

МРНТИ 65.53
УДК 664

DOI <https://doi.org/10.37884/4-2021/03>

Ш.Ы. Кененбай¹, Л.А. Каймбаева^{2}, А. Жандар², Ы. Кадырбекулы², Б. Батырбекулы²*

¹*Алматинский технологический университет (АТУ), г. Алматы, Казахстан;*

²*Казахский национальный аграрный исследовательский университет,
г. Алматы, Казахстан, shinar0369@mail.ru**

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЕРБЛЮЖАТИНЫ

Аннотация.

Целью данной работы было определение рациональных параметров измерения реологических характеристик мышечной ткани верблюжатины проникающим методом. Для выполнения этой задачи необходимо проведены геометрические исследования. Эксперимент проводился с малогабаритным переносным пенетрометром, марка ППМ-4.

С целью выбора рационального угла конического индентора для измерения реологических характеристик всего мышечного сырья исследования проводились на тушах верблюдов в парном состоянии (через 1 час после убоя) и в состоянии посмертного окоченения – автолизе (через 48 часов), когда можно наблюдать существенную разницу в прочностных свойствах. Кроме того, прочностные свойства зависят от структуры мясного сырья, то есть от расположения волокон. Поэтому экспериментальные исследования проводятся как вдоль, так и поперек волокон. С введением конического индентора в мышечную ткань мяса вдоль волокон, которые направлены в поперечном сечении, и поперек волокон - в продольном сечении. В последнем случае прочность мяса намного больше по сравнению с мясом, в котором измерения проводились вдоль волокон.

Анализируя полученные экспериментальные данные, видно, что при использовании конических инденторов в заданном диапазоне углов вверху от 10° до 30°, наибольшее значение глубины погружения получено при конусе с 10°.

Выбранный конус обеспечивает минимальный разброс экспериментальных данных, что позволяет считать его рациональным и использовать для изучения реологических характеристик цельномышечных и реструктурированных мясных продуктов. Для проведения измерений цельномышечного и реструктурированного сырья рациональное усилие сопротивления равно 0,5 кг. Процесс проникновения должен быть реализованным в продольно расположенной мышце, чтобы обеспечить минимальную погрешность измерения.

Поэтому для оценки реологических свойств мяса методом пенетрации эффективно использование динамических пенетрометров с коническими инденторами. Измерения должны проводиться в выбранных условиях.

Ключевые слова: *верблюжатины, реология, структурно-механические свойства, посмертное окоченение, автолиз, пенетрометр, конический индентор, цельномышечные и реструктурированные продукты.*

Введение.

Существенное значение имеют исходные свойства сырья при производстве продуктов из мяса, которые во многом зависят от условий выращивания, первичной обработки и холодильного хранения. В комплексе эти факторы определяют кинетику биохимических

превращений, от уровня которых зависят технологические свойства мяса. К реологическим характеристикам мяса относятся свойства, которые определяют нежность и сочность готового продукта.

Основной структурной единицей фарша являются белки мышечной и соединительной тканей.

На структурно-механические свойства мясных продуктов влияют качественный и количественный состав белка мяса. Пищевая ценность мясного продукта также зависит от вводимых наполнителей, содержания влаги и жира. Исходя из этого, меняются технологические, органолептические и реологические характеристики получаемого продукта [1-3].

Знание основных реологических показателей, формирующих структуру мясных продуктов, позволяет правильно оценить их качество, своевременно обеспечить контроль и регулирование технологических процессов на разных стадиях производства [4].

Наиболее изученным и информативным показателем для мяса как эластичного и гибкого тела является давление сдвига, определяемое проникающим методом [3,4]. На основе метода проникновения измерение глубины погружения индентора (h , мм) осуществляется за счет силы тяжести или принудительного введения, выраженного в проникающем размере (h_p), при заданных условиях измерения (тип индентора; вес или усилие введения), которое напрямую зависит от консистенции продукта.

Измерение численных значений величины пробоя возможно за счет силы тяжести при использовании статического пенетromетра, или за счет обязательного введения индентора при использовании динамического пенетromетра [3]. Единицей измерения пробития является условный линейный размер, равный 0,1 мм.

Пенетromетры позволяют определять комплекс реологических характеристик, как в относительных, так и в абсолютных величинах, исходя из исходного измеренного размера пенетрации. При использовании статического пенетromетра проникающий размер заданного индентора (определяется для определенного заданного времени погружения, обычно 5 секунд, когда происходят условно-мгновенные деформации исследуемого объекта), или максимальный размер проникновения, который соответствует достижению равновесного состояния между силой тяжести и сопротивлением изделия.

При использовании динамического пенетromетра рассчитывается сила сопротивления изделия, при достижении которой фиксируется величина проникновения, и динамическое предельное давление сдвига (DPNS) [3]. Статические пенетromетры, особенно за рубежом (США, Германия, Япония и др.), нашли применение в исследовательских и промышленных лабораториях, динамические – из-за компактности, малого веса и технической безопасности - предпочтительно используются при производстве.

Исследования, проведенные учеными МГУПП [4,5], доказывают возможность использования в качестве рабочей части пенетromетра конического индентора с углом в верхней части 60° для вязкоэластичных и пластичных биосистем.

Для упругих и гибких тел, к которым относится цельный кусок мяса из отруба, использование такого рабочего органа неадекватно, из-за низкой точности измерения, за счет незначительного введения индентора в изделие. При задаче большого значения силы сопротивления продукта введение конического индентора увеличит, что вызовет значительное разрушение мясной ткани.

Целью данной работы было определение рациональных параметров измерения реологических характеристик мышечной ткани мяса проникающим методом. Для выполнения этой задачи необходимо было провести геометрические исследования.

Методы и материалы.

Учитывая, что полученные данные будут рекомендованы к использованию в промышленных условиях, объектом исследования служила группа туш верблюдов породы бактриан, выращенных в одном хозяйстве при одинаковых условиях откорма. Контрольной точкой служила мышца *L.dorsi* между 7–8 задними позвонками.

Для комплексного определения реологических свойств проникающим методом необходимо установить рациональное фиксированное усилие сопротивления продукт, на котором глубина введения индентора будет от 0,5 до 0,9 от максимального значения.

Установлено, что с помощью пенетрометра при рациональном усилии сопротивления изделия, достижение глубины введения индентора в измеряемой среде регистрируется. В качестве измерительной рабочей части выбраны наиболее распространенные конические инденторы, геометрическая форма которых позволяет теоретически обосновать вывод их постоянной. Необходимые зависимости для определения константы конических инденторов, получены исследователями - Косой В.Д., Воларович М.П., Ребиндер П.А., Какимов А.К. и т. д. - с различными мясными продуктами.

Для решения поставленной задачи, необходимо было провести комплексные реологические исследования: рациональный угол конического индентора вверху в пределах от 10° до 30° и рациональное заданное усилие введения при выбранном угле конуса.

Эксперимент проводился с малогабаритным переносным пенетрометром, марка ППМ-4. Первоначально в экспериментах усилие сопротивления изделия составляло 0,5 кг.

Результаты и обсуждение.

С целью выбора рационального угла конического индентора для измерения реологических характеристик всего мышечного сырья исследования проводились на тушах верблюдов в парном состоянии (через 1 час после убоя) и в состоянии посмертного окоченения – автолизе (через 48 часов), когда можно наблюдать существенную разницу в прочностных свойствах. Кроме того, прочностные свойства зависят от структуры мясного сырья, то есть от расположения волокон. Поэтому экспериментальные исследования проводятся как вдоль, так и поперек волокон. С введением конического индентора в мышечную ткань мяса вдоль волокон, которые направлены в поперечном сечении, и поперек волокон - в продольном сечении. В последнем случае прочность мяса намного больше по сравнению с мясом, в котором измерения проводились вдоль волокон.

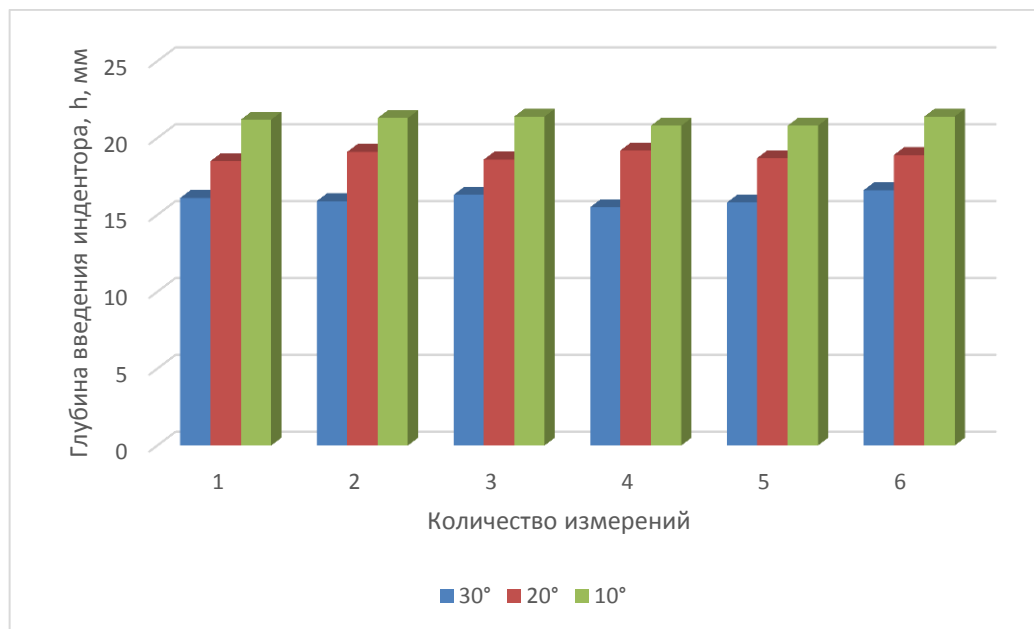


Рисунок 1 - Изменение глубины введения конуса в верблюжатину с продольно расположенными мышцами через 1 час после убоя

В данной серии экспериментов измерения проводились с шестикратной частотой. Анализируя результаты (рисунки 1, 2) для образцов с продольным расположением мышц, полученных при использовании конического индентора с углами в верхней части 30°, 20°, 10°, видно, что глубина введения (h, мм) была изменена соответственно с 18,7 до 20,2; с 21,7

до 22,7 и с 24,7 до 25,6; при этом средние арифметические значения равны соответственно 19,4, 22,18, 25,18. По мере уменьшения размера угла конуса сверху глубина внедрения индентора в образец увеличивается за счет того, что уменьшается погрешность измерения с 4,12% до 2,32%.

При введении конуса в образцы с поперечным расположением мышц можно отметить аналогичную тенденцию: - при уменьшении угла конуса наблюдается увеличение среднего значения глубины введения с 27,3 мм при 30° до 34,87 мм на 10°.

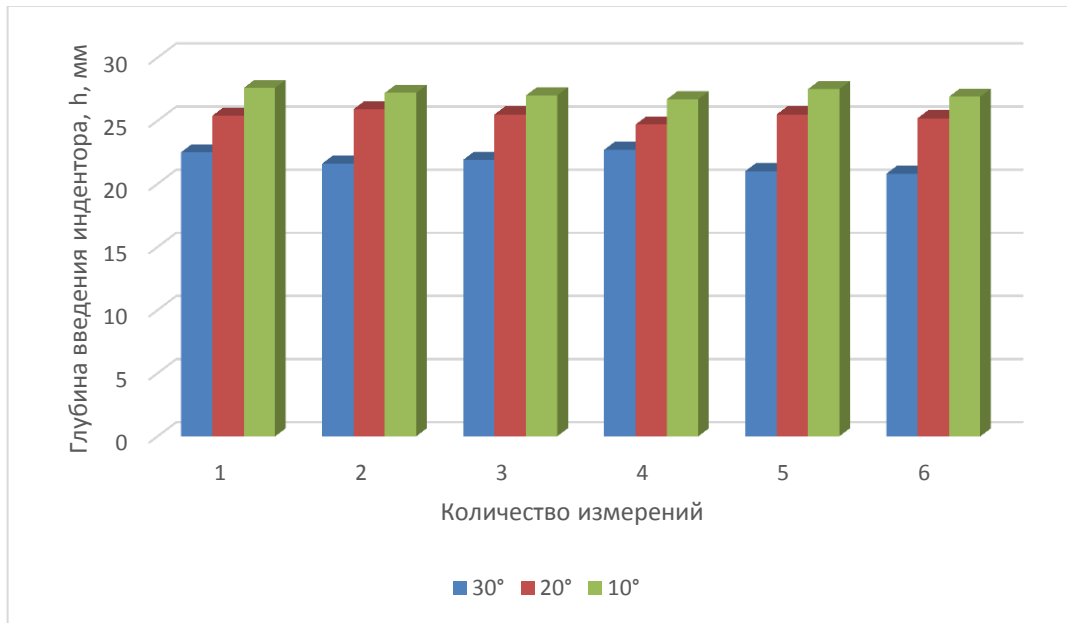


Рисунок 2 - Изменение глубины введения конуса в верблюжатику с поперечно расположенными мышцами через 1 час после убоя

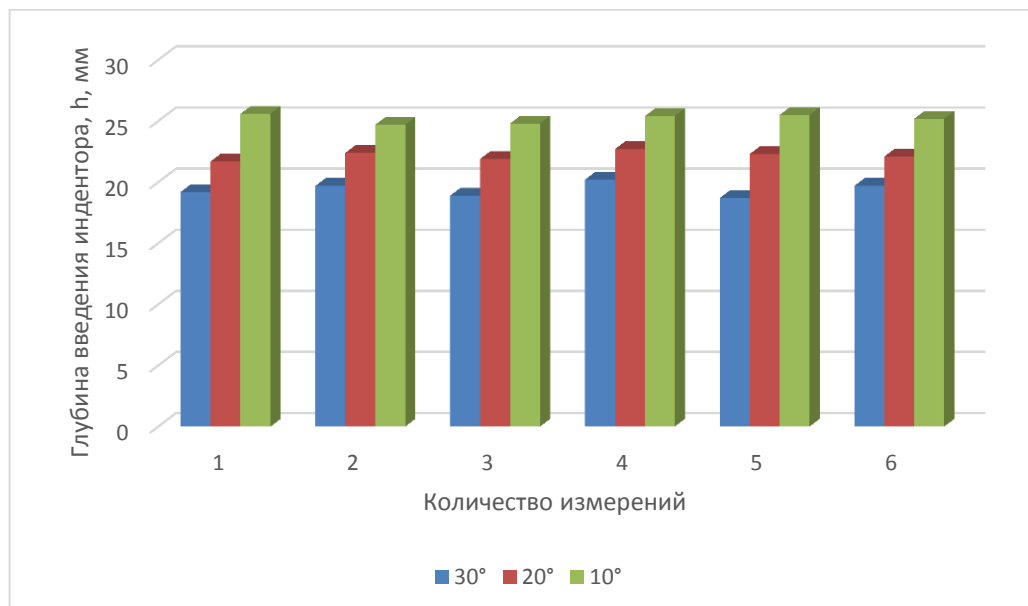


Рисунок 3 - Изменение глубины введения конуса в верблюжатику с продольно расположенными мышцами через 48 часов после убоя

Следует отметить, что разница между анализирующими размерами, измеренными при продольном и поперечном расположении мышц, значительна - от 49,1% до 38,5%,

соответственно прочностные свойства мяса с поперечными мышцами почти в полтора раза выше, чем при продольном расположении мышц, даже для парового состояния мяса. Данный вывод может быть использован при производстве цельномышечных и реструктурированных мясных продуктов.

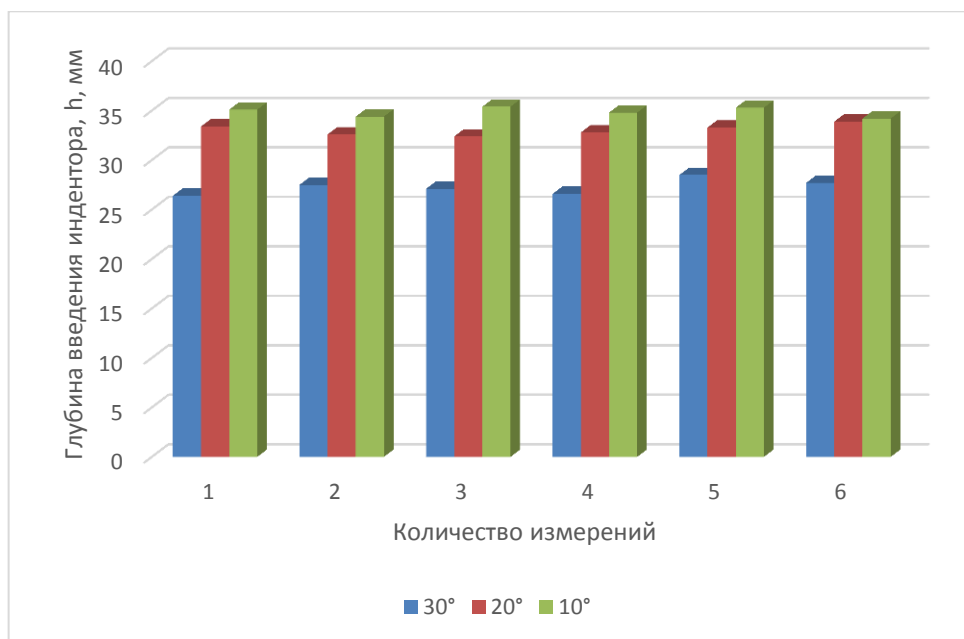


Рисунок 4 - Изменение глубины введения конуса в верблюжати́ну с поперечно расположенными мышцами через 48 часов после убоя

В соответствии с биохимическими процессами, образованием актомиозинового комплекса мышечная ткань в состоянии посмертной жесткости уплотняется, упругие свойства увеличиваются, и, следовательно, глубина проникновения индентора уменьшается.

На основании проведенных нами предварительных исследований установлено, что посмертное окоченение наступает через 42-48 часов с момента убоя, поэтому дальнейшие повторные поиски проводились в тот период, данные измерений приведены в **рисунках 3, 4**.

Для продольно расположенных мышц глубина введения конуса, измеренная через 48 часа после забоя, в зависимости от угла индентора находится в пределах от 15,4 до 16,5 мм (угол 30°), от 18,4 до 19,1 мм (угол 20°), от 20,6 до 21,3 мм (угол 10°). По мере уменьшения угла конуса процент погрешности измеряемых размеров уменьшается: с 3,52% до 1,64% для продольно расположенных мышц и с 4,36% до 1,65% для поперечных.

Данный факт позволяет предположить, что увеличение мощности потребления с измельчающим оборудованием увеличит то, что в целом экономические затраты предприятия на переработку тонны мясного сырья в состоянии автолиза увеличатся примерно на 20%. Выбранное, в представленных исследованиях, заданное усилие сопротивления изделия, равное 0,5 кг, может соответствовать его рациональному значению.

Величина усилия сопротивления изделия считается рациональной, если она обеспечивает измерение глубины внедрения индентора не более 0,9 от его максимального значения и возможной толщины исследуемых систем.

В используемом динамическом пенетрометре РРМ-4 конические инденторы имеют высоту, равную 40 мм, а исследуемые образцы L.dorsi верблюжати́ны имеют толщину от 50 до 80 мм. Тогда рациональная глубина введения должна быть равна $40 \times 0,9 = 36$ мм. В нашем случае при использовании рациональных конических инденторов с углом при вершине 10°, согласно рисункам 1-4, максимальная глубина составляет 35,3 мм, а минимальная - 21,3 мм, что может быть поставлено в рациональный предел измерения.

Выводы.

Анализируя полученные экспериментальные данные, видно, что при использовании конических инденторов в заданном диапазоне углов вверху от 10° до 30°, наибольшее значение глубины погружения получено при конусе с 10°.

Выбранный конус обеспечивает минимальный разброс экспериментальных данных, что позволяет считать его рациональным и использовать для изучения реологических характеристик цельномышечных и реструктурированных мясных продуктов. Для проведения измерений цельномышечного и реструктурированного сырья рациональное усилие сопротивления равно 0,5 кг. Процесс проникновения должен быть реализованным в продольно расположенной мышце, чтобы обеспечить минимальную погрешность измерения [6, 7, 8].

Поэтому для оценки реологических свойств мяса методом пенетрации эффективно использование динамических пенетрометров с коническими инденторами. Измерения должны проводиться в выбранных условиях.

Благодарность.

Выражаем огромную благодарность академику НАЕН РК, доктору технических наук, профессору Узакову Ясину Маликовичу, Алматинский технологический университет, кафедра «Технология продуктов питания» за консультацию в области изменений в верблюжатине в процессе автолиза, а также предоставление динамического пенетрометра РРМ-4.

Список литературы

- 1 Желеуова Ж.С., Узаков Я.М., Шингисов А.У., Тасполтаева А.Р. Исследование качественного состава реструктурированной варено-копченой колбасы из говядины и мяса индейки // Научный журнал КазНАУ, «Исследования, результаты». – 2019. - №3. – С. 85-90.
- 2 Kakimov, A., Suychinov, A., Mayorov, A., Yessimbekov, Z., Okuskhanova, E., Kuderinova, N., Bakiyeva, A. Meat-bone paste as an ingredient for meat batter, effect on physicochemical properties and amino acid composition (2017) Pakistan Journal of Nutrition, 16(10), pp. 797–804.
- 3 Косой В.Д., Малышев А.Д., Юдина С.Б. Инженерная реология в производстве колбасных изделий, М., Колосс, 2005. - С. 262.
- 4 Косой В.Д., Дорохов В.П. Совершенствование производства колбасных изделий (теоретические основы, процессы, оборудование, технология, рецептуры и контроль качества). - М., Deli print, 2006. - С. 72-99.
- 5 Migdał W., Živković B., Nowocień A., Przeor I., Palka K., Natonek-Wiśniewska M., Wojtysiak D., Walczycka M., Duda I.: Chemical composition and texture parameters of loin from polish landrace fatteners slaughtered in different age (2007) J. Biotechnology in Animal Husbandry, 23(5–6), 277–282.
- 6 Poldvere A., Lepasalu L., Tanavots A., Olt J., Sannik U., Sats A., Saar R., Martinson R. and Poikalainen V.: An alternative method for meat shear energy estimation during ageing (2014) J. Agronomy Research, 12(3), 793–800.
- 7 Савинок О.Н., Азарова Н.Г., Косой В.Д., Рыжов С.А. Кинетика созревания говядины при одностадийном охлаждении // Мясо. Промышленность, 2011. - №5, 58-62.
- 8 Савинок О.Н. Кинетика функциональных параметров мяса в зависимости от продолжительности его выдержки после убоя // Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции, 2014. - №4. С. 35-41.

References

- 1 Zheleuova Zh.S., Uzakov Ya.M., Shingisov A.U., Taspoltaeva A.R. Issledovanie kachestvennogo sostava restrukturirovannoj vareno-kopchenoj kolbasy iz govyadiny i myasa indejki // Nauchnyj zhurnal KazNAU, «Issledovaniya, rezul'taty». – 2019. - №3. – S. 85-90.

2 Kakimov, A., Suychinov, A., Mayorov, A., Yessimbekov, Z., Okuskhanova, E., Kuderinova, N., Bakiyeva, A. Meat-bone paste as an ingredient for meat batter, effect on physicochemical properties and amino acid composition (2017) Pakistan Journal of Nutrition, 16(10), pp. 797–804.

3 Kosoj V.D., Malyshev A.D., Yudina S.B. Inzhenernaya reologiya v proizvodstve kolbasnyh izdelij, M., Koloss, 2005. - S. 262.

4 Kosoj V.D., Dorohov V.P.: Sovershenstvovanie proizvodstva kolbasnyh izdelij (teoreticheskie osnovy, processy, oborudovanie, tekhnologiya, receptury i kontrol' kachestva). - M., Deli print, 2006. - S. 72-99.

5 Migdał W., Żivković B., Nowocień A., Przeor I., Palka K., Natonek-Wiśniewska M., Wojtysiak D., Walczycka M., Duda I.: Chemical composition and texture parameters of loin from polish landrace fatteners slaughtered in different age (2007) J. Biotechnology in Animal Husbandry, 23(5–6), 277–282.

6 Poldvere A., Lepasalu L., Tanavots A., Olt J., Sannik U., Sats A., Saar R., Martinson R. and Poikalainen V.: An alternative method for meat shear energy estimation during ageing (2014) J. Agronomy Research, 12(3), 793–800.

7 Savinok O.N., Azarova N.G., Kosoj V.D., Ryzhov S.A. Kinetika sozrevaniya govyadiny pri odnostadijnom ohlazhdenii // Myaso. Promyshlennost', 2011. - №5, 58-62.

8 Savinok O.N. Kinetika funktsional'nyh parametrov myasa v zavisimosti ot prodolzhitel'nosti ego vyderzhki posle uboia // Hranenie i pererabotka sel'skohozyajstvennoj produkcii, 2014. - № 4. S. 35-41.

**Ш.Ы. Кененбай¹, Л.А. Қаймбаева^{2*}, А. Жандар²,
Б.І. Қадырбекұлы², Б. Батырбекұлы²**

¹Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан

²Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан
shinar0369@mail.ru*

ТҮЙЕ ЕТІНІҢ РЕОЛОГИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Андатпа.

Бұл жұмыстың мақсаты ену әдісімен түйе етінің бұлшықет тінінің реологиялық сипаттамаларын өлшеудің ұтымды параметрлерін анықтау болып табылады.

Бұл тапсырманы орындау үшін геометриялық зерттеулер жүргізу қажет етілді. Эксперимент ППМ-4 маркалы шағын өлшемді портативті пенетрометр, көмегімен жүргізілді.

Конустық индентордың ұтымды бұрышын таңдау мақсатында барлық бұлшық ет шикізатының реологиялық сипаттамаларын өлшеу үшін зерттеулер түйе ұшаларында жұптасқан күйде (бордақылаудан кейін 1 сағаттан соң) және бордақылаудан соң қатаю – автолиз жағдайында (48 сағаттан соң) беріктік қасиеттеріндегі айтарлықтай айырмашылықты байқауға болатын уақытта зерттеулер жүргізілді.

Сонымен қатар, беріктік қасиеттері ет шикізатының құрылымына, яғни талшықтардың орналасуына байланысты.

Сондықтан эксперименттік зерттеулер талшықтар бойымен және талшықтарға көлденен жүргізіледі.

Еттің бұлшықет тініне көлденең қимада бағытталған талшықтар бойымен және бойлық қимада талшықтар арқылы конустық индикаторды енгізумен.

Соңғы жағдайда еттің беріктігі талшықтар бойымен өлшеу жүргізілген етпен салыстырғанда әлдеқайда көп болып табылады.

Алынған эксперименттік деректерді талдай отырып, жоғарыда 10° - тан 30° - қа дейінгі бұрыштардың белгілі бір диапазонында конустық индикаторларды қолданған кезде, батыру тереңдігінің ең үлкен мәні 10° - тен болып шығады.

Таңдалған конус тәжірибелік мәліметтердің минималды таралуын қамтамасыз етеді, бұл оны ұтымды деп санауға және тұтас бұлшықет пен қайта құрылымдалған ет өнімдерінің реологиялық сипаттамаларын зерттеу үшін пайдалануға мүмкіндік береді. Тұтас бұлшықет пен қайта құрылымдалған шикізатты өлшеу үшін қарсылықтың ұтымды күші 0,5 кг құрайды. Ең аз өлшеу қателігіне тұрақталу үшін ену процесі бойлық орналасқан бұлшықетте жүзеге асырылуы керек.

Сондықтан еттің реологиялық қасиеттерін пенетрация әдісімен бағалау үшін конустық индикаторлары бар динамикалық пенетрометрлерді қолдану тиімді.

Өлшемдер таңдалған жағдайларда жүргізілуі керек.

Кілт сөздер: түйе еті, реология, құрылымдық-механикалық қасиеттері, өлімнен кейінгі катаю, автолиз, пенетрометр, конустық индентор, тұтас бұлшықет және қайта құрылымдалған өнімдер.

Sh.S. Kenenbai¹, L.A. Kaimbayeva^{2}, A. Zhandar², Y. Kadyrbekuly², B. Batyrbekuly²*

¹Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

²Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan

*shinar0369@mail.ru**

INVESTIGATION OF RHEOLOGICAL PARAMETERS OF CAMEL MEAT

Abstract.

The persistence of this work was to determine the rational parameters for measuring the rheological characteristics of the muscular tissue of the camel meat by the penetrating method. To perform this task, it is required to allow geometric studies.

The experiment was performed on small-sized portable penetrometer which model is PPM-4.

In order to select a rational angle of the conical indenter for measuring the rheological characteristics of all muscle raw materials, research was undertaken on camel carcasses in a pair state (1 hour after slaughter) and in a condition of rigor mortis - autolysis (after 48 hours), when a significant difference in strength properties can be observed.

In addition, the strength properties depend on the structure of the raw meat, accurately say, it rests on the helical model. Therefore, pilot studies are conducted both along and across the fibers. With the introduction of a conical indenter into the muscle tissue of meat along the fibers, which are directed in the cross section, and across the fibers - in the longitudinal section. In the latter case, the strength of the meat is much extent than that of meat in which measurements were taken along the grain. Analyzing the received experimental data, the pilot showed that when using conical indenters in a given range of angles at the top from 10° to 30°, the greatest value of the immersion depth was obtained with a cone with 10°. The selected cone provides a minimum scatter of experimental data, which allows it to be considered rational and used to study the rheological characteristics of whole muscle and restructured meat products.

To take measurements of whole muscle and restructured raw materials, the rational resistance force is 0.5 kg. The penetration process should be implemented in the longitudinally located muscle in order to ensure the minimum measurement error. Accordingly, it is effective to use dynamic penetrometers with conical indenters to evaluate the rheological properties of meat by the penetration method. Measurements should be carried out under the selected conditions to receive the maximum effective data.

Key words: camel meat, rheology, structural and mechanical properties, rigor mortis, autolysis, penetrometer, conical indenter, whole muscle and restructured products.