

F - 9

ЕВРОПЕЙСКИЙ КОНГРЕСС РАБОТНИКОВ  
И И МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

th EUROPEAN CONGRESS 448  
OF MEAT RESEARCH INSTITUTES

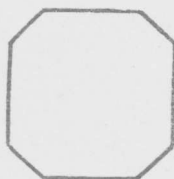
ter EUROPÄISCHER KONGREß  
DER FLEISCHFORSCHUNGSINSTITUTE

eme CONGRES EUROPEEN  
DES INSTITUTS DE RECHERCHES  
SUR LES VIANDES

А.В. Горбатов

ПРИБОРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ  
МЯСОПРОДУКТОВ НА ПОВЕРХНОСТИ

Н



МОСКВА 1964г.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ  
МЯСОПРОДУКТОВ НА ПОВЕРХНОСТИ

449

А.В. Горбатов

А Н Н О Т А Ц И Я

Физико-механические свойства пластично-вязких продуктов можно разделить на две группы: внутренние и внешние. К первым относятся сдвиговые (вязкость, предел текучести, модули упругости на сдвиг, период релаксации и проч.), объемные и проявляющиеся при одноосном растяжении или сжатии (пределы текучести и прочности, модули упругости, сжимаемость и коэффициент объемного сжатия). Эти свойства известны и продолжают изучаться: приборы, их теория и методика исследования обоснованы достаточно хорошо. Ко второй группе относятся поверхностные свойства, из которых важнейшие липкость и коэффициент внешнего трения. Эти свойства изучены недостаточно; данные отдельных исследователей не сопоставляются между собой; недостаточно разработаны приборы, их теория и методика исследования. Настоящая работа ставит своей целью дать обоснование приборов и методики для изучения этих свойств как функции многих переменных.

Липкость представляет собой усилие ( $P_0$ ) нормально-го отрыва твердой поверхности от продукта на единицу площади ( $F$ ):

$$P_0 = \frac{P_0}{F}, \quad (1)$$

коэффициент внешнего трения ( $\mu$ ) входит в двучленное уравнение трения Б.В. Дерягина:

$$T = \mu (P_k + \rho_0 F), \quad (2)$$

где  $T$  - сила трения,  $P_k$  - нормальное усилие прижатия продукта к поверхности трения,  $F$  - геометрическая площадь поверхности контакта.

Липкость и внешнее трение имеют молекулярную природу и объясняются возникновением молекулярных сил взаимодействия между продуктом и поверхностью. Действительная площадь контакта зависит от степени заполнения продуктом микрошероховатостей материала и может быть больше или меньше геометрической. При относительном сдвиге с постоянной скоростью количество разрушенных и восстановленных связей находится в динамическом равновесии.

Основные требования, которые необходимо предъявить к приборам, заключаются в следующем.

Показания должны быть первичными и выражаться в абсолютной системе единиц. Продолжительность и усилие предварительного контакта продукта с твердой поверхностью должны меняться. Площадь пластин и материал, из которого они изготовлены, влияют на численные значения свойств. Толщина слоя продукта между пластинами предопределяет характер отрыва (адгезионный, когезионный) или движения по поверхности. Длительность и кинетика приложения отрывающего или сдвигающего усилия влияет на очередность разрыва молекулярных контактов и следовательно на возникающие усилия.

Приборы, показанные на схемах, реализуют все эти требования, воспроизводимость их показаний удовлетворительная, если технологические характеристики продукта остаются постоянными.

APPARATUS FOR DETERMINING MEAT PRODUCTS QUALITIES  
ON THEIR SURFACE

Gorbatov A.V.

S U M M A R Y

450

Physical-mechanical properties of plastic-viscous products may be divided into two groups: internal and external. The first group includes shearing properties (viscosity, yield point, modulus of shear, relaxation time, etc.), volumetric properties and those revealing at uniaxial stretching or compressing (ultimate strength, yield point, modulus of elasticity and shear, compressibility and the coefficient of volumetric compression). These properties are known and are being studied: apparatus, a theory and methods of investigations are rather well substantiated. The second group involves surface properties of which most important are adhesion and the coefficient of external friction. These properties are studied insufficiently; the data of research workers do not coincide; apparatus, a theory and methods of their investigation are unsatisfactorily worked out. The present paper is aimed at substantiating the apparatus and methods of research into these properties as functions of many variables.

Adhesion is a force ( $P_0$ ) of a normal tearing of a solid surface from a product per unit of this surface ( $F$ ):

$$P_0 = \frac{P_0}{F} \quad (1)$$

The coefficient of external friction  $\mu$  is included into S.V. Deryagin's friction binomial equation

$$T = \mu (P_K + P_0 F), \quad (2)$$

where  $T$  is friction force,  $P_K$  is a normal force of pressing a product to the friction surface,  $F$  is a geometrical area of the contact.

Adhesion and external friction are of a molecular nature and are explained by the occurrence of molecular forces of

interactions between the product and the surface. The contact actual area depends on the product filling up of the surface microlugs and may be bigger or less as compared to the geometrical area. At a relative shear with a constant speed the number of broken and recovered links will be in dynamical equilibrium.

The main requirements, to be laid to the apparatus, are as follows.

The readings should be primary and expressed in the absolute system of units. The time and force of the preliminary contact of product with a solid surface should vary. The plates area and material effect the numerical values of properties. A product layer thickness between the plates predetermines the character of the tearing-off (adhesive, cohesive) or of the travel over the surface. The time and kinetics of applying a tearing or shearing force effect the sequence of molecular contacts breaking and, therefore, the efforts occurred.

The apparatus, shown in the schemes, satisfy all these requirements, the reproducibility of their readings is satisfactory if the product technological characteristics remain constant.

risk  
inne:  
Vers  
Elast  
usw.  
ger A  
und I  
Kompr  
den  
-meth  
gehör  
Adhäs  
scharf  
Autor  
suchu  
erbei  
von G  
diese  
reiBe  
(F) e  
Glie  
wobei

451

GERÄTE ZUR BESTIMMUNG VON FLEISCHWARENEIGENSCHAFTEN  
AUF DEREN OBERFLÄCHE

A.W.Gorbatow

Z U S A M M E N F A S S U N G

Die physikal-mechanischen Eigenschaften von plastisch-riskosen Produkten können in zwei Gruppen eingeteilt werden: innere und äußere Eigenschaften. Zu der ersten Gruppe gehören Verschiebungseigenschaften (Viskosität, Flüssigkeitsgrenze, Elastizitätsmodul bei der Verschiebung, Relaxationsperiode usw.), Volumeneigenschaften und diejenigen, die bei einachsiger Ausdehnung oder Kompression auftreten (Flüssigkeitsgrenze und Dauerfestigkeit, Elastizitätsmodule, Kompressibilität und Kompressionsmodul). Diese Eigenschaften sind bekannt und werden weiter untersucht: Geräte, Untersuchungstheorie und -methodik sind ganz gut begründet. Zu der zweiten Gruppe gehören die äußeren Eigenschaften, die wichtigsten sind dabei Adhäsion und Koeffizient der äußeren Reibung. Diese Eigenschaften sind wenig untersucht; die Angaben von verschiedenen Autoren werden miteinander nicht verglichen; Geräte, Untersuchungstheorie und -methodik sind noch unvollständig ausgearbeitet. Die vorliegende Arbeit bezweckt die Entwicklung von Geräten und die Ausarbeitung der Methodik zur Untersuchung dieser Eigenschaften als Funktion von vielen Variablen.

Die Adhäsion stellt die Kraft ( $P_0$ ) dar, die für das Abreißen der festen Oberfläche vom Produkt je Flächeneinheit ( $F$ ) erforderlich ist:

$$P_0 = \frac{P_0}{F} \quad (1)$$

Der Koeffizient der äußeren Reibung ( $\mu$ ) ist in zweigliedrige Reibungsgleichung von B.W.Derjagin eingeführt:

$$T = \mu(P_k + P_0F) \quad (2),$$

wobei  $T$  - Reibungskraft;

$P_k$  - normale Kraft für das Drücken des Produktes an die Reibungs-  
oberfläche;  
und  $F$  - geometrische Kontaktfläche bedeuten.

Die Adhäsion und die äußere Reibung haben einen molekularen Ursprung und sind auf das Entstehen von wechselwirkenden Molekularkräften zwischen dem Produkt und der Oberfläche zurückzuführen. Die wirkliche Kontaktfläche hängt von dem Grad des Auffüllens von Mikrowarzen im Material mit dem Produkt und kann mehr oder weniger geometrisch sein. Bei einer relativen Verschiebung mit konstanter Geschwindigkeit befinden sich zerstörte und wiederhergestellte Bindungen im dynamischen Gleichgewicht.

Die wichtigsten Forderungen, die an die Geräte zu stellen sind, bestehen im folgenden:

Die Angaben sollen primär sein und durch das absolute Einheitensystem ausgedrückt werden. Die Dauer und die Kraft des vorläufigen Kontaktes zwischen dem Produkt und der festen Oberfläche sollen sich immer ändern. Die Fläche der Platten und das Material, aus dem sie hergestellt sind, beeinflussen die Zahlenwerte dieser Eigenschaften. Die Dicke der Produktschicht zwischen den Platten bestimmt die Abreiß- (Adhäsion, Kohäsion) oder Bewegungsart auf der Oberfläche. Die Dauer und die Kinetik des Anlegens der Abreiß- oder Verschiebungskraft beeinflussen die Reihenfolge der Zerstörung von Molekularkontakten und somit auch die entstehenden Kräfte.

Die auf den Zeichnungen dargestellten Geräte entsprechen all diesen Forderungen, die Reproduzierbarkeit deren Angaben ist befriedigend, wenn technologische Beschaffenheiten des Produktes konstant bleiben.

APPAREILS POUR LA DETERMINATION DES PROPRIETES  
SUR LA SURFACE DES PRODUITS CARNES

A.V.Gorbatov

S O M M A I R E

Les propriétés physiques et chimiques des produits plastiques et visqueux peuvent être divisées en deux groupes: intérieurs et extérieurs. Le premier groupe est composé par les propriétés de déplacement (viscosité, limite de fluidité, coefficient d'élasticité transversale, période de relaxation etc.) et par propriétés de volume et celles de distention uniaxe ou compression (limites de fluidité et de rupture, coefficients d'élasticité, compressibilité et coefficient de compression à volume). Ces propriétés sont connues et on les étudie toujours: les appareils, la théorie et les méthodes d'examen sont assez bien argumentés. Le deuxième groupe est composé par les propriétés de surface y compris les plus importantes l'adhésion et le coefficient de frottement extérieur, qui ne sont pas assez bien étudiés, les données des plusieurs investigateur ne sont pas comparées. Ce travail a pour but l'argumentation des appareils et des procédés pour l'examen de ces caractéristiques comme la fonction de maintes variables.

L'adhésion c'est l'effort ( $P_0$ ) de rupture normale de la surface solide du produit sur l'unité de la surface ( $F$ )

$$p = \frac{P_0}{F} \quad (1)$$

Le coefficient de frottement extérieur ( $\mu$ ) entre dans l'équation binôme de frottement par B.V.Derjaguine

$$T = \mu(P_k + p_0 F) \quad (2)$$

- où  $T$  - c'est l'effort de frottement,  
 $P_k$  - l'effort normal de pression du produit sur la surface de frottement,  
 $F$  - la surface géométrique du contact.



L'adhésion et le frottement extérieur ont la nature moléculaire, et peuvent être expliqués par la naissance des forces moléculaires de l'action mutuelle entre le produit et la surface. La surface réelle du contact dépend de la degré du remplissage de la microrugosité du matériel par le produit, elle peut être plus grande ou plus petite que la surface géométrique. Lors du déplacement relatif avec la vitesse constante la quantité des liaisons détruites et réduites se trouve dans l'équilibre dynamique.

L'exigence principale pour les appareils est la suivante. Les indices doivent être primaires et exprimés en système absolu d'unités. La durée et l'effort du contact préliminaire entre le produit et la surface solide varient. La surface des plaques et le matériel dont elles sont construites influencent les propriétés quantitatives. L'épaisseur de couche du produit entre les plaques détermine la rupture (adhésive, cohésive) ou le mouvement sur la surface.

La durée et la cinétique de l'effort détaché ou déplacé influence l'ordre de la rupture des contacts moléculaires et par conséquent les efforts nés.

Les appareils sur les schémas réalisent toutes exigences; la reproductibilité des indices est satisfaisante, si les caractéristiques technologiques du produit restent constantes.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ  
МЯСОПРОДУКТОВ НА ПОВЕРХНОСТИ

453

А.В. Горбатов

Мясной фарш, как и другие пластично-вязкие продукты, характеризуется комплексом структурно-механических свойств, к которым относятся внутренние (вязкость, предельное напряжение сдвига, модуль упругости, сжимаемость и др.) и внешние (липкость, коэффициент внешнего трения). Последние проявляются во взаимодействии поверхности продукта с твердым телом и имеют существенное значение при расчете желобов и спусков, дозаторов, транспортеров и проч. Наряду со сдвиговыми свойствами, липкость может характеризовать состав и степень механической обработки продукта.

Липкость представляет собой усилие нормального отрыва твердой поверхности от продукта на единицу этой поверхности:

$$\rho_0 = \frac{P_0}{F} \quad \text{Н/м}^2, \quad (1)$$

Отрыв должен происходить на границе контакта, т.е. быть адгезионным. Когезионный разрыв (по фаршу) чаще наблюдается у тонкоизмельченных фаршей. Тщательное изучение его позволяет определить количество "прилипшего" продукта на рабочей поверхности мешалок, куттеров, различных бункеров для фарша и т.д.

Коэффициент внешнего трения ( $\mu$ ) определяется в соответствии с двучленным законом трения Б.В. Дерягина /1/:

$$T = \mu (P_k + \rho_0 F), \quad (2)$$

где  $T$  - общая сила трения,

$R_k$  - усилие контакта, прикладываемое перпендикулярно поверхности.

Закон трения (2) можно привести к уравнению сдвиговой прочности, если разделить каждый член на:

$$\tau = \mu(\rho_k + \rho_0) = \mu \rho_k + \tau_0, \quad (3)$$

где  $\tau_0 = \mu \rho_0$  - сдвиговая прочность на поверхности скольжения при отсутствии давления,

$\tau$  - напряжение сдвига на поверхности скольжения.

Уравнение (3) можно применить к чисто поверхностному трению и к трению при "намазывании" продукта на твердую поверхность. В этом случае все члены будут относиться, как указано, к поверхности скольжения, независимо лежит ли она на границе раздела или внутри продукта.

Липкость и внешнее трение проявляются в результате молекулярных взаимодействий между продуктом и твердой поверхностью /1/. Поэтому площадь действительного контакта будет отличаться от геометрической. Однако проще учесть последнюю и влияние на липкость и трение различных факторов.

Внутренние свойства мясопродуктов в последние годы непрерывно изучаются /2,3/; исследовательских работ по липкости и коэффициенту трения недостаточно /2/, они не отвечают на вопросы промышленности. Это и неудивительно, так как на  $\rho_0$  и  $\mu$  только при измерениях влияет много параметров: длительность и усилие предварительного контакта, материал пластины и ее размеры, толщина слоя фарша, скорость отрыва (сдвига) или длительность приложения отрывающего усилия /2/.

В связи с этим к приборам необходимо предъявить определенные требования.

1. Показания приборов должны быть первичными, т.е. не требовать предварительной тарировки на каком-либо эталонном материале, и выражаться в абсолютной системе единиц. Работа приборов должна основываться на теоретических положениях.

2. Перед измерением фарш прижимается к пластине для установления контакта. Чем больше усилие и время контакта, тем лучше фарш заполняет микровыступы поверхности. В пределе фарш контактирует со всей поверхностью, площадь которой может быть больше геометрической; дальнейшее увеличение усилия и времени не сказываются (если не учитывать "старение" или самопроизвольное упрочнение). Чем больше вязкость  $\eta_0$  и предельное напряжение сдвига  $\theta / 2$ , тем медленнее достигается заполнение микровыступов и инвариантность показаний приборов. Таким образом, усилие и длительность предварительного контакта должны меняться в широком диапазоне.

3. Размеры пластин влияют в том смысле, что эпюры деформаций при предварительном контакте и разрыве для пластин различной площади могут быть неодинаковы, особенно при нарушении цельности слоя фарша. Приборы должны допускать установку пластин разного размера.

4. Различный материал пластин и степень его обработки влияют на прочность молекулярных контактов. Б.В. Дерягин /1/, в отличие от Ф.П. Боудена и Д.Тейбора /4/, считает что одно механическое зацепление без молекулярных контактов не способно создавать трение и липкость. Когезионный разрыв при определении липкости и "намазывание" продукта при исследовании коэффициента трения, по-видимому, можно устранить, переходя к измерениям при очень тонком слое продукта. Этот слой можно отождествить со смазкой, а данные измерений интерпретировать как липкость и коэффициент внешнего трения. Таким образом приборы должны позволять легко заменять материал пластин.

5. Длительность и кинетика приложения отрывающего усилия различно влияют на распределение деформаций и

усилий внутри фарша. Так, В.П. Воловинская /5/ показала, что липкость мгновенного отрыва в среднем в 2,5 раза больше липкости постепенного отрыва. Скорость тангенциального смещения продукта по поверхности влияет на коэффициент трения, который в статическом состоянии больше, чем в динамическом. В самом деле, чтобы сдвинуть продукт нужно разрушить молекулярные связи. При дальнейшем движении с постоянной скоростью количество разрушенных и восстановленных связей будет находиться в динамическом равновесии, поэтому здесь на разрыв связей расходуется меньше энергии, чем в начальный момент. Таким образом, приборы должны допускать варьирование скорости отрыва или сдвига в широком диапазоне.

Для определения липкости получили распространение приборы двух типов /5/. В первом реализуется мгновенный отрыв пластины /6/, когда плечо рычага с грузом освобождается от арретира. Во втором - постепенный, когда в подвешенное к нижней пластине ведро с постоянной скоростью наливается вода. Оба прибора не дают возможности реализовать всех перечисленных требований.

Для определения коэффициента трения фарша использовалась наклонная поверхность, что дает очень приблизительные показания. Известны также приборы: а) с подвижным укреплением образца к чувствительному элементу и смещением площадки /1/, б) с аналогичным укреплением образца на вращающемся диске /4/.

Разработанный и построенный прибор позволяет учесть влияние всех параметров на липкость. Он состоит из универсального привода (рис.1) и сменного устройства для передачи усилия на отрываемую пластину (рис.2).

Привод состоит из плиты-основания и несущей стенки (1), электродвигателя (2) мощностью 20 Вт и числом оборотов 1390 в минуту и редуктора (3). На выходном валу (4) редуктора свободно помещается ступенчатый шкив (5) для изменения скорости нити (6), которая передает усилие на отрываемую площадку. Когда нить (6) одевается на шкив с большим

455  
диаметром, площадка (7) может перемещаться вдоль основной панели (8). По панели (8) перемещается лента, которая сматывается с рулона (9). Протягивает ленту резиновый валик (10), приводимый во вращение через коническую пару шестерен (11) и цилиндрические шестерни, расположенные сзади стенки (1). Усилие отрыва определяется по деформации сменной пружины (12). Деформация при помощи стрелок (13) записывается на ленте. Левые неподвижные концы стрелок закреплены на планке, которая свободно перемещается по пазу (14). Перемещение пружины со стрелками компенсирует возможное растяжение нити, а усилие отрыва измеряется по разности между кривыми от верхней и нижней стрелок. Скорость нити (6) может меняться от 1,6 до 20 мм/сек. Пружина подбирается по отрывающему усилию, и ее максимальная деформация не превышает 10-12 мм, что при соотношении плеч стрелки 6:1 дает ординату высотой 60-70 мм. Для записи кривой взяты наконечники от медицинских шприцев. Существенно упростить привод можно, если воспользоваться тензометрической балкой с записью показаний на осциллографе. В этом случае удобнее помещать балку над отрываемой пластиной, тогда исчезнет необходимость учитывать растяжение нити и потери на трение в блоках. Тарируется прибор подвешиванием различных грузов.

На рис.2 (а и б) схематически показаны два варианта устройства для передачи усилия к отрываемой пластине. Они состоят из подвижной и неподвижной пластин с материалом (1) и штока (2), который перемещается в вертикальных направляющих (3). Толщина продукта между пластинами измеряется индикатором часового типа (4). Отличаются устройства тем, что в одном случае усилие на шток передается нитью (6) через блоки (5), а в другом - нитью (6) через коромысло лабораторных весов (5). В изготовленном приборе в качестве подвижной части (позиции 2,3,4) использован конический пластометр КП-3 системы проф. М.П. Воляровича.

Подготовку образца к опыту можно осуществлять на устройстве, показанном на рис.2; оно позволяет реализо-

вать все необходимые требования. Однако это вызывает удлинение опыта из-за включения в него подготовительных операций. Поэтому был изготовлен вспомогательный прибор, который позволяет варьировать: усилие и длительность контакта, толщину слоя фарша, материал и размер пластин. Схематичное изображение прибора показано на рис.3, Он состоит из П-образной станины (1) с двумя перекладинами (2). На нижней перекладине на трех пружинах (3) лежит установочная шайба (4) с исследуемой пластиной. Перемещение шайбы (4) измеряется индикатором (5) и по тарировочным графикам переводится в усилия. Фарш (6) сдавливается другой пластиной (7), ее перемещения регистрируются индикатором (8), который может устанавливаться на различную высоту. Разность показаний индикаторов позволяет судить о толщине слоя фарша и кинетике деформаций. Пластина (7) прижимается штоком (9), в который входит штифт пластины. Шток перемещается в обойме (10) вдоль шпонки от винта (11), приводимого во вращение электродвигателем (12), делающим 2 об/мин, мощностью 4 вт. При необходимости электродвигатель можно заменить на более скоростной.

Последний прибор можно использовать для самостоятельных исследований с целью определения коэффициента Пуассона модулей упругости и наибольшей вязкости практически неразрушенной структуры.

Для определения коэффициента внешнего трения разработаны и построены два прибора: для статического трения и трения при малых скоростях и для измерений при больших скоростях.

Первый прибор (рис.4) состоит из основания (плиты) (1), тележки (2) и приводов (8 и 9). Тележка имеет четыре колеса на шарикоподшипниках и место для установки сменной пластины (3) из различного материала. На пластине помещена каретка (4), соединенная тросом (5) с тензометрической балкой (6). Каретки изготовлены с полезной площадью 5; 10 и 20 см<sup>2</sup> и допускают установку различного контактирующего усилия. Для дополнительной регистрации тянущего усилия тележка

456

снабжена собственным датчиком (7) и при помощи нити перемещается со скоростью от 1,6 до 20 мм/сек от ступенчатого шкива (8). Шкив соединен с электродвигателем (20 вт, 1390 об/мин) через редуктор. Тянущая нить проходит через отверстие в стойке (10), чтобы обеспечить горизонтальное приложение усилия к тележке при использовании различных шкивов. Прибор обладает обратимостью: на тележку вместо пластины (3) можно положить слой фарша, а каретку (4) заменить пластиной из исследуемого материала. Кинематика перемещения тележки записывается на широкой ленте, протягиваемой вертикально от специального привода. Тензометрическая балка позволяет записать усилие сдвига на осциллограмме, однако для упрощения можно воспользоваться пружинным датчиком.

Схема устройства второго прибора показана на рис.5. Он состоит из вращающегося диска (1), каретки для фарша или мяса (2), нити (3), стрелки с пружиной (4), закрепленной неподвижно с одного конца и ленты (5) для записи деформаций пружины. Диск имеет диаметр 0,4 м, вращается с окружной скоростью в месте установки каретки от 0,2 до 1 м/сек от однофазного электродвигателя через редуктор. Число оборотов двигателя переменное, мощность 40 вт.

Все три прибора состоят из одинаковых основных деталей и подобны в работе. Это позволяет взаимно менять узлы, например тензометрическую балку вместо пружинного датчика, и, самое главное, осуществить преемственность в исследованиях. Последнее также важно, если учесть, что на липкость и трение влияют не только условия измерения (см. требования к приборам), но и состояние мяса и фарша, вид его механической и технологической обработки.

Приборы опробованы на мясе и фарше, а также на модельном материале - водной пасте бентонитовой глины /3/. Они показали работоспособность и удовлетворительную воспроизводимость результатов, соответствуют всем предъявляемым требованиям.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Дерягин Б.В. Что такое трение? Изд.АН СССР 1963.
2. Горбатов В.М., Федоров Н.Е., Горбатов А.В., Рогов И.А. Структурно-механические свойства некоторых продуктов мясной промышленности УШ Европейский конгресс работников НИИ мясной пром-сти, Москва, 1962.
3. Горбатов А.В., Федоров Н.Е., Рогов И.А. Моделирование некоторых процессов пищевой технологии. "Изв.вузов", "Пищ.технол.", 1, 1964, 149.  
Моделирование структурно-механических свойств мясных фаршей. Сб. "Новые физические методы обработки пищевых продуктов", ГИТЛ, УССР, Киев, 1963.
4. Боуден Ф.П., Тейбор Д. Трение и смазка, Машигиз, М., 1960.
5. Воловинская В. П., Кельман Б.А. Изучение основных физико-механических свойств мяса и мясных продуктов. Отчет № 3 (657), ВНИИМП, Главниипротект при Госплане СССР, М., 1959.
6. Николаев Б.А., Глухова Р.П. Прилипание мучного теста к поверхности твердого тела. "Коллоид. ж.", 23, 2, 1961, 180.

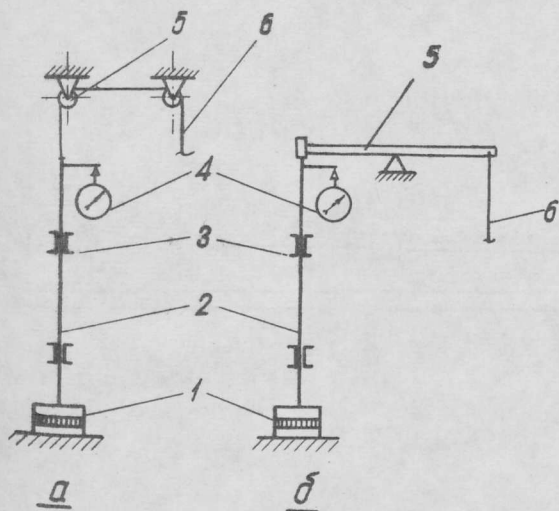
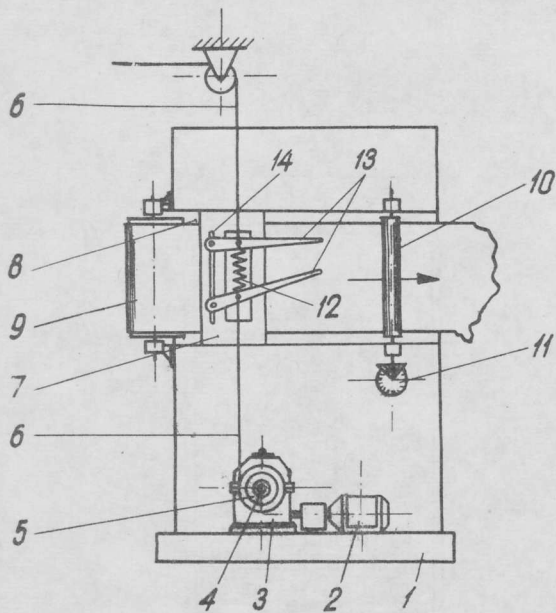


Рис. 2. Fig. 2.

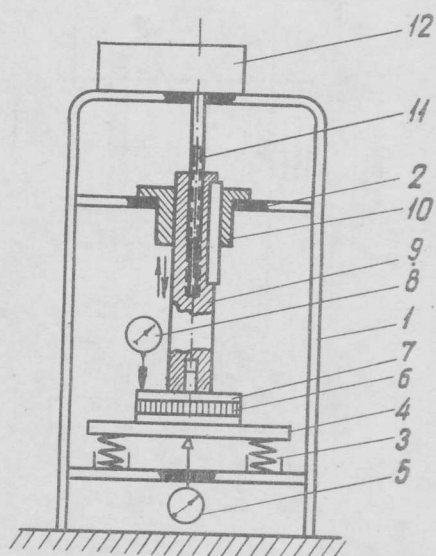


Рис. 3. Fig. 3.

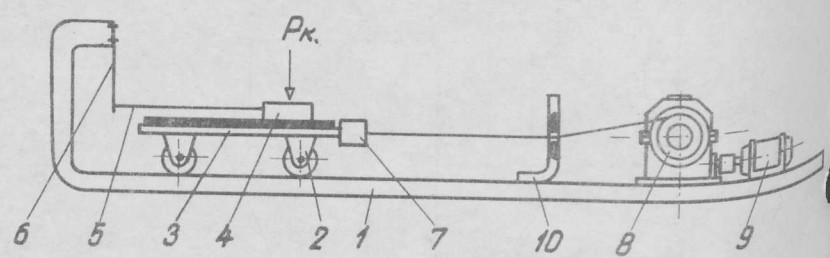


Рис. 4. Fig. 4.

258

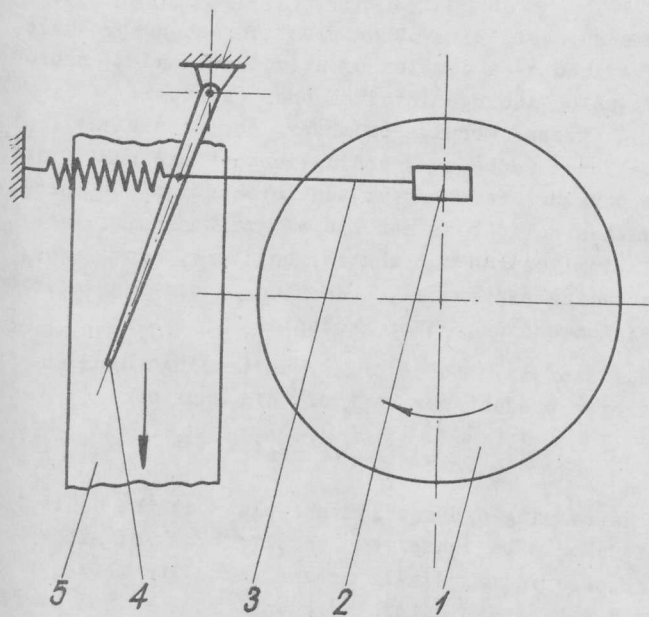


Рис. 5. Fig. 5.

APPARATUS FOR DETERMINING MEAT PRODUCTS QUALITIES  
ON THEIR SURFACE

Gorbatov A.V.

Minced meat, like other plastic-viscous products, is characterized by a complex of structural and mechanical properties which include internal ones (viscosity, shearing stress, modulus of shear, compressibility, etc.) and external ones (adhesion, coefficient of external friction). The latter are revealed in the interaction of product surface with a solid body and are of great significance while calculating troughs and chutes, batchers, conveyers, etc. Along with shearing properties, adhesion can characterize the composition and degree of mechanical treatment of a product.

Adhesion is a force of normal tearing of a solid surface from a product per unit of this surface:

$$P_0 = \frac{F_0}{F} \quad \text{n/m}^2 \quad (1)$$

The tearing-off should take place at the contact border, i.e. it should be adhesive. Cohesive break of minced meat is oftener observed in finely ground meat. Its thorough study allows a determination of the quantity of a product "adherent" to the working surface of mixers, cutters, various hoppers for minced meat, etc.

The coefficient of external friction ( $\mu$ ) is determined according to B.V.Deryagin's friction binomial law [1]:

$$T = \mu(P_k + P_0F), \quad (2)$$

where "T" is the total friction force, "P<sub>k</sub>" is a force of the contact applied normally to the surface.

The friction law (2) can be reduced to the equation of shearing strength if we divide each member by F:

$$\tau = \mu(P_k + P_0) = \mu P_k + \tau_0 \quad (3),$$

where  $\tau_0 = \mu P_0$  is a shearing strength on the slide surface

In the absence of pressure;  $\tau$  is shearing stress on the slide surface.

The equation (3) may be applied to purely surface friction and to that at product "spreading" on the solid surface. In this case, all the members will refer, as is indicated, to the slide surface irregardless of whether it is on the separation border or inside the product. 459

Adhesion and external friction manifest themselves as a result of molecular interactions of a product and a solid surface /1/. Therefore, the actual area of the contact will differ from the geometrical area. It is, however, simpler to take into account the latter and the influence of various factors on adhesion and friction.

The internal properties of meat products have been continuously studied for the recent years /2,3/; research work into adhesion and friction coefficient is insufficient /2/, it does not answer the questions of industry. It is no surprise, as  $p_0$  and  $\mu$  are influenced by many parameters at measuring: a period and force of the preliminary contact, plate material and its size, the mince layer thickness, the rate of shear or the period of applying a shearing force /2/.

In this connection, the apparatus should be laid certain claims.

1. The apparatus readings should be primary, i.e. one should not demand preliminary calibration on some standard material, and should be expressed in the absolute system of units. The apparatus should operate on the basis of theoretical propositions.

2. Prior to measuring, minced meat is pressed against the plate to provide a contact. The more the force and the period of contact, the better mince filling of surface microlugs. At maximum, minced meat contacts the whole area, which may be greater than the geometrical one; a further increase in force and time does not count (if we do not consider "ageing" or spontaneous strengthening). The greater the viscosity  $\eta$  and the ultimate shearing stress  $\theta$  /2/, the slower filling of microlugs and invariance of the apparatus

readings. Thus, the preliminary contact force and time should vary within a wide range.

3. Plates size is of importance from the point of view that strain epures at the preliminary contact and tearing-off may not be similar for plates of different areas, especially at disturbing the integrity of a mince layer. The apparatus should permit the establishing of plates of various size.

4. The plates material and a degree of its treatment exert an effect on the strength of molecular contacts. Deryagin B.V. /1/, unlike Bouden F.P. and Taybor D. /4/, thinks that mechanical engagement only, without molecular contacts, cannot bring about friction and adhesion. A cohesive tearing-off, when determining adhesion, and product "spreading", when studying the friction coefficient, can be, probably, eliminated by measuring with a very thin layer of the product. This layer may be identified with grease and the results of measurements be interpreted as adhesion and the coefficient of external friction. Thus, the apparatus should make it possible to easily replace plate material.

5. The time and kinetics of applying a tearing force affect the distribution of strains and forces inside minced meat differently. Thus, Volovinskaya V.P. /5/ showed that the adhesion of instantaneous tearing-off averaged 2.5 times as much as compared to the adhesion of gradual tearing-off. The rate of product tangential shearing over the surface influences the coefficient of friction which, in its static condition, is greater than in its dynamic condition. Really, to shear a product, one should break molecular links. At further shearing at a constant speed the number of broken and recovered links will be in dynamical equilibrium, therefore, less energy is spent here to break the links, than at the initial moment. Thus, apparatus should allow varying the rate of tearing-off or shearing within a wide range.

To determine adhesion, two kinds of apparatus are employed /5/. In the first an instantaneous plate tearing-off occurs /6/, when the lever arm with the load is released from the catch. In the second this tearing-off is gradual, when a

pail suspended to the lower plate is filled with water at a constant speed. Both kinds do not satisfy all the requirements enumerated.

To determine the coefficient of friction of minced meat, an inclined plane was used; it gave very approximate data. The following apparatus are also known: a) with movable fixing the sample to the sensitive cell and with stand shifting /1/; b) with similar fixing of the sample to the rotating disk /4/.

460

The apparatus designed and built allows to take into account the effect of all the parameters on adhesion. It consists of a universal drive (Figure 1) and a changeable device to transfer a force onto the plate to be torn (Figure 2).

The drive consists of a baseplate and a supporting wall (1), an electromotor (2) (20 wt, 1390 r.p.m.) and a reducer (3). On the extension of an outlet shaft (4) of the reducer a step pulley (5) freely moves to change the rate of a thread (6) which transfers a force onto the teared area. When the thread (6) is placed on a pulley of a big diameter, the area (7) can travel along the main panel (8). Along the panel (8) a tape moves which is reeled from a roll (9). The tape is drawn by a rubber roller (10), which rotates by a bevel pair of gears (11) and by spur gears placed behind the wall (1). A shearing force is determined by changeable spring (12) strain. The strain is recorded on the tape by means of pointers (13). The left stationary ends or the pointers are fixed on a strip which moves freely over a groove (14). The travelling of the spring with the pointers compensates a possible stretch of the thread, and a tearing-off force is measured by the difference between the curves from the upper and the lower pointers. The thread (6) rate may vary from 1.6 to 20 mm/sec. The spring is chosen by a tearing force and its critical strain does not exceed 10-12 mm which at the ratio of pointer arms 6:1 gives an ordinate 60-70 mm high. To record the curve, tips of medical syringes were taken. It is possible to considerably simplify the drive by using a tensometric bar and by recording the readings on the oscillograph. In this case, it is more convenient to move the bar over the plate



to be torn; then, the necessity of considering thread stretch and losses through friction in block is eliminated. The apparatus is calibrated by suspending different loads.

Figure 2 (a and b) shows schematically two variants of the device to transfer a force onto the teared plate. They consist of movable and stationary plates with material (1) and of a rod (2) which travels in vertical guides (3). The thickness of a product between the plates is measured by a dial indicator (4). The devices differ in the fact that in one of them a force is transferred to the rod through blocks (5) by a thread (6), and in the other - by a thread (6) through the beam of a laboratory balance (5). In the device built, as a movable part (positions 2,3,4) a tapered plasto-meter KИI-3 of Prof. Volarovitch's system is used.

A sample may be prepared for the experiment on the device shown in Fig. 2; it satisfies all the requirements. However, it makes the experiment longer due to preliminary operations necessary. There was, therefore, made an auxiliary device which allows varying a force and contact time, thickness of a mince layer, material and size of plates. The device is shown schematically in Figure 3. It consists of  $\Pi$  -frame (1) with two cross-beams (2). On the lower cross-beam a set washer (4) with the plate under study is placed on three springs (3). The washer (4) shift is determined by an indicator (5) and by calibration graphs it is converted to forces. Minceed meat (6) is pressed by another plate (7) the shifts of which are registered by an indicator (8), which can be mounted at any height. The difference of the two indicators readings allows judging of the mince layer thickness and strain kinetics. The plate (7) is pressed by a rod (9) into which a plate pin protrudes. The rod is moved in casing (10) along a key by a screw (11) driven by an electric motor (12) (2 r.p.m, 4 wt). If necessary, the electromotor may be replaced by a higher-speed one.

The latter device may be used for independent investigations to determine Poisson's coefficient of shear modules and the highest viscosity of a practically unbroken structure.

To determine the coefficient of external friction, two apparatus were designed and built: for static friction and low-velocity friction and for high-velocity friction.

The first apparatus (Figure 4) consists of a baseplate (1), a truck (2) and drives (8) and (9). The truck has four wheels with ball bearings and a place to mount a changeable plate (3) made of different materials. On the place there is a carriage (4) connected by means of a wire rope (5) with a tensometric bar (6). Carriages effective area is 5, 10 and 20 cm<sup>2</sup>, they allow various contact forces. For additional registration of a pulling effort the truck has a sender (7) and is driven with the speed of 1.6-20 mm/sec. by a step pulley (8) by means of a thread. The pulley is connected with an electric motor (20 wt, 1390 r.p.m) through a reducer. The pulling thread extends through a hole in a stand (10) to provide the horizontal applying of a force to the carriage when various pulleys are used. This apparatus is convertible: instead of the plate (3), onto the carriage may be placed a minced meat layer, and the carriage (4) may be replaced by a plate made of the material to be studied. The kinematics of the carriage travel is recorded on a wide tape which moves vertically from a special drive. The tensometric bar permits recording a shearing force on the oscillogram, but to simplify it, one may make use of a spring sender.

A scheme of the second apparatus is presented schematically in Figure 5. It consists of a rotating disk (1), a carriage for minced meat or meat (2), a thread (3), a pointer with a spring (4) fixed stationary at one end and a tape (5) to record spring strain. The disk is 0.4 m in diameter, it rotates with a peripheral speed (in the place where the carriage is installed) 0.2-1.0 m/sec from a single-phase electric motor through a reducer. The number of rotations of the motor is variable, its capacity is 40 wt.

All the three apparatus have the same main members and are similar in operation; this permits interchanging joints (e.g. to use a tensometric bar instead of a spring sender) and, what is most important, it allows success in research

work. The latter is of importance, if consider that adhesion and friction are effected not only by the measuring conditions (see requirements to the apparatus), but also by the condition of meat and mince, by the kind of their mechanical and technological treatment.

The apparatus are tested on meat and mince and on model material - water paste of bentonitic clay /3/. They revealed satisfactory working capacity and reproducibility of results and satisfy all the requirements.

## L i t e r a t u r e

1. Дерягин Б.В. Что такое трение? Изд.АН СССР, 1963.
2. Горбатов В.М., Федоров Н.Е., Горбатов А.В., Рогов И.А. Структурно-механические свойства некоторых продуктов мясной промышленности. УШ Европейский конгресс работников НИИ мясной пром-сти, Москва, 1962.
3. Горбатов А.В., Федоров Н.Е., Рогов И.А. Моделирование некоторых процессов пищевой технологии. "Изв.вузов", "Пищ.технол.", 1, 1964, 143. Моделирование структурно-механических свойств мясных фаршей. Сб. "Новые физические методы обработки пищевых продуктов", ГИТЛ, УССР, Киев, 1963.
4. Боуден Ф.П., Тейбор Д. Трение и смазка, Машигиз, М., 1960.
5. Воловинская В. П., Кельман Б.А. Изучение основных физико-механических свойств мяса и мясопродуктов. Отчет № 3 (657), ВНИИМП, Главниипроект при Госплане СССР, М., 1959.
6. Николаев Б.А., Глухова Р.П. Прилипание мучного теста к поверхности твердого тела. "Коллоидн. ж.", 23, 2, 1961, 180.

462