of a muscle fiber after two-fold mechanical treatment

выдержке в посоле. Структурные показатели парного мяса после двойной механической обработки и выдержки его в течение $14,4 \cdot 10^3$ с в рассоле характерны для просоленного мяса. В то время как степень таких изменений для парной свинины, посоленной обычным способом,