

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ
МЯСА ПРИ ХОЛОДИЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ И ХРАНЕНИИ

Н.А. Головкин, С.А. Евелев
Ленинградский технологический институт холодильной промышленности,
Ленинград, ССР

Для проведения работы по совершенствованию режимов холодильного консервирования мяса необходимы приборы для объективной оценки его состояния. По мнению многих специалистов [1, 2, 3], важными показателями качества мяса являются его структурно-механические (реологические) свойства. В научно-исследовательской практике нашли применение различного типа приборы — компрессометры, приборы со срезывающими, прокалывающими и разрезающими устройствами и другие [1]. Многие из разработанных различными авторами приборов позволяют довольно эффективно изучать изменения мяса в зависимости от условий технологической обработки, но сложны по конструкции или отличаются недостаточным уровнем автоматизации. Это сдерживает их широкое использование. Так, в США был проведен опрос фирм, занимающихся производством пищевых продуктов, с целью получения информации об использовании ими инструментальных методов и приборов для оценки состояния продуктов по их структурно-механическим свойствам [4]. Оказалось, что из числа ответивших на анкету, применяют приборы 52% организаций. Причем, если в молочной, хлебопекарной, кондитерской, масложировой, консервной промышленностях приборы применяют соответственно 42%, 56%, 73%, 78%, 79% предприятий, то в мясной промышленности — только 36%. Необходимо проведение дальнейших работ по совершенствованию инструментальных средств анализа и их внедрение на производстве. Исходя из анализа литературных данных [1, 2, 3] и на основе результатов экспериментальной работы изготовлены приборы — портативный консистометр, полуавтоматический консистометр и прибор для определения комплекса структурно-механических свойств мяса [5].

Портативный консистометр представляет собой счетчиковый пенетрометр (рис. 1). Он состоит из основания, стойки, кронштейнов, столика, микрометрического устройства, индикатора деформации, индентора, площадки для груза, затвора. Подъемный столик совмещен с микрометрическим устройством, шуп индикатора одновременно является нагрузочным штоком, в конструкцию прибора введен затвор для обеспечения условно мгновенного нагружения образца. Работа на приборе осуществляется следующим образом. Из мяса с помощью цилиндрического пробника вырезается образец диаметром 0,04 м и высотой 0,01 м и помещается на столик. С помощью микрометрического устройства образец поднимается до касания с индентором (вместо него может быть поставлена пластина). При этом со шкалы микрометрического устройства считывается значение высоты образца. Затем на площадку для груза ставится гирька массой 0,2–0,5 кг (в зависимости от вида мясопродукта) и спускается затвор. После установления равновесной деформации со шкалы индикатора считывается значение абсолютной деформации. Определение реологических характеристик осуществляется по известным зависимостям [3]. Оценка консистенции мяса с помощью данного прибора занимает незначительное время — минуты, однако, и этот период может быть недостаточно коротким для экспресс-анализа качества. Для ускорения анализа был изготовлен полуавтоматический консистометр качества (рис. 2). Он состоит из двух блоков — электронного и электромеханического. Оценка консистенции мяса с помощью прибора осуществляется по анализу динамики апериодического сжатия (прокалывания) образца. В качестве параметра, характеризующего консистенцию выбрано время в течение которого осуществляется нормированная деформация образца под действием постоянной условно мгновенной нагрузки. Подготовка пробы и испытание образца аналогично методике по применению портативного консистометра. Интервал времени с момента нагружения образца до момента осуществления нормированной деформации измеряется и фиксируется автоматически с помощью электронной схемы и блока цифровой индикации. Для получения более полной информации о реологических свойствах пищевых продуктов животного происхождения может быть использован прибор (рис. 3), с помощью которого можно определить модули упругости, эластичности, упруго-эластичности, равновесной упругости, а также вязкость и период релаксации. Прибор состоит из испытательного стенда, блока питания, импульсных электромагнитных механизмов, усилителя, программатуры, функционального преобразователя.

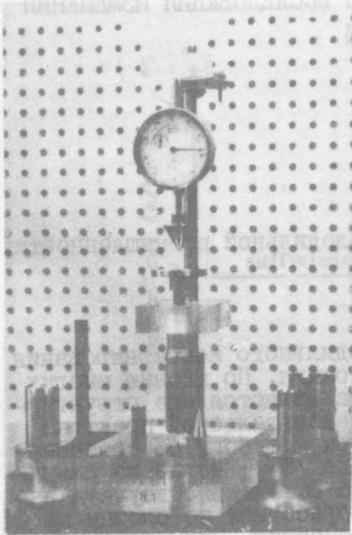


Fig. 1. Appearance of portable consistometer

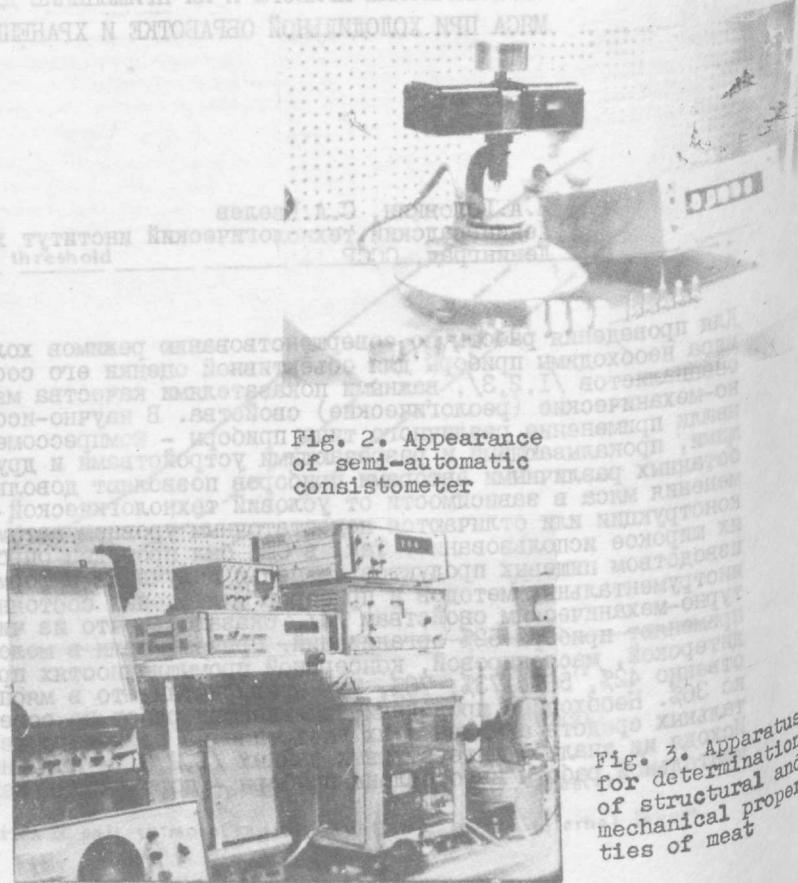


Fig. 2. Appearance of semi-automatic consistometer

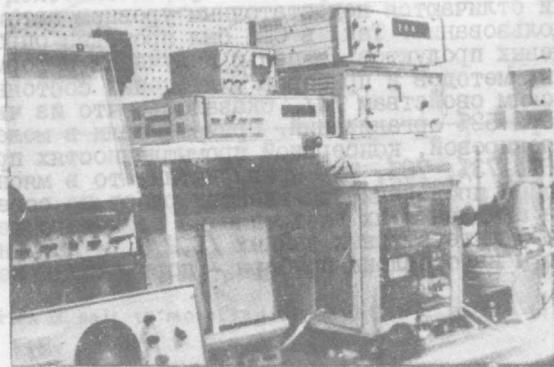


Fig. 3. Apparatus for determination of structural and mechanical properties of meat

Приборы в течение ряда лет использовались для исследования изменений мяса при холодильном консервировании с применением дополнительных средств воздействия и без них.

На рис. 4,5,6 (кривые I-I4) представлены зависимости модуля упругости E и коэффициента вязкости ζ мышечной ткани говядины от условий термической обработки и хранения мяса (I,2,3 - режимы хранения парного мяса при температурах соответственно 30, 20 и 15°C, предварительно охлажденного в воздухе при этих же температурах; 4 - режим подмораживания парного мяса при температуре воздуха $t = -20°C$ до температуры $t = -2 + -3°C$ с последующим хранением при $t = -2 + -3°C$; 5 - режим, предусматривающий воздействие на мясо электрического тока напряжением 150 В в течение 72 с с последующим подмораживанием и хранением при условиях идентичных режиму 4; 6 - режим соответствует режиму 5 с той разницей, что после стимуляции электрическим током мясо выдерживали при 13-15°C в течение 10-12 часов; 7 - режим охлаждения мяса при $t = -2°C$ до температуры на поверхности $L = 12°C$, затем выдерживание его в течение 15 ч при $t = 12°C$, вырезание из мышечных кусков толщиной 0,060 м, упаковка в термоусадочную пленку "повиден", вакуумирование до остаточного давления воздуха 6,6 кПа, термоусадка пленки при $t = 90 - 100°C$ в течение 3-5 с и упаковка в картонные коробки, охлаждение при $t = -20°C$ и скорости движения воздуха $V = 1,2 \text{ м/с}$ до температуры в центре $t = 4°C$, хранение при $t = -2°C$; 8 - режим отличается от режима 7 тем, что вакуумирования не проводили; 9 - режим отличается от режима 7 тем, что после упаковки в коробки мясо подмораживали при $t = -20°C$ и $V = 1,2 \text{ м/с}$ до $t = -18°C$ и толщиной подмороженного слоя $\delta = 0,010 \text{ м}$, а, затем хранили при $t = -2°C$; 10 - режим отличается от режима 9 тем, что вакуумирования проб не проводили; II,13 - режим охлаждения мяса при $t = -20°C$ и $V = 2 \text{ м/с}$ до $t = 4°C$, хранение при $t = 0°C$; 12,14 - охлаждение мяса при $t = -20°C$ и $V = 2 \text{ м/с}$ до $t = 12°C$, выдерживание при $t = 12°C$ в течение 18 ч и хранение при 0°C).

Динамика реологических характеристик мяса, при использовании рассмотренных режимов, различна. Применение высоких температур хранения приводит к быстрому прохождению механохимических процессов в мышечной ткани, причем, с увеличением температуры скорость процессов увеличивается (рис. 4, кривые I,2,3). При подмораживании процесс окоченения существенно замедляется (рис. 4, кривая 6). Использование перед подмораживанием электростимуляции (рис. 4, кривая 4) и электростимуляции с выдерживанием при положительной температуре (рис. 4, кривая 5) ускоряет наступление окоченения мяса. Степень увеличения значений E при окоченении зависит от условий технологической обработки и составляет для режимов

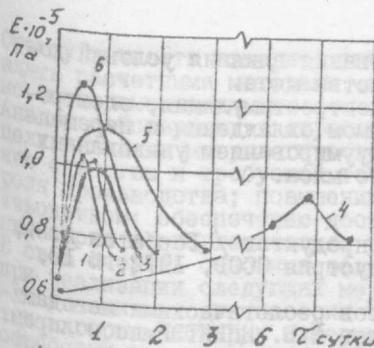


Fig. 4. The effects of electrostimulating, temperature and storage life on the changes of modulus of elasticity in muscular tissue: 1, 2, 3, 4, 5, 6 - the numbers of operating practices and storage condition.

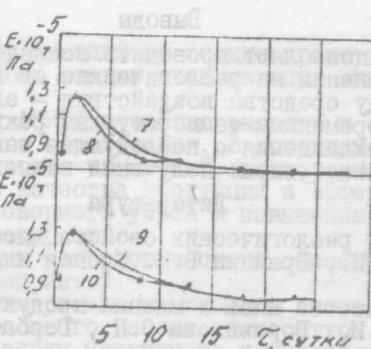


Fig. 5. The effects of overcooling, underfreezing, vacuum processing and storage life on the changes of modulus of elasticity in muscular tissue: 7, 8, 9, 10 - the numbers of operating practices and storage conditions.

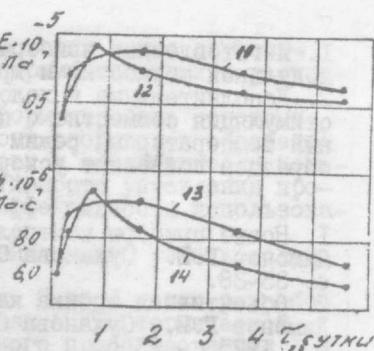


Fig. 6. The effects of quick cooling, variable temperature condition of cooling and storage life on the changes of modulus of elasticity (11, 12) and viscosity (13, 14) in muscular tissue.

I-125%, 2-83%, 3-81%, 4-46%, 5-84%, 6-100%. Последующее расслабление мышечной ткани приводит к уменьшению значений Е. Реологические характеристики позволяют выявить отличие в динамике прохождения механохимических процессов в переохлажденном и подмороженном мясе с применением вакуумирования упакованных образцов и без него. Использование переохлаждения ускоряет наступление окоченения мяса (рис. 5, кривые 7, 8) по сравнению с режимом подмораживания (рис. 5, кривые 9, 10). Использование вакуумирования образцов мяса, упакованных в термоусадочную пленку (рис. 5, кривые 8, 10), приводит к некоторому замедлению механохимических процессов. Особый интерес представляет применение реологических характеристик для исследования явления сокращения волокон мышечной ткани под действием холода (Х.С.), которое проявляется при быстром охлаждении парного мяса до температуры ниже 10°C (рис. 6). Использование режима быстрого охлаждения вызывает сравнительно быстрое увеличение значения Е (рис. 6, кривая II) и η (рис. 6, кривая I3) мяса. Применение переменного температурного режима с выдерживанием мышечной ткани при $t = 12^\circ\text{C}$ ускоряет прохождение механохимических процессов и предотвращает наступление Х.С. при последующем доохлаждении мяса (рис. 6, кривые I2, I4).

Биохимические исследования изменений мышечной ткани в зависимости от условий технологической обработки, проведенные параллельно с реологическими исследованиями, позволили выявить преимущества мяса, подмороженного с предварительной электростимуляцией, с электростимуляцией и охлаждением при переменном температурном режиме, а также с применением переменного температурного режима совместно с вакуумированием, по сравнению с мясом, подмороженным без использования дополнительных средств воздействия. Рассмотренные способы холодильной обработки и хранения мяса с использованием электростимуляции и вакуумирования были признаны изобретениями /6, 7/.

Исследования показали, что изменение характеристик мяса коррелирует с изменением обобщенного показателя его качества /8/. Это свидетельствует о полезности использования реологического метода исследования и приборов для его осуществления в научно-исследовательской практике.

Авторы работы выражают благодарность научным сотрудникам Р.П.Ивановой и Н.Н.Воробьевой за участие в испытании реологических приборов.

Выводы

1. Изготовленные приборы позволяют проводить исследования влияния условий ходильной обработки и хранения на реологические свойства мяса.
2. Дополнительные к холду средства воздействия - электростимуляция, электростимуляция совместно с переменным температурным режимом охлаждения и переменный температурный режим охлаждения с последующим вакуумированием упакованных образцов позволяют ускорить процесс получения нежного мяса.

Литература

1. Новые приборы контроля реологических свойств мясопродуктов / Горбатов А.В., Лимонов Г.Е., Суханова С.И., Брайнин Б.И. Мясная индустрия СССР, 1972, № 10, с. 35-38.
2. Объективная оценка качества мяса и мясных продуктов реологическими методами / Лимонов Г.Е., Суханова С.И., Боровикова О.П., Горбатов А.В. ЦНИИГЭИмясомолпром. М., 1975. - 25 с.
3. Горбатов А.В. Реология мясных и молочных продуктов. М., 1979. - 382 с.
- 4.
5. Евелев С.А. Приборы для исследования структурно-механических свойств мяса и рыбы. М., ЦНИИГЭИлегпищемаш, 1984, № 448. - 8 с.
6. А.с. № 776589 Способ производства мясных отрубов / Головкин Н.А., Иванова Р.П. - Опубликовано в Б.И. № 41, 1980. МКИ A23 В 4/06.
7. А.с. № 1026748 Способ производства подмороженного мяса / Головкин Н.А. Воробьева Н.Н., Евелев С.А. - Опубликовано в Б.И. № 25, 1983, МКИ A23 В 4/06.
8. Головкин Н.А., Евелев С.А., Воробьева Н.Н. Обобщенный показатель качества мяса. Известия вузов. Пищевая технология. 1984, № 3, с. 42-44.