

6.2

The influence of pressure on the rheological properties of sausage meat having different water and fat contents

V.M.GORBATOV

The All-Union Meat Research Institute, Moscow, USSR

A.V.GORBATOV, V.D.KOSOY and Ya.I.VINOGRADOV

The Moscow Technological Institute of Meat & Dairy Industries, Moscow, USSR

A viscometer, developed and designed by the authors to study the rheological properties of sausage meat under the atmospheric and gauge pressures, served the basis to derive generalizing analytical relations in order to determine the critical shear stress, plastic and effective viscosities of sausage meat having different water and fat contents. These data are needed for calculations when designing and improving sausage equipment. Histological examinations helped reveal the mechanism of internal processes.

Einfluss von Druck auf die rheologischen Eigenschaften von Wurstbrätmassen bei deren unterschiedlichen Wasser- und Fettgehalt

V.M.GORBATOV

Das Allunions-Forschungsinstitut für Fleischwirtschaft, Moskau, UdSSR

A.V.GORBATOV, V.D.KOSOY und Ya.I.WINOGRADOW

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

Mit Hilfe des von uns ausgearbeiteten und entworfenen Viskosimeter für die Untersuchung der rheologischen Eigenschaften von Wurstbrätmassen unter Luft- und Überdruck wurden die verallgemeinerten analytischen Abhängigkeiten zur Bestimmung der Grenzschubspannung, der plastischen und effektiven Viskosität von Wurstbräten bei deren unterschiedlichen Wasser- und Fettgehalt sowie Druck ermittelt. Diese Angaben sind für die Berechnungen bei der Ausarbeitung und Vervollkommenung der Einrichtungen für Wurstproduktion notwendig. Die histologischen Untersuchungen ermöglichten es, den Mechanismus von inneren Vorgängen aufzudecken.

6.2

Effet de la pression sur les caractéristiques rhéologiques des pâtes de charcuterie aux différentes teneurs en eau et en graisse

V.M.GORBATOV

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

A.V.GORBATOV, V.D.KOSOJ et Ja.I.VINOGRADOV

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

A la base de notre viscosimètre, élaboré et construit pour étudier les caractéristiques rhéologiques des pâtes de charcuterie à pression atmosphérique et à surpression, on a obtenu les dépendances analytiques généralisées pour déterminer la contrainte limite du déplacement et la viscosité plastique et effective des pâtes de charcuterie aux différentes teneurs en eau et en graisse et aux différentes pressions. Ces données sont indispensables pour des calculs au cours de construction et de perfectionnement de l'équipement pour la production de charcuterie. L'étude histologique a permis de révéler le mécanisme des processus internes.

Влияние давления на реологические свойства колбасных фаршей при различных влагосодержании и жирности

В.М. ГОРБАТОВ

Всесоюзный научно-исследовательский институт мясной промышленности, Москва, СССР

А.В.ГОРБАТОВ, В.Д.КОСОЙ и Я.И.ВИНОГРАДОВ

Московский технологический институт мясной и молочной промышленности, Москва, СССР

На базе разработанного и сконструированного нами вискозиметра для исследования реологических свойств колбасных фаршей при атмосферном и избыточном давлении получены обобщающие аналитические зависимости для определения предельного напряжения сдвига, пластической и эффективной вязкости колбасных фаршей при различных влагосодержании, жирности и давлении. Эти данные необходимы для расчетов при конструировании и совершенствовании оборудования колбасного производства. Гистологические исследования помогли раскрыть механизм внутренних процессов.

Влияние давления на реологические свойства колбасных фаршей при различных влагосодержании и жирности

В.М. ГОРБАТОВ

Всесоюзный научно-исследовательский институт мясной промышленности, Москва, СССР

А.В. ГОРБАТОВ, В.Д. КОСОЙ и Я.И. ВИНОГРАДОВ

Московский технологический институт мясной и молочной промышленности, Москва, СССР

На качественные характеристики колбасного фарша и, соответственно, готового продукта из него, существенное влияние оказывают содержание влаги и жирность. Кроме того, при оптимальной степени измельчения | 1 | структура, консистенция и выход готовых колбас в значительной мере определяются полнотой деаэрации сырого фарша и приложенным к нему гидростатическим давлением. Агрегатное состояние фарша различного состава и его структура могут быть с высоким показателем достоверности определены с помощью измерений его реологических характеристик.

Таким образом, величины реологических свойств колбасных фаршей могут стать важнейшими показателями, предопределяющими качество готовых колбасных изделий, служить ориентиром для корректировки технологии приготовления фарша на стадии его измельчения, при набивке в оболочку или форму, могут быть использованы при расчете транспортировки его по трубопроводам, конструировании машин колбасного производства | 2 |.

В задачу настоящих исследований входило определение величин реологических свойств фаршей различных влажности и жирности при избыточном давлении и, на этой основе, получение графо-аналитических зависимостей для расчета важнейших реологических параметров сырых фаршей. Знание этих параметров позволяет оптимизировать процесс фаршеприготовления, что обеспечивает получение готовой продукции высокого качества при повышенных выходах.

Исследования выполнены с помощью разработанных нами устройств - вискозиметра, и датчика давления. Перед началом экспериментов приборы тарировались. Методика исследований состояла в следующем. Пробу фарша плотно без пустот закладывали в коаксиальный зазор вискозиметра, в котором за счет перемещения поршня создавали необходимое, постоянное по всему объему избыточное гидростатическое давление или вакуум.

Во время исследований отбирали пробы фарша через кран, после чего вновь устанавливали заданное давление. При исследовании вакуумированного фарша, вискозиметр подключали к вакуумной системе через специальный патрубок; контроль температуры исследуемого фарша осуществляли с помощью термопар. После установления заданных избыточного давления, вакуума и температуры прибор нагружали равными по величине грузиками и измеряли частоту вращения ротора специальным приспособлением, которое обеспечивало одновременность начала вращения ротора вискозиметра и запуск секундомера. Для исследования влияния давления на реологические свойства колбасных фаршей с различным содержанием жира и влаги были выбраны говяжьи и свиные сардельки, русские сосиски и докторская колбаса, в которых влагосодержание изменялось от 1 до 4, а жирность от 0,12 до 0,37 дол.ед. В такой широкий интервал технологических переменных входят почти все виды колбасных фаршей. Пробы фарша брали при оптимальной степени измельчения и исследовали при температуре 20-22°C и давлении от 0 до 1,0 МПа. В результате были определены величины следующих реологических параметров: предельного напряжения сдвига

Θ , пластической вязкости η , эффективной вязкости $\eta_{\text{eff}} = 13W^{-m}$, где 13 – эффективная вязкость при единичной скорости, т.е. при $W = 1 \text{ м/с}$; m – темп разрушения структуры; W – окружная скорость баковой поверхности ротора вискозиметра, м/с, $W = \omega R_B = 2\pi N R_B$ в последней формуле ω – угловая скорость, N – частота вращения ротора. Для вискозиметра с коаксиальными цилиндрами (размер цилиндра $R_H = 0,019$ и ротора, $R_B = 0,01605$) окружную скорость можно выразить через градиент скорости по следующей зависимости: $\dot{\epsilon} = \frac{4\pi N}{1 - (R_B/R_H)^2} = 434N$

6.2

4 4 4

Вышеперечисленные свойства рассчитывали для лавинного разрушения структуры. Математическая обработка экспериментальных данных, выполненная по реограммам течения, позволила получить зависимости изменения структурно-механических свойств от влагосодержания ψ , жирности φ и давления P :

$$\theta_0 = \exp \{ (7,3 + 7\varphi) - (27\varphi + 0,3)\psi \cdot I - (0,49 - \varphi) \lg(p \cdot 10^{-5} + I) \} \quad (1)$$

$$B = \exp \{ 3,4 - (18\varphi^2 + 0,5)\psi \cdot [I - (0,1 + 0,8\varphi)] \lg(p \cdot 10^{-5} + I) \} \quad (2)$$

$$m = [0,74 + 4,6(\varphi - 0,24)^2] + [0,045 + 3(\varphi - 0,24)^2] \lg(p \cdot 10^{-5} + I) \quad (3)$$

$$\gamma = \{ \exp \{ (5,9 - 14\varphi) - (I,05 - 2,44\varphi) \} \cdot (I + 10^{-7}p) \} \quad (4)$$

при φ от 0 до 0,15

$$\gamma = \{ \exp \{ (76,5\varphi^2 - 50,5 + 9,85) - (13,7\varphi^2 - 9,05\varphi + 1,75)\psi \} \cdot (I + 10^{-7}p) \} \quad (5)$$

при φ от 0,15 до 0,40

Отклонение расчетных величин по приведенным формулам от экспериментальных величин составило для θ_0 $\pm 5\%$ (при повышенных давлениях до -8%), γ $\pm 8\%$, B $\pm 7\%$ (кроме свиных сарделек, где при повышенных давлениях, ошибка достигла до -15%), m $\pm 3\%$. Интересно заметить, что почти во всех экспериментах с увеличением давления и жирности фарша отклонения возрастили. Это связано с выделением жира на поверхность ротора за счет механического разрушения фарша в вискозиметре. Следовательно, чем больше жирность фарша, тем меньше должно быть допускаемое давление в рабочих органах машин и аппаратов.

По расчетным величинам построены графические поверхностные зависимости изменения структурно-механических свойств от ψ , φ и p (рисунок а, б, в, г), по которым можно судить о свойствах колбасных фаршей в широком интервале переменных. По этим графикам можно, задаваясь нужными свойствами, определить влагосодержание и жирность, или наоборот, задаваясь ψ , φ и p , определить интересующие свойства.

Рассмотрев полученные зависимости, можно сделать следующие выводы: 1) пластическая вязкость незначительно изменяется от давления. При повышении давления до 1,0 МПа вязкость увеличивается всего на 10%, что позволило аппроксимировать эту зависимость; 2) предельное напряжение сдвига σ и эффективная вязкость при единичной скорости B значительно зависят от давления p [4]. При повышении давления от 0 до 1,0 МПа σ увеличивается в 2-3 раза, а при $\varphi = 0,35 + 0,37$ - всего в 1,7 + 2 раза, B увеличивается в 1,5 + 2,5 раза, а при $\varphi = 0,35 + 0,37$ в 3,5 + 4,5 раза. Характер изменения этих величин от давления аналогичен и их значения с увеличением давления увеличиваются на $[I - (C - C_1\varphi) \lg(p \cdot 10^{-5} + I)]$, где: C - коэффициент, зависящий от давления и равен для $\theta = 0,49$, $B = 0,1$; C_1 - коэффициент, зависящий от жирности фарша и давления и равный для $\sigma = I$, $B = 0,8$. Темп разрушения структуры с увеличением давления возрастает по логарифмическому закону.

Зависимость структурно-механических свойств от влагосодержания подчиняется экспоненциальному закону: $\gamma = \exp(A - BW)$,

где: γ - структурно-механические свойства (θ , γ , B), т.е. экстремальные значения при оптимальной продолжительности куттерования; A , B - эмпирические коэффициенты, зависящие соответственно от жирности и влагосодержания фарша, которые рассчитывают по формулам:

$$A = (a + a_1\varphi + a_2\varphi^2); \quad B = (b + b_1\varphi + b_2\varphi^2),$$

a, a_1, a_2, b, b_1, b_2 - эмпирические коэффициенты, значения которых для различных свойств приведены в таблице.

Θ						B					
a	a_1	a_2	b	b_1	b_2	a	a_1	a_2	b	b_1	b_2
7,3	7,0	0	0,3	0	27	3,4	0	0	0,5	0	18
γ при $\varphi = 0$	$\varphi < 0,15$					γ при $\varphi = 0,15 \leq \varphi \leq 0,40$					
5,9	-14	0	I,05	-2,44	0	9,85	-50,5	76,5	I,75	-9,05	I3,7

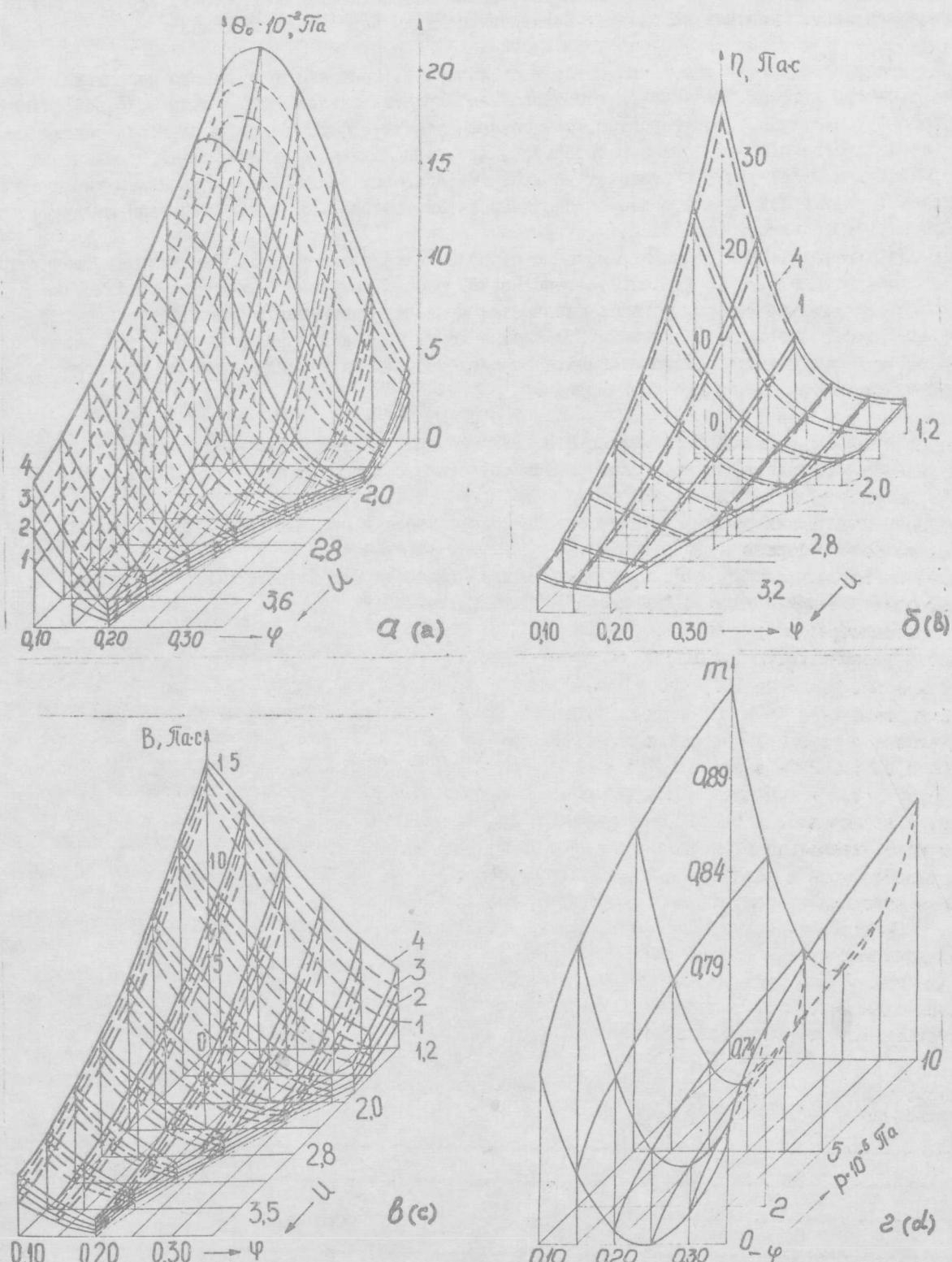


Рисунок. Изменение структурно-механических свойств колбасных фаршей при различных влагосодержании, жирности и давлении: 1 - 0; 2 - $2 \cdot 10^5$; 3 - $5 \cdot 10^5$; 4 - 10^6 Pa .
 а - предельное напряжение сдвига; б - пластическая вязкость; в - эффективная вязкость при единичной скорости; г - темп разрушения структуры.

Fig. Changes in the structuro-mechanical properties of sausages meats as related to water and fat contents and to pressure: 1 - 0; 2 - $2 \cdot 10^5$; 3 - $5 \cdot 10^5$; 4 - 10^6 Pa .
 a - ultimate shear stress; b - plastic viscosity; c - efficient viscosity at a unit speed; d - the rate of structure breakage.

6.2

446

Толщина прослоек в период интенсивного насыщения влагой мышечных волокон увеличивается незначительно, а затем, по мере насыщения, резко возрастает. Причем, точки перегиба кривых темпа набухания мышечных волокон и увеличения толщины водно-белково-солевых прослоек совпадают.

Рассмотрим график изменения свойств от жирности. Значения предельного напряжения сдвига, особенно у фарша с низким влагосодержанием, при увеличении жирности до 0,15 возрастают, а затем уменьшаются. Это, вероятно, объясняется тем, что фарш с низким влагосодержанием имеет незначительную водно-белковую прослойку, жир, обволакивая мышечную ткань, увеличивает силу сцепления между ними, и вызывает увеличение сдвиговых усилий; при дальнейшем увеличении жирности и влагосодержания водно-белковая прослойка возрастает, сила сцепления между частичками падает, сдвиговые свойства уменьшаются.

Величина τ изменяется от жирности по параболическому закону, имея критическую точку при $\Psi = 0,24$, равную 0,74. В результате выполненной работы получены обобщающие графические и аналитические зависимости, вскрыта физическая сущность изменений в фарше при различных влагосодержаниях, жирности и давлении. Эти данные могут быть использованы в качестве расчетных для обеспечения технологии изготовления высококачественных колбас, а также при конструировании ряда машин колбасного производства.

Л и т е р а т у р а

1. Горбатов А.В., Косой В.Д., Елкин В.В. Влияние продолжительности куттерования и влагосодержания фарша на выход вареных бесшпиковых колбас. "Мясная индустрия СССР", 1974, № 2, 37-40.
2. Рогов И.А., Горбатов А.В. Физические методы обработки пищевых продуктов. М Изд-во "Пищевая промышленность", 1974, 583
3. Горбатов А.В., Косой В.Д. Влияние давления влажности и температуры на структурно-механические свойства фарша. "Изв вузов", "Пищевая технология", 1970, № 2, 146-151.