

Введение В настоящее время существует несколько путей увеличения срока годности изделий из мяса – термическая обработка, использование консервантов и вакуумной упаковки из многослойных барьерных полимерных пленочных материалов [1]. В процессах биохимической и микробиологической порчи мясных продуктов самое активное участие принимает кислород. Условия вакуума препятствуют активному размножению аэробных термофильных и споровых микроорганизмов и тем самым способствуют увеличению сроков годности мясных изделий. Поэтому вакуумная упаковка оказывается наиболее действенным и безопасным для здоровья потребителей способом сохранности продукта [2]. Для изготовления вакуумной упаковки используются многослойные барьерные термоусадочные пленки, барьерные свойства которых регулируются изменением толщины и количества барьерных слоев на основе таких полимеров как сополимер этилена и винилового спирта (EVOH), полиамид, поливинилиденхлорид [1, 3], в том числе и с содержанием наночастиц [4]. Однако высокие барьерные свойства многослойных полимерных пленок могут оказаться бесполезными, если в процессе изготовления пакетов и упаковывания в них мясной продукции будет нарушена сплошность барьерных слоев пленочного материала. В настоящее время для соединения полимерных пленочных материалов наибольшее распространение получила сварка с использованием тепловой энергии и давления [5-8]. При прямом нагреве соединяемые пленки непосредственно контактируют с нагревателем. Также следует отметить, что изменение параметров сварки существенно влияет на прочность сварного шва изделий. При испытании сварных изделий установлено [6], что даже идеально сваренный шов не обладает той же прочностью, что и свариваемая деталь. С учетом остаточных напряжений в большинстве случаев разрушается материал в околошовном пространстве. При тепловой сварке эти напряжения являются следствием локального нагрева пластмассы и термической усадки. Обычно прочность сварных изделий составляет 30—60 % от прочности соединяемых деталей. Если же параметры сварки выбраны неправильно, то потери прочности еще больше. А выбор технологических параметров сварки зависит в первую очередь от типа свариваемого материала и его толщины, а также от типа применяемого инструмента. В связи с этим становится актуальным исследование зависимости барьерных свойств термоусадочных многослойных пакетов от параметров сварки.

Экспериментальная часть В качестве объектов исследования нами были выбраны многослойные барьерные полимерные пленочные материалы производства фирмы PACKNOVA (Польша) марок Barrier shrink tube LT50, Barrier shrink tube LT9 (45 мкм) и Barrier shrink tube LT9 (75 мкм), характеристики которых приведены в таблице 1. Объекты исследования были использованы для изготовления различных партий термоусадочной барьерной упаковки на пакетоделательной машине PACKNOVA EXTRA 700/108 (Польша). Свойства

сварного шва в продольном направлении изучали на пакетах с донным прямым швом, в поперечном направлении – на пакетах с боковым швом. Геометрические размеры и внешний вид произведенных пакетов приведены в таблице 2. В процессе изготовления пакетов меняли технологические параметры производства: давление прижима сварных губок от 2 до 6 атм. с шагом 1 атм.; температуру сварки – от 230 до 270 °С с шагом 10 °С; время сварки – от 0,1 до 0,5 с, шаг изменения 0,1 с. Произведенные пакеты были оценены нами по прочности сварного шва, газо-проницаемости сварного шва. Прочность сварного шва определяли по ГОСТ 14236 на разрывной машине марки XLW фирмы Labthink (Китай). Таблица 1 – Характеристики пленок производства PACKNOVA

Наименование показателя	Единица измерения	Величина показателя
LT50	LT9	
(45 мкм)	(75 мкм)	
Толщина пленки	мкм	50±5 45±5 75±3
Коэффициент термической усадки (после выдержки в воде при 90 °С в течении 1 с), не менее:		
в продольном направлении	%	>30
в поперечном направлении	%	>30 >30 >30 >30 >30
Газопроницаемость по кислороду (при 23 °С и влажности 75 %) см ³ /(м ² ·24 часа·атм)		30 5 4
Газопроницаемость по углекислому газу (при 23 °С и влажности 0 %) см ³ /(м ² ·24 часа·атм)		90 40 38
Паропроницаемость (при 38 °С и влажности 90 %) г/(м ² · 24 часа)		2 2 2
Прочность при разрыве, не менее:		
в продольном направлении	МПа	75 108 75 108 82 122
в поперечном направлении	МПа	

Относительное удлинение при разрыве, не менее: в продольном направлении в поперечном направлении % 85 48 85 48 93 59 Газопроницаемость в месте сварного шва по кислороду определяли по ASTM F 2476 на приборе для определения скорости проникновения газа PERME VAC-V1 производства фирмы Labthink (Китай). Таблица 2 – Характеристики пакетов

Показатель	Шов	Донный	Боковой
Ширина пакета, мм	200	200	
Длина пакета, мм, не более	200	200	
Вид пакета	На рисунках 1-3	приведены зависимости прочности сварного шва и газопроницаемости по кислороду произведенных пакетов в зависимости от технологических параметров сварки.	

Анализ рисунков показал, что увеличение давления прижима сварных губок (рис. 1а) ведет к увеличению прочности сварного шва и при достижении давления в 5 атм. переходит на постоянную величину. Газопроницаемость по кислороду (рисунок 1б) пакета в месте сварного шва также зависит от давления в процессе формирования пакетов, поскольку при низких давлениях должным образом не формируется качественный сварной шов. Начиная с давления в 5 атм. и выше (при наличии качественного сварного шва) газопроницаемость в месте сварного шва начинает определяться газопроницаемостью пленки, из которой пакет изготавливается.

а б Рис. 1 – Зависимость прочности сварного шва (а) и газопроницаемости по кислороду (б) от давления прижима сварных губок Зависимости прочности сварного шва и газопроницаемости от температуры сварных губок (рис. 2) имеют экстремальный характер. Кроме того прочность сварного шва зависит и от толщины пленки. Согласно данным рисунка 2, при сварке пакетов толщиной 45 и

50 мкм оптимальным является диапазон температур 240-260°C, а для пленки толщиной 75 мкм - 250-270°C. Ниже данных диапазонов не обеспечивается высокая прочность сварного шва. При превышении данного диапазона высокая температура сварки совместно с высоким давлением приводит к нарушению сплошности барьерного слоя пленочного материала вблизи места сварного шва, о чем свидетельствует повышение величины газопроницаемости (рис. 2б).

а б

Рис. 2 – Зависимость прочности сварного шва (а) и газопроницаемости по кислороду (б) от температуры сварных губок

Недостаточное время сварки приводит к снижению прочности сварного шва и росту величины газопроницаемости пакета (рис. 3). При времени сварки равном 0,3 с и выше обе величины выходят на постоянное значение. Таким образом, оценка влияния давления прижима сварочных губок на свойства термоусадочных пакетов на основе рукавной барьерной пленки марок Barrier shrink tube LT50 и Barrier shrink tube LT9 позволяет сделать вывод, что оптимальным является давление прижима 6 атм.

Оценка влияния температуры сварочных губок на свойства термоусадочных пакетов на основе рукавной барьерной пленки марок Barrier shrink tube LT50 (50 мкм) и Barrier shrink tube LT9 (45 мкм) позволяет сделать вывод, что оптимальным является температура сварки 240-260°C, а для Barrier shrink tube LT9 (75 мкм) оптимальной является температура 250-270 °C.

а б

Рис. 3 – Зависимость прочности сварного шва (а) и газопроницаемости по кислороду (б) от времени сварки

Оценка влияния времени сварки на свойства термоусадочных пакетов на основе рукавной барьерной пленки марок Barrier shrink tube LT50 и Barrier shrink tube LT9 позволяет сделать вывод, что оптимальным является время 0,3 с.