

ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ФОРМОВАНИЕ КОЛЬБАС ПРИ КОНДУКТИВНОМ МЕТОДЕ НАГРЕВА-ОХЛАЖДЕНИЯ

В.М.ГОРБАТОВ, Е.Т.СПИРИН, В.В.ВАГИН, А.Л.ЩЕТНИК

Всесоюзный научно-исследовательский институт мясной промышленности, Москва, СССР

Совершенствование производства колбас, параллельно с дальнейшим развитием направления формования их в оболочке, определяется все возрастающим вниманием специалистов к выработке колбас в формах. Данный процесс имеет значительные преимущества перед производством колбас в оболочке. При этом не требуется дефицитная оболочка, появляется возможность многократного использования формы, уменьшаются потери массы и, соответственно, увеличивается выход готового изделия, исключается ряд трудоемких операций и создается возможность организации производственного процесса, основанного на автоматизированном оборудовании. Следует учесть, что в настоящее время растет тенденция выпуска порционных продуктов, сортировку, нарезку и упаковку которых производят сами предприятия, передающие полностью подготовленные для реализации изделия в торговую сеть. Поэтому производство колбас в формах, по-видимому, является одним из определяющих направлений развития колбасного производства.

Применяемые термические методы для получения колбас в формах обладают друг перед другом определенными преимуществами, но наиболее надежным, дешевым и проверенным из них является кондуктивный метод. Он позволяет ввиду одинаковой продолжительности, совмещать в одном аппарате разделенные во времени процессы нагрева и охлаждения и осуществлять воздействие физико-механических факторов. Использование воды в качестве греющей и охлаждающей среды значительно упрощает подготовку тепло- и хладоносителя, создает условия для надежного контроля режимов термической обработки и гарантирует получение качественных изделий.

Одним из важнейших физико-механических факторов, определяющих режим термоформования и конструктивные параметры термического блока, в котором продукт подвергается полной степени технологического воздействия, является давление подпрессовки.

Исследование такого фактора, его влияние на качество готовых изделий, выбор технологически приемлемых давлений подпрессовки, установление режимов формования, позволило определить параметры процесса получения колбас и параметры конструктивных элементов термического блока. В процессе исследований использовали формы с внутренними диаметрами 0,06; 0,1; 0,14 м. Для исключения прилипания готового продукта они имели вставки из полимерного материала фторопластика-4. Формы наполняли вакуумным шприцем под давлением не менее 3 · 10⁵ Па, что исключало образование пустот и полостей, отрицательно влияющих на качество колбас.

Термообработку производили при постоянном режиме, то есть температура и скорость движения тепло-хладоносителя были постоянными. Температура теплоносителя составляла 369–371 К, а хладоносителя 274–276 К. Величины давлений подпрессовки соответствовали 0,4·10⁵; 0,8·10⁵; 1,2 · 10⁵; 2,0 · 10⁵ Па и давлению, равному нулю. В качестве объекта исследований использовали фарши докторской, столовой, любительской и стадельной колбас. Величина заполнения форм составляла 0,4 м. Продукт нагревали до достижения в центре его температуры до 341–343 К и затем охлаждали. Температуру контролировали термопарами и записывали на автоматическом потенциометре КСП-4.

Влияние физико-механических факторов, совмещенных с температурными, вызывает в продукте ряд неразрывно связанных во времени процессов. К первой группе относятся процессы, которые определяются возникновением и релаксацией внутренних напряжений, вызывающих переориентацию частиц и объемное деформирование продукта; ко второй – явления, связанные с изменением размеров частиц фарша вследствие нагрева-охлаждения, и к третьей – относятся химические процессы, обусловливающие отделение жидкой фазы сырья и изменение компоновки элементов фарша. В связи с этим определяли закономерность изменения относительной объемной деформации в зависимости от вида и состава фарша. Установлено, что наиболее приемлемую конструкцию формы, в которую наполняют фарш, имеет поршень, который под действием расширения фарша свободно перемещается в вертикальном направлении. Использование поршня, жестко закрепленного в форме, связано с возникновением значительных напряжений, как на стенках, так и на поверхности поршня. Аналогичные явления наблюдаются при термической обработке фарша в оболочке. Напряжения в ней могут достичь значений, при которых нарушается целостность оболочки. Конструкция со свободно перемещающимся поршнем проста, надежна в работе и не требует специального расчета на прочность, исключает вытеснение фарша из-под поршня.

Изменение относительной объемной деформации определяется видом фарша, температурными режимами и значениями физико-механических факторов. Основные исследования проводили в фарше диаметром 0,1 м. Первоначальный момент времени сопровождался относительной объемной деформацией, состоящей из двух составляющих; мгновенной и пластической, значение которой для большинства фарцевых систем устанавливается через 180 с. Такое явление "отрицательной деформации" называется усадкой фарша и считается необходимым для создания однородных условий термоформования фарша, которые способствуют переориентации частиц, их более компактной компоновке, сокращению объема вакуумных полостей, перераспределению жидкости между частичками и дисперсной фазой. Величина усадки зависит от вида фарша и колеблется от 0,015 для докторской колбасы до 0,008 для фарша отдельной колбасы. Термовая обработка изделия вызывает изменение объема, который определяется возрастанием его на протяжении всего процесса. Для фарша докторской колбасы величина относительной объемной деформации достигает наибольшего значения – 0,118, для столовой колбасы – 0,09, а для фаршей, содержащих шпиг, эти значе-

ния меньше и составляют соответственно: для любительской и отдельной колбас 0,079 и 0,058. Такое различие, по-видимому, зависит от соотношения составляющих компонентов и структуры фарша. На увеличение объема расширение воды и водно-белковых растворов существенного влияния не оказывают в связи с тем, что температурный коэффициент объемного расширения воды незначителен. Таким образом, основной причиной расширения фарша могут быть только причины, обусловливающие образование новой структуры и, в частности, перестроение в присутствии воды фибрillлярных и глобулярных полипептидных белковых цепей от изогнутой складчатой к развернутой форме.

Холодильная обработка образца вызывает резкое изменение относительной деформации в сторону уменьшения объема, который в конце процесса охлаждения изменяется незначительно и достигает своего конечного значения. Установлено, что абсолютная величина перемещения верхней торцевой поверхности при давлении подпрессовки $0,4 \cdot 10^4$ Па для различных фаршей колеблется от 0,0265 м до 0,053 м. Значение указанных величин позволяет точно установить ход поршня осуществляющего подпрессовку.

В процессе исследований изучали возможность исключения давления подпрессовки на фарш, так как эксплуатация олока с минимальной массой поршня или полным его исключением позволит использовать конструкцию агрегата с невысокой металлоемкостью и более простого в эксплуатации. Однако, как было установлено, отсутствие давления подпрессовки не позволило получить качественный продукт, так как его верхняя поверхность оказалась выпуклой и недостаточно прогретой. Такое поведение фарша объясняется тем, что поверхностные слои, как подверженные наиболее длительному воздействию высоких температур и обладающие наиболее выраженным коагуляционным слоем, обладают наименьшими деформационными свойствами по сравнению с центральными слоями, нагрев которых замедлен, в результате чего происходит все возрастающее во времени увеличение объема данного участка. Контроль готовности продукта по длине показал нарушение условий теплопередачи образующейся выпуклости по отношению к цилиндрической части образца. Температура внутри батона соответствовала 345 К, выпуклости (на расстоянии 0,003 м от ее поверхности) — только 314 К. После охлаждения относительно цилиндрической части образца размер верхней точки выпуклости составил около 0,045 м. Максимальная относительная деформация равнялась 0,2, а абсолютное значение достигло 0,07 м для фарша докторской колбасы.

Помимо режима термоформования, определяемого постоянным воздействием давления подпрессовки, проведена проверка режима со снятием нагрузки после тепловой обработки. Было установлено, что такой режим не целесообразен, так как в этом случае центральный слой верхней торцевой поверхности остается после холодильной обработки выпуклым, который составляет около 0,005 м. Время охлаждения продукта при контроле температуры выпуклости возрастает в 1,12 раза. Особенностью снятия давления подпрессовки является то, что за счет упругих свойств образовавшейся структуры происходит мгновенный скачок объема образца; для докторской колбасы он составляет 0,052, для любительской — 0,038, для отдельной — 0,032. Неудобен данный режим и сложностью конструктивного вопроса по передаче подпрессовывающих поршней из одной рабочей позиции в другую, что требует применения сложных передаточных средств.

Исследование изменения относительной объемной деформации, а также потерь массы продукта и напряжение среза, от величины давления подпрессовки позволяют установить технологически приемлемое решение. Было установлено, что с увеличением давления подпрессовки величина относительной деформации уменьшается, а скорость ее во времени при тепловой обработке падает. При охлаждении относительная объемная деформация характеризуется резким уменьшением объема, причем оно возрастает с увеличением давления подпрессовки и определяется конечным значением объема продукта. Для фарша любительской колбасы максимальное значение относительной объемной деформации при тепловой обработке при значениях давлений подпрессовки $0,4 \cdot 10^4$; $0,8 \cdot 10^4$ Па; $1,2 \cdot 10^4$ Па; $2,0 \cdot 10^4$ Па соответственно составляли 0,077; 0,074; 0,064; 0,026. Для оценки относительной объемной деформации фарша в любой момент времени было получено уравнение процесса изменения деформации

$$\text{при тепловой обработке } E_t = a - b e^{-c\tau},$$

$$\text{при холодильной обработке } E_x = b_1 e^{c_1 \tau} - a_1,$$

где a, b, a_1, b_1 — безразмерные эмпирические коэффициенты;

c, c_1 — эмпирические коэффициенты, $1/\tau$:

τ — текущее значение времени, с

Установлено, что с ростом давления подпрессовки происходит увеличение потерь массы продукта (см. таблицу), причем эти значения зависят и от количества добавляемой в фарш влаги, так для фаршей отдельной и столовой колбас потери массы выше, чем для фаршей любительской и докторской, у которых в исходное сырье добавляют влаги меньше. Выделение бульона — сложный физико-химический процесс, который связан с тем, что термический процесс происходит с гидролизом составных частей фарша. Образующееся увеличение объема приводит к увеличению расстояния между частицами с одновременным изменением размеров белковых цепей. При охлаждении происходят обратные процессы: частично уменьшаются размеры белковых цепей, а также расстояния между частицами, которые поглощают большую часть выделившегося бульона. С увеличением давления подпрессовки размеры между частицами уменьшаются, приводят к способности связывать все меньшее количество бульона. При давлении, равном $0,4 \cdot 10^4$ Па, значение вновь поглощенного бульона составляет 60–95%. Это объясняется тем, что колбаса, получаемая в форме, по сравнению с колбасой в оболочке обладает более ярко выраженным ароматом и более нежной консистенцией. С увеличением давления подпрессовки повышается количество выделившейся влаги не только за счет физико-химических превращений, но и чисто механического воздействия. Так как при большом давлении ($2,0 \cdot 10^4$ Па) расстоя-

ния между частицами сравнительно малы, то и поглощение бульона затруднено и значительная часть его (около 40%) в виде жиро-желатино-подобной массы оседает на поршне.

Изменение предельного напряжения среза для готового продукта видно из данных таблицы.

Таблица

Колбаса	Показатель	Давление подпрессовки, Па				
		0	$0,4 \cdot 10^4$	$0,8 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^4$
Докторская	$m_m \cdot 10^2$	1,23	1,64	2,26	2,68	3,12
	$\delta_\varphi \cdot 10^{-4}$, Па	2,12	2,4	2,58	2,64	2,92
Столовая	$m_m \cdot 10^2$	1,85	2,82	3,2	3,67	4,4
	$\delta_\varphi \cdot 10^{-4}$, Па	2,31	2,63	2,82	3,08	3,42
Любительская	$m_m \cdot 10^2$	0,7	1,41	1,76	1,98	2,44
	$\delta_\varphi \cdot 10^{-4}$, Па	2,22	2,52	2,75	2,86	3,22
Отдельная	$m_m \cdot 10^4$	2,69	3,23	3,7	4,1	4,82
	$\delta_\varphi \cdot 10^{-4}$, Па	2,38	2,78	3,11	3,27	3,62

$$m_m = \frac{m_\varphi - m_p}{m_\varphi}, \text{ где } m_\varphi - \text{масса фарша, г,} \\ m_p - \text{масса готового продукта, г}$$

Относительная объемная деформация зависит от диаметра форм, в которых происходит термоформование изделий. Общая относительная объемная деформация с увеличением диаметра уменьшается, для диаметров 0,06; 0,1; 0,14 м её значения соответственно составляют 0,094; 0,088; 0,082, что, по-видимому, можно объяснить увеличением времени релаксации напряжения в образцах.

Таким образом, физико-механические факторы, определяемые давлением подпрессовки, оказывают существенное влияние на качественные показатели продукта, а также на эффективность ведения процесса получения колбас и выбор режима термоформования. Технологически приемлемые параметры давления подпрессовки лежат в области небольших значений, так как они позволяют получать качественные изделия при минимальных потерях продукта, обладающего хорошей консистенцией и нежностью. Принятое значение давления подпрессовки в $0,4 \cdot 10^4$ Па также дает возможность конструктивно оформить процесс термоформования с объединением форм в блоки, что существенно повышает производительность процесса производства колбас.