

УДК 66.02

Особенности строения и свойств шкур овец и выделанных из них кож для галантерейных изделий

Агапкин Александр Матвеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова» (г. Москва).

***Аннотация.** Обеспечение свойств, определяющих качество кож для галантерейных изделий, может быть произведено при учете особенностей строения и свойств шкур животных, используемых для выделки кож.*

***Ключевые слова:** волокна, шкура, кожа, дерма, коллаген.*

Новые специальные методы исследования архитектоники белковых тканей и их энергетической структуры необходимы для изучения свойств дермы и кожи для кожгалантерейных изделий, для научных и практических целей.

Изучение кожного покрова млекопитающих вскрывает широкий спектр адаптаций животных и их органов к разнообразным условиям существования. Вследствие непосредственного контакта с внешней средой кожный покров испытывает и отражает ее воздействие, под влиянием которого в ходе эволюции у различных групп животных в строении кожного покрова возникли свои особенности. Условия жизни диких и домашних животных резко отличаются, что проявляется в сезонных изменениях строения кожного покрова. Эти изменения служат морфологическим отражением приспособления к среде обитания животных.

Кожный покров диких животных существенно отличается от такового домашних. Эти различия возникли вследствие одомашнивания и изменения среды обитания, а также проведения с ними селекции по хозяйственным признакам. Впервые указанная проблема была очерчена Ч. Дарвином, успешно развивалась позднее с использованием в ней методов генетического анализа. К настоящему времени накопилось много данных о строении кожного покрова домашних млекопитающих. Между тем, при рассмотрении оказывается, что наиболее важные изменения покрова происходят в условиях одомашнивания (доместикации). Такие проблемы, как появление и преобразование хозяйственно полезных признаков кожного покрова на протяжении развития (онтогенеза), в подавляющем числе исследований рассматриваются только на уровне формирования свойств, необходимых для получения того или иного продукта.

Структура кожного покрова млекопитающих

Проблеме морфологии кожного покрова млекопитающих посвящена обширная литература. В условиях доместикации млекопитающих и разведения их под влиянием направленного отбора по хозяйственным признакам строение кожного покрова раскрывает содержание исследуемого генотипа, обеспечивающего стабильность и преемственность структурной организации. В частных случаях кожный покров называют кожей, подчеркивая его значение как органа. Расположение кожного покрова определяет его сложную структурную организацию и связь, как с организмом, так и с окружающей средой. Кожа покрывает всю поверхность тела млекопитающих. Она состоит из поверхностного эпители-

ального слоя — эпидермиса, базальной мембраны, соединительного слоя — дермы, подкожной клетчатки, фолликулы волос, кожных желез, мышц, нервов, кровеносных сосудов, волосяного покрова, а также рогов и копыт. Все эти компоненты находятся в сложных морфологических и функциональных связях и несут свои породные и видовые отличия. На рис.1 приведена схема кожного покрова млекопитающих. Эпидермис представляет многослойный плоский ороговевающий эпителий, в котором различают слои: базальный, образованный монослоем цилиндрических клеток, располагающихся на базальной мембране; шиповатый, представленный кубовидными клетками с короткими шиповидными выростами и зернистый, образующий от одного до трех рядов клеток. Эпидермис посредством базальной мембраны связан с соединительно-тканной частью шкуры — дермой. Дерма — соединительно-тканная часть шкуры, которая делится на два слоя: сосочковый и сетчатый (рис. 1). Между ними нет четкой границы из-за постепенного перехода одного слоя в другой.

Сосочковый или подэпидермальный слой примыкает непосредственно к базальной мембране и своей наружной поверхностью точно повторяет контуры эпидермиса. Он получил свое название вследствие вдающихся в эпидермис многочисленных соединительно-тканых сосочков. Размер и форма сосочков могут быть у разных животных различны, вплоть до полного их отсутствия. Сосочковый слой построен из рыхлой соединительной ткани, где тонкие пучки коллагеновых волокон, а так же эластические и ретикулиновые волокна представляют наиболее выраженные элементы ткани. Они заключены в аморфное межклеточное вещество — матрикс. В месте перехода сосочкового слоя в сетчатый располагается подсосочковое сосудистое сплетение.

Сетчатый слой получил свое название из-за сетчатой вязи волокнистых элементов, главным образом, коллагеновых волокон. Между пучками коллагеновых волокон располагается сеть кровеносных сосудов и редкие клеточные элементы. Пучки коллагеновых волокон проходят параллельно поверхности кожи или под разными к ней углами. На участках, испытывающих механическое напряжение, например, давление, видны толстые коллагеновые волокна. Там же, где кожа подвергается растяжению, т.е. в области суставов, живота, коллагеновые волокна тонкие.

В сетчатом слое коллагеновые пучки, переплетаясь между собой, образуют петли разной формы, сплетения различной конфигурации, а также разветвления, среди которых можно выделить преобла-

дающий характер вязи. В зависимости от плотности расположения пучков волокон коллагена вязь подразделяют на плотную, среднюю и рыхлую. Плотная вязь имеет очень тесное переплетение пучков волокон, средняя — характеризуется наличием незначительных промежутков между пучками, между которыми находятся более тонкие пучки или отдельные волокна. Рыхлая вязь образована преимущественно переплетением тонких пучков коллагеновых волокон, таким образом, что между ними остаются многочисленные промежутки.

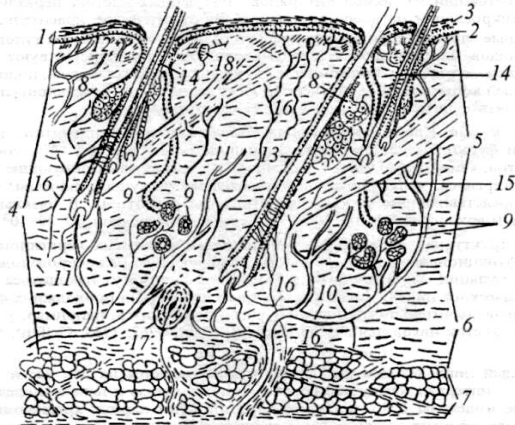


Рис. 1. Строение кожного покрова животных (млекопитающих): 1 — эпидермис; 2 — базальный слой эпидермиса; 3 — роговой слой эпидермиса; 4 — дерма; 5 — сосочковый слой дермы; 6 — сетчатый слой дермы; 7 — подкожная жировая клетчатка; 8 — сальная железа; 9 — потовая железа; 10 — кровеносный сосуд глубокодермального сплетения; 11 — кровеносный сосуд среднедермального сплетения; 12 — кровеносные сосуды подэпидермального сплетения; 13 — фолликул острого (первичного) волоса; 14 — фолликул пухового (вторичного) волоса; 15 — мышца подниматель волоса; 16 — нерв; 17 — тельце Фатер-Пачини; 18 — тельце Мейснера

Для подавляющего большинства животных толщина пучков коллагеновых волокон, характер их переплетения, характеризуемый углом наклона и плотностью укладки, изменяются по месту расположения участка шкуры на теле животного. Участки шкуры, соответствующие отдельным частям тела животного и отличающиеся толщиной, плотностью, характером переплетения волокон и т.д., называются топографическими участками. В процессе кожевенного, мехового и скоряжного производств, шкуры раскраивают по топографическим участкам, учитывая особенности различия в строении дермы и т.д.

В состав дермы помимо коллагена входят неорганические вещества — 0,26–0,65% и небольшое количество органических соединений — липидов, углеводов, ферментов, аминокислот и других. Примерно две трети массы дермы составляет вода, которая заполняет промежутки между волокнами и входит в состав дермы. Различают влагу гидратации и влагу набухания. Из общего влагосодержания на долю влаги гидратации, содержащейся в белках дермы, приходится 50% от массы безводного вещества. Эта влага не удаляется механическим путем даже при давлении 400 МПа. Влага набухания удаляется механической обработкой. От общего влагосодержания

ее количество достигает 150 % в пересчете на 100 г сухого вещества.

Основа дермы — коллаген — состоит из углерода (50,5%), кислорода (26,6%), азота (18%), водорода (5,8%), серы (0,1%). Коллаген имеет сложную структуру, «простейшим» элементом которой является полипептидная цепь. Полипептидные цепи коллагена собираются из аминокислот в виде предшественников альфа цепи протоколлагена. Процессы посттрансляционной модификации молекул — предшественников завершаются вне клетки в межклеточном матриксе. Каждая молекула коллагена состоит из трех полипептидных альфа цепей, скрученных между собой в виде каната. Масса такой макромолекулы коллагена в среднем равна $3 \cdot 10^5$ г/моль, что является характерной чертой полимерных соединений (рис. 2 и 3).

Одним из важнейших свойств макромолекулы коллагена является возможность конформационного движения его звеньев. Известно, что в молекуле любого химического вещества наблюдается строго определенное пространственное расположение атомов, т.е. определенная конфигурация. Вследствие теплового движения структурных элементов в молекуле коллагена проявляется внутреннее вращение, которое приводит к изменению пространственного расположения атомов и их внутренней энергии взаимодействия. Если при этом не происходит разрыва химических связей, то говорят об изменении конформации молекул. Конформация макромолекул связана с гибкостью, которая по сравнению со свободносочлененной цепью ограничена поворотами валентных углов. В полипептидной цепи валентные углы имеют определенную величину, которая при вращении звеньев может лишь незначительно изменяться, поэтому при фиксированной величине валентных углов положение каждого последующего звена оказывается зависящим от положения предыдущего. Известно, что такое положение цепей относительно друг друга вызвано взаимодействием химически несвязанных между собой атомов, находящихся на различных участках одной макромолекулы. В этих случаях говорят о внутри- и межмолекулярном взаимодействии, которое проявляется только в длинноцепочечных молекулах.

В настоящее время развито представление о многоуровневой структуре коллагена (табл. 1).

В [3] приведены общие сведения о структуре белков, дана классификация аминокислот, входящих в их состав, подтверждено многоуровневое строение.

Исследование тонкой структуры коллагена с помощью электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа показало, что для нее характерна упорядоченность в расположении пептидных цепей преимущественно вдоль оси волокна. Онтогенез коллагена рассматривается в настоящее время как процесс накопления все большего количества внутри- и межмолекулярных связей и соответствующего увеличения прочности и упорядоченности белковой системы. Помимо ковалентных связей стабилизирующую функцию структуры коллагена обеспечивает присутствие водородных, электростатических и гидрофобных связей между соседними полипептидными цепями или участками одной и той же цепи. Энергия нековалентных связей невелика, но при наличии

большого их числа, они могут играть значительную роль в стабилизации различных уровней структуры коллагена. В табл.2 указаны типы нековалентных связей, обобщенные Райхом

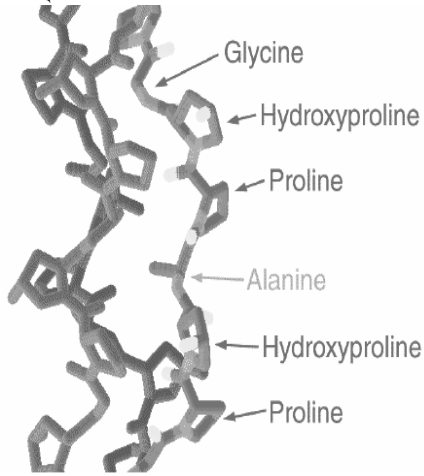


Рис. 2. Схема пептидных цепей, образующих молекулу коллагена

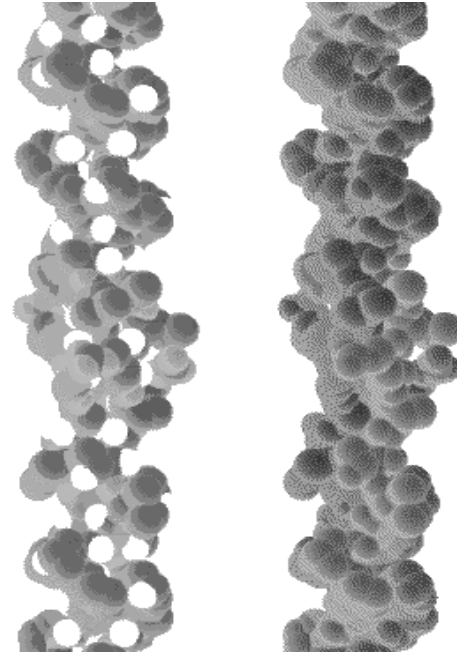


Рис. 3. Структурная схема молекулы коллагена

Таблица 1. Характеристика многоуровневой структуры коллагена

Уровень структуры	Характеристика уровня структуры
Полипептиды	Молекулярная масса около 10^3 г/моль
Молекулы	Молекулярная масса 3×10^5 г/моль, длина 300 нм, диаметр 1,5 нм, число пептидных цепей в молекуле 3
Микрофибриллы	Суммарная молекулярная масса $1,5 \times 10^6$ г/моль, диаметр 3–5 нм в зависимости от влажности, число молекул в сечении микрофибриллы – 5
Фибриллы	Число микрофибрилл 1000–2000, диаметр 50–200 нм
Первичные волокна	Число фибрилл 900–1000, диаметр 5 мкм
Вторичные волокна (пучки)	Число первичных волокон 30–300, диаметр 200 мкм
Дерма	Переплетение вторичных волокон

При изучении белковой структуры особая роль отводится гидрофобным связям. Эти связи устойчивы в водной среде, при действии кислот, щелочей и разрушаются в присутствии органических растворителей. Установлено, что контакт между гидрофобными группами в структуре белков приводит к уменьшению количества соприкасающейся с ними и упорядоченной в зоне контакта воды, т.е. к увеличению энтропии системы. В определенных условиях эти механизмы взаимодействия способствуют упрочнению связи между смежными молекулами или их участками. Наибольшей прочностью гидрофобные связи обладают при температуре 60°C , т.е. в условиях, когда водородные мостики разрушаются.

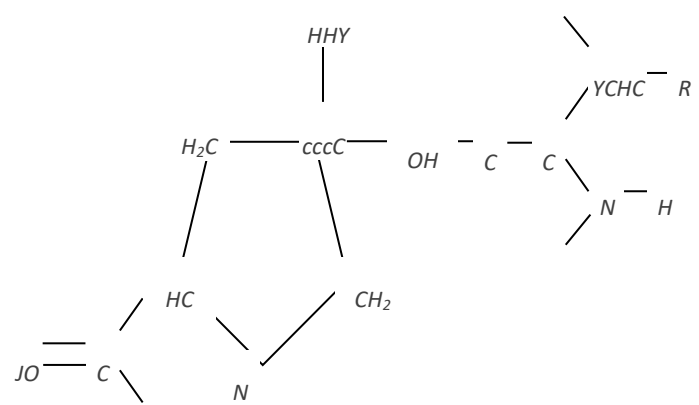
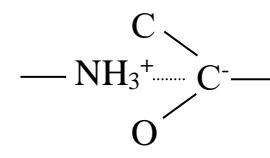
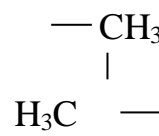
Доказанным считается в образовании поперечных связей коллагена альдегидных групп его структуры, расположенных в конечных участках полипептидных цепей. Коллагеновая фибрилла является гетерогенным образованием, т.е. в ее состав входят компоненты небелкового происхождения – полисахариды. Вступая во взаимодействие с коллагеном, полисахариды образуют мукополисахариды – белковый комплекс. По наиболее распространенной классификации мукополисахариды делятся на нейтральные и кислые.

В настоящее время установлено, что нейтральные сахара (глюкоза, мальтоза, фруктоза) – неотдели-

мая часть коллагена. По данным, приведенным в [коллаген содержит 0,5–1% прочно связанных гексоз, т.е. с одной стороны гликозидными, с другой – эфирными связями. Существование эфирных связей в коллагене не подвергается сомнению. Количество этих связей в соединительной ткани увеличивается с возрастом.

Важную роль отводят гексозам и в процессе фибриллообразования. По мнению Джексона первичные полимерные молекулы, по автору – микрофибриллы, соединяются в фибриллы с помощью гликопротеинов, состоящих из белка, к которому присоединены олигомеры из 2–17 гексоз. При этом белковая цепь гликопротеина располагается параллельно микрофибриллам, а углеводные олигомеры образуют между ними поперечные связи, по-видимому, нековалентные. Особое место в стабилизации коллагена отводится телопептидам, неспиральным пептидным отросткам на концах макромолекулы и, по-видимому, в нескольких местах на ее поверхности. От основных цепей коллагена телопептиды отличаются аминокислотным составом: нет оксипролина, изолейцина, относительно низкое содержание глицина, глутаминовой и аспаргиновой кислот.

Таблица 2. Типы связей, присутствующих в белковой структуре коллагена

Название связи	Примерная формула	Роль в структуре коллагена
Водородная связь между боковыми цепями и пептидными группами		Участие в межмолекулярном связывании
Ионная связь между заряженными боковыми цепями		Влияние на набухание, растворимость, образование фибрилл коллагена
Гидрофобные связи между боковыми цепями		Влияние на температуру сваривания, образование фибрилл

При обработке коллагена протеолитическими ферментами тепопептиды отщепляются без разрушения 3-х спиральной структуры макромолекулы. Вероятно, они принимают участие в стыковке молекул при образовании фибрилл и обуславливают межмолекулярные связи в коллагене. Об этом говорит тот факт, что после обработки ферментами нерастворимый коллаген становится растворимым. Вопрос о количестве компонентов остается до настоящего момента спорным.

Кристаллическая структура коллагена не может существовать без молекул воды, полное обезвоживание коллагена приводит к его аморфизации. Наличие регулярных водных структур, связанных со

структурой коллагена, установлено, исходя из Rц – структурного анализа, ИКС и ЯМР. Вода в структуре коллагена располагается в виде лент, вытянутых вдоль его макромолекулы. Предполагается, что вода присоединяется к группам –С=О аминокислот, не входящих в систематическую сетку водородных связей, и образует регулярную систему мостиков, стабилизирующих спиральную конформацию цепей.

Нерастворимая поперечнополосатая фибрилла – это форма, в которой коллаген выполняет свои физиологические функции в качестве опорного и защитного вещества. Она служит для образования морфологических структурных единиц коллагена.

Литература:

1. Чалых Т.И., Пехташева Е.Л., Райкова Е.Ю., Умаленова Н.В., Фукина О.В., Ибрагимова Н.А., Золотова С.В., Сорокин Д.А., Горюнова О.Б. Товароведение однородных групп непродовольственных товаров. Учебник для бакалавров / Под редакцией Т.И. Чалых, Н.В. Умалёновой. Москва, 2019. (2-е издание, стереотипное).
2. Пехташева Е.Л., Ибрагимова Н.А. Современные технологии проведения жидкостных процессов при выработке галантерейных кож из овчины. Дизайн и технологии. 2018. № 63 (105). С. 65-71.
3. Ибрагимова Н.А. Потребительские свойства галантерейных кож из овчины. Дизайн и технологии. 2018. № 64 (106). С. 61-65.
4. Масталыгина Е.Е., Пехташева Е.Л., Лусинян И.В., Ибрагимова Н.А. Влияние клейкости хлопкового волокна на биостойкость. Дизайн и технологии. 2018. № 65 (107). С. 83-91.
5. Ибрагимова Н.А. Исследование свойств кож для изготовления галантерейных изделий. Евразийское Научное Объединение. 2018. Т. 1. № 1 (35). С. 27-31.
6. Ибрагимова Н.А. Исследование параметров белковой структуры коллагена дермы овчины. Евразийское Научное Объединение. 2018. Т. 1. № 1 (35). С. 31-34. 1

7. Ибрагимова Н.А. Выбор номенклатуры показателей качества и методов исследования для характеристики свойств галантерейной кожи. Евразийское Научное Объединение. 2018. Т. 1. № 1 (35). С. 34-37.
8. Ибрагимова Н.А. Применение термодеструкционного метода к исследованию структуры белковой ткани. В сборнике: Проблемы идентификации, качества и конкурентоспособности потребительских товаров сборник статей IV Международной конференции в области товароведения и экспертизы товаров. Юго-Западный государственный университет. 2015. С. 92-98.
9. Ибрагимова Н.А. Влияние технологических процессов производства на термодинамические характеристики кожи овчины. Дизайн и технологии. 2015. № 48 (90). С. 12-20.
10. Ибрагимова Н.А., Умаленова Н.В. Влияние ферментных препаратов на свойства галантерейного шеврета. Дизайн и технологии. 2015. № 49 (91). С. 62-67.
11. Ибрагимова Н.А. Влияние технологии выделки на свойства галантерейных кож из овчины. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Российская экономическая академия им. Г.В. Плеханова. Москва, 2009.
12. Лычников Д.С., Ибрагимова Н.А. Изучение наноструктуры коллагена и кожевенных материалов. В книге: III Международная конференция по коллоидной химии и физико-химической механике посвящена двухсотлетию открытия электрокинетических явлений Ф.Ф. Рейсом: программа и резюме докладов. 2008. С. 29-30.
13. Ибрагимова Н.А. Конструирование и технология изделий из кожи, влияние технологических процессов производства на термодинамические характеристики кожи овчины. В книге: Достижения текстильной химии – в производство (Текстильная химия - 2004). Тезисы докладов. 2004. С. 104.
14. Ибрагимова Н.А., Лычников Д.С., Мазанов А.А., Михалёва К.Ю. Электрический потенциал кож. В сборнике: Новые биокибернетические и телемедицинские технологии XXI века для диагностики и лечения заболеваний человека ("НБИТТ-21") Материалы междисциплинарной конференции с международным участием. 2003. С. 13-14.
15. Ибрагимова Н.А., Умаленова Н.В. Отечественный рынок кожгалантерейных изделий. В книге: Шестнадцатые Международные Плехановские чтения Тезисы докладов докторантов, аспирантов и научных сотрудников. 2003. С. 248-249.
16. Мазанов А.А., Лубков Н.В., Ибрагимова Н.А., Ефимов А.Д., Студеникин С.И., Лычников Д.С. Наполнение и додубливание хромовых кож полимерами нового поколения (исследование термодинамических параметров). В сборнике: Труды инженерно-экономического института М-во образования Рос. Федерации, Рос. экон. акад. им. Г. В. Плеханова. Москва, 2003. С. 669-675.
17. Лычников Д.С., Макаров-Землянский Я.Я., Сапожникова А.И., Белевцова Д.В., Фукина О.В., Умаленова Н.В., Ибрагимова Н.А., Герасименко В.С., Веретин В.С., Мазанов А.А., Студеникин С.И., Кочетова С.П., Чурсин В.И., Кленовская Н.В., Горбатов С.В., Зыкова Н.В., Львова А.Н., Шапкарина Н.П., Шименович Б.С. Термодинамические параметры кожевенного сырья и полуфабриката из овчины. В сборнике: Новое в меховом производстве Сборник научных трудов. Открытое акционерное общество "Научно-исследовательский институт меховой промышленности". Москва, 2000. С. 47-58.
18. Лычников Д.С., Ибрагимова Н.А., Макаров-Землянский Я.Я., Белевцова Д.В., Фукина О.В., Студеникин С.И., Чурсин В.И., Горбатов С.В., Баяндин В.В. Термодинамический метод оценки спектров связей в коже. Хранение и переработка сельхозсырья. 2000. № 6. С. 69-73.