УДК 663.86:663.46

Е.Н. Неверов, О.Н. Буянов, А.Н. Гринюк

ПРИМЕНЕНИЕ УПАКОВКИ ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ДИОКСИДОМ УГЛЕРОДА

Проведены исследования характера изменения температурного поля и кинетики теплоотвода при охлаждении упакованных тушек цыплят-бройлеров снегообразным диоксидом углерода, вводимым во внутреннюю полость. Определено время и расход диоксида углерода при охлаждении тушек бройлеров, а также определены оптимальные размеры тушек, позволяющие вводить во внутреннюю полость определенное количество снегообразного CO_2, достаточное для достижения нормируемой температуры охлаждения птицы. Установлено, что при использовании снегообразного диоксида углерода методом введения во внутреннюю полость упакованной тушки происходит снижение расхода диоксида углерода.

Цыплята-бройлеры, диоксид углерода, сублимация, температурное поле, плотность теплового потока, теплопроводность, температура, изотермы, теплота.

Введение

В последние годы в Российской Федерации увеличилась тенденция потребления охлажденного мяса птицы. Это связано с тем, что люди начали задумываться о своем здоровье, а правильное и качественное питание – это основной составляющий компонент для сохранения крепкого здоровья.

Охлажденное мясо по сравнению с замороженным наиболее ценный продукт, в нем наилучшим образом сохраняются вкусовые, питательные и биологические свойства. Поэтому в настоящее время наблюдаются тенденции к снижению производства замороженного и увеличению охлажденного мяса птицы [1].

При этом поставщики и продавцы охлажденной птицы сталкиваются при ее реализации с рядом проблем, основная из которых – это небольшой срок хранения при использовании традиционных методов холодильной обработки.

Для решения сложившейся задачи можно воспользоваться методом, сущность которого состоит в использовании в пищевой промышленности модифицированной атмосферы – среды с инертным газом. В качестве такого газа можно применять диоксид углерода, который обладает эффектом сублимации – перехода CO_2 из твердой фазы в газообразную при температуре –78 °С.

При хранении мяса птицы в среде данного газа обеспечивается высокое качество мяса, замедляются как микробиологические, так и окислительные процессы. Согласно многочисленным исследованиям, микроорганизмы не индифферентны к действию CO_2, особенно диоксид углерода – замедляет развитие бактерий и плесени. Степень воздействия на микроорганизмы зависит от концентрации CO_2 в атмосфере, температуры среды и вида микроорганизмов.

Для реализации в промышленности данного способа охлаждения птицы нами разработана технологическая линия работы, принцип которой заключается в подаче снегообразного диоксида углерода во внутреннюю полость тушки, размещенной на конвейере, через генератор-дозатор. Далее птица поступает в упаковочную машину, где помещается в герметичную упаковку, позволяющую сохранять внутри углекислотную среду в течение всего срока хранения. Для того чтобы упаковка не была повреждена избыточному давлению, возникающему при сублимации снегообразного диоксида углерода, была разработана модель выпускного клапана, который позволит избежать повреждения упаковки и при этом сохранить газовую среду внутри [2].

Схема упаковки из ламината PTE/PE с клапаном изображена на рис. 1. Упаковка изготовлена из полимерной пленки и снабжена выпускным клапаном 2, который присоединен к ней в местах спайки 3. На основании клапана 4 лежит упругая диафрагма 5, которая перекрывает отверстие в его основании. Диафрагма удерживается на основании с помощью выступа на крышке 6. Для того чтобы газы могли выходить из упаковки, крышка 6 имеет в своей верхней части отверстие 7.

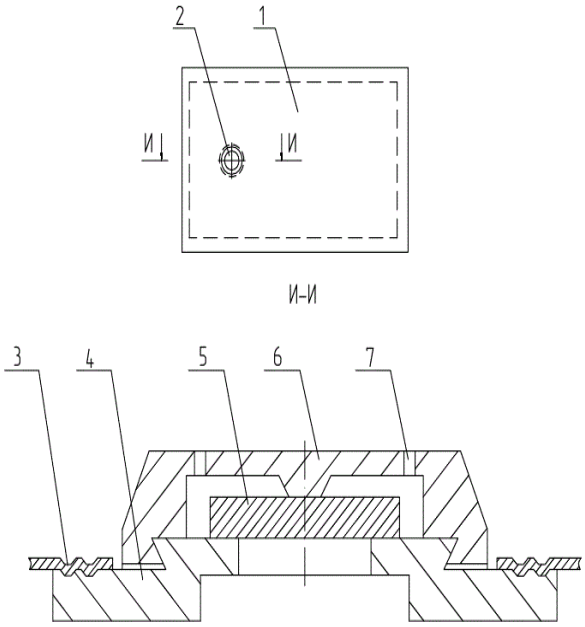

Рис. 1. Упаковка из ламината PTE/PE с выпускным клапаном

После укладки продукта внутрь упаковки она запаивается, в это время диафрагма плотно прижата к основанию и не позволяет воздуху попасть внутрь упаковки, а также газу выйти из упаковки. Когда давление в результате сублимации диоксида углерода в упаковке превысит наружное, диафрагма 5 по периферии поднимется и газ через отверстие 7 выйдет в атмосферу. При падении давления внутри упаковки диафрагма снова перекроет отверстие в основании клапана.

Применение упаковки из ламината PTE/PE позволяет снизить температуру всех слоев тушки птицы, увеличить сроки хранения мяса птицы, увеличить объем продаж за счет придания более привлекательного товарного вида.

Объект и методы исследования

С целью реализации данного способа холодильной обработки были проведены эксперименты, в которых снегообразный CO_2 помещался во внутреннюю полость тушек цыплят-бройлеров массой от (2,3±0,05) до (0,75±0,05) кг, а затем тушки помещали в герметичные упаковки. После чего, упаковки укладывались в полимерные контейнеры, которые направлялись в теплоизолированную камеру с температурой (20±2) °С.

Основной задачей данных исследований было определение характера изменения температурного поля и плотности теплового потока при охлаждении упакованных цыплят-бройлеров; определение времени охлаждения упакованных тушек и расхода диоксида углерода при температуре в камере (20±2) °С; определение оптимальных размеров птицы, позволяющих вводить во внутреннюю полость упакованной тушки определенное количество снегообразного диоксида углерода, достаточное для достижения нормируемой температуры охлаждения тушки.

Результаты и их обсуждение

Схема расположения термопар и термограмма процесса охлаждения упакованной тушки цыпленка-бройлера массой (2,3±0,05) кг снегообразным CO_2, расположенным во внутренней полости тушки при температуре окружающей среды (20±2) °С, показана на рис. 2.

Установлено, что во внутреннюю полость тушки бройлера массой (2,3±0,05) кг можно поместить до (0,199±0,01) кг снегообразного CO_2. Сублимация всего снега CO_2 происходит в течение 82 мин, а среднеобъемная температура при этом устанавливается в пределах 0 °С.

Процесс охлаждения внутреннего слоя тушки происходит довольно интенсивно до достижения криоскопической температуры на 7,5 минуты, после чего происходит фазовый переход воды в лед, что сопровождается выделением скрытой теплоты кристаллизации и снижением интенсивности понижения температуры, это явление объясняется еще и тем, что часть снегообразного CO_2, находящегося во внутренней полости тушки цыпленка-бройлера, уже сублимировала и между костным скелетом тушки и хладагентом образовалась газовая прослойка, создающая термическое сопротивление теплоотдаче.

Охлаждение центральной части тушки происходит в основном за счет теплоотвода к внутренней полости, в которой находится снегообразный диоксид углерода, и объясняется это явление теорией о распространении температурного поля от поверхности продукта к его центру, темп снижения температуры выше, чем в эксперименте без упаковки.

Проанализировав кривую изменения температуры на поверхности тушки (рис. 2), можно сделать вывод, что темп падения температуры при использовании упаковки повысился за счет использования газа CO_2, полученного при сублимации снегообразного диоксида углерода, в отличие от экспериментов, проводимых без использования упаковки, температура в конце процесса охлаждения уже достигает значения 2,8 °С, при этом температура газовой среды в упаковке поддерживается на уровне 8,1 °С [5]. Соответственно, применение упаковки позволяет дополнительно охлаждать тушки птицы до нормируемой температуры охлаждения без дополнительных затрат хладагента.

На рис. 3 изображен график плотности теплового потока при охлаждении упакованных тушек цыплят-бройлеров массой (2,3±0,05) кг с подачей снегообразного CO_2 во внутреннюю полость при $t_к$=(20±2) °С.

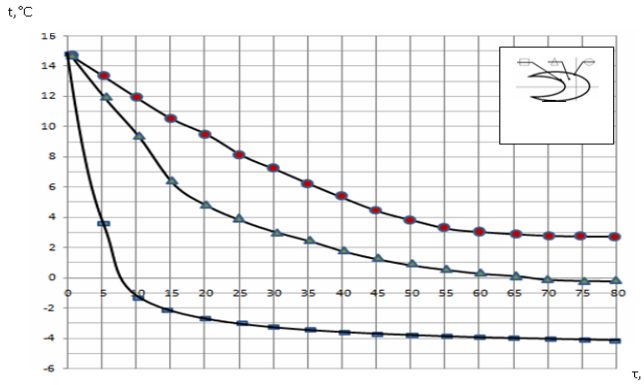

Рис. 2. Термограмма процесса охлаждения упакованной тушки цыпленка-бройлера

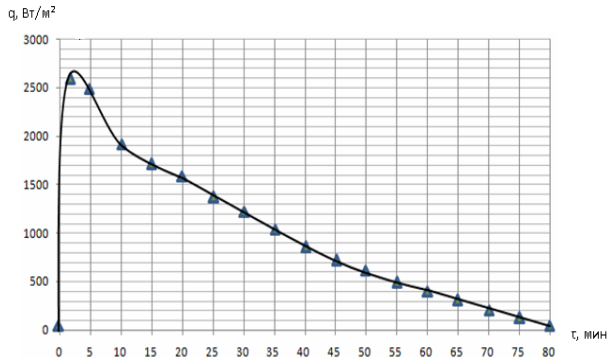

Рис. 3. График плотности теплового потока при охлаждении упакованной тушки цыпленка-бройлера

Анализируя экспериментальные данные, получаем, что среднеинтегральное значение плотности теплового потока тушки бройлера составляет $q_{ср}$= 700 Вт/м², максимальное значение плотности теплового потока q_{max}= 2620 Вт/м².

Максимальная плотность теплового потока наблюдается в первоначальный момент времени, так как разница температур между тушкой и диоксидом углерода максимальна и процесс теплоотвода наиболее интенсивен. Далее наблюдается падение плотности теплового потока, так как температура тушки начинает снижаться. При этом значение плотности теплового потока как в первоначальный момент времени, так и в течение всего эксперимента выше, чем при охлаждении без использования упаковки [5]. Это связано с тем, что газ CO_2 в упаковке отводит дополнительно определенное количество теплоты.

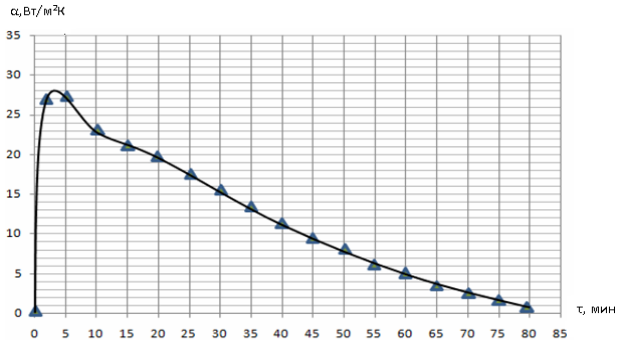

Рис. 4. График коэффициента теплоотдачи процесса охлаждения упакованной тушки цыпленка-бройлера

Это приводит к тому, что среднеинтегральное значение коэффициента теплоотдачи от внутренней поверхности тушки составляет 9,5 Вт/(м²К), а максимальное значение коэффициента теплоотдачи – α_{max}=28,2 Вт/(м²К) (рис. 4). Анализируя полученные значения, можно сделать вывод, что при использовании упаковки величина коэффициента теплоотдачи от внутренней поверхности тушки возрастает в отличие от способа охлаждения без применения упаковки [5].

Далее были проведены исследования с упакованными тушками цыплят-бройлеров массой до (0,75±0,05) кг, т.к. эта масса является минимальной при промышленном делении весовой категории птицы.

Термограмма процесса охлаждения упакованной тушки бройлера массой (0,75±0,05) кг и схема установки термопар представлены на рис. 5.

Время охлаждения составило 46 минут, а расход диоксида углерода – около (0,072±0,01) кг. Общая динамика снижения температуры в тушке аналогична предыдущему эксперименту. При этом среднеобъемная температура устанавливается на более высоком уровне 3,2 °С, охлаждение всех слоев происходит менее интенсивно, т.к. снегообразного диоксида углерода в тушку данной массы входит значительно меньше, но при этом нормируемая температура в ней ещё достигается [3]. Температура в упаковке газовой среды составляет 9,2 °С.

На рис. 6 изображен график плотности теплового потока при охлаждении цыпленка-бройлера массой (0,75±0,05) кг с подачей снегообразного CO_2 во внутреннюю полость при $t_к$=(20±2) °С.

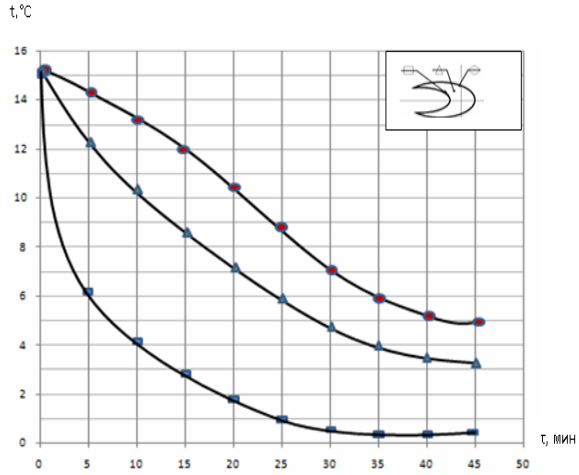

Рис. 5. Термограмма процесса охлаждения упакованной тушки цыпленка-бройлера

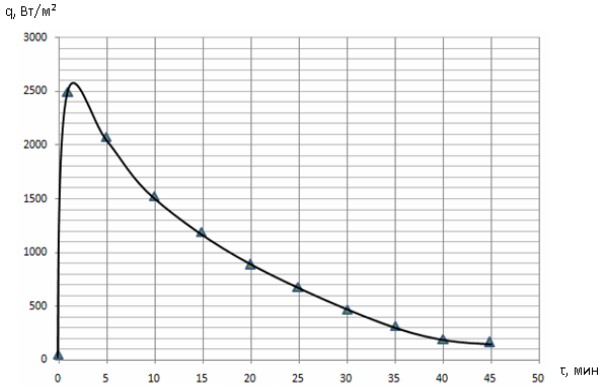

Рис. 6. График плотности теплового потока при охлаждении упакованной тушки цыпленка-бройлера

Анализируя экспериментальные данные, получаем, что среднеинтегральное значение плотности теплового потока от тушки составляет $q_{ср}$=510 Вт/м², максимальное значение плотности теплового потока q_{max}=2400 Вт/м², соответственно, можем наблюдать снижение этих величин в отличие от эксперимента с массой птицы (2,3±0,05) кг. Это говорит о том, что количество теплоты, отведенное от тушки снижается, т.к. порция снегообразного диоксида углерода, подаваемого во внутреннюю полость тушки, значительно уменьшилась.

На рис. 7 изображен график коэффициента теплоотдачи процесса охлаждения бройлера массой (0,75±0,05) кг с подачей снегообразного CO_2 во внутреннюю полость при $t_к$=(20±2) °С.

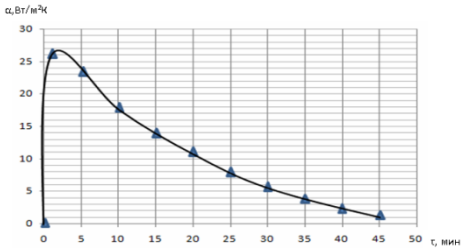

Рис. 7. График коэффициента теплоотдачи процесса охлаждения упакованной тушки цыпленка-бройлера

Анализируя полученные значения, можно увидеть, что среднеинтегральное значение коэффициента теплоотдачи составляет $\alpha_{ср}$ =6,1 Вт/(м²·К), а максимальное значение коэффициента теплоотдачи – α_{max}=26 Вт/(м²·К), что подтверждает снижение величины плотности теплового потока при охлаждении тушек птицы меньшей массы.

Результаты всей группы экспериментов по охлаждению с подачей снегообразного диоксида углерода во внутреннюю полость упакованных в ламинат PTE/PE тушек цыплят-бройлеров представлены в табл. 1.

Таблица 1

Рекомендованные параметры при охлаждении диоксидом углерода упакованных в ламинат PTE/PE цыплят-бройлеров

Продукт	Наименование	Масса птицы, (кг)	Масса снегообразного CO_2, (кг)	Достигаемая средне-объемная тем-ра, (ºС)	Время холодильной обработки, (мин)
Птица	Цыплята бройлеров (1-го сорта)	2,300±0,05	0,199±0,01	–0,2	82
	Цыплята бройлеров (1-го сорта)	2,150±0,05	0,190±0,01	0,1	77
	Цыплята бройлеров (1-го сорта)	1,700±0,05	0,176±0,01	0,9	69
	Цыплята бройлеров (1-го сорта)	1,324±0,05	0,130±0,01	1,8	61
	Цыплята бройлеров (2-го сорта)	1,000±0,05	0,090±0,01	2,7	56
	Цыплята бройлеров (2-го сорта)	0,850±0,05	0,080±0,01	2,9	50
	Цыплята бройлеров (2-го сорта)	0,750±0,05	0,072±0,01	3,2	46

Таким образом, использование упаковки при охлаждении тушек цыплят-бройлеров в разработанном аппарате позволит увеличить эффективность использования диоксида углерода, т.к. получаемый при дросселировании газ CO_2 дополнительно используется для охлаждения птицы перед упаковкой, а получаемый при сублимации в упаковке – увеличивает продолжительность воздействия CO_2 на наружные слои тушки бройлера, позволяя при этом снизить температуру всех слоев тушки, увеличить сроки хранения мяса цыплят-бройлеров, а также увеличить объем продаж за счет придания более привлекательного товарного вида.

Список литературы

1. Новости рынка – Режим доступа: http://www.finobzor.com.ua/novosti.ru (дата обращения: 24.12.2013).

2. Пат. 2453779 Российская Федерация. Устройство для холодильной обработки тушек птицы диоксидом углерода / Буянов О.Н., Неверов Е.Н., Нечаев С.Н. – № 02011101329; опубл. 20.06.2012.

3. ГОСТ Р 52702-2006. Мясо кур (тушки кур, цыплят, цыплят-бройлеров и их части). Технические условия. – М.: Изд-во Стандартинформ, 2007. – 16 с.

4. Буянов, О.Н. Исследование процесса охлаждения упакованной рыбы в среде диоксида углерода / О.Н. Буянов, Е.Н. Неверов, С.Н. Нечаев // Вестник Международной академии холода. – 2011. – № 4. – С. 39–42.

5. Неверов Е.Н. Применение диоксида углерода для холодильной обработки птицы и рыбы: монография / Е.Н. Неверов, О.Н. Буянов. – Кемерово, 2013. – 191 с.

ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности»,
650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47,
Тел/факс: +7+ (3842) 73-40-40,
e-mail: office@kemtipp.ru

SUMMARY

E.N. Neverov, O.N. Buyanov, A.N. Grinjuk

A PACKAGE USED WHEN COOLING MEAT-TYPE CHICKEN WITH CARBON DIOXIDE

Researches on the nature of change of a temperature field and heat removing kinetics have been conducted when cooling the packed carcasses of meat-type chicken with snow-like carbon dioxide placed into the internal cavity. The time of cooling of packed chicken carcasses and the consumption of carbon dioxide have been defined. The optimum sizes of chicken carcasses allowing to place a certain amount of snow-like carbon dioxide into the internal cavity sufficient for achievement of normalized temperature in carcasses have been determined. It has been established that the carbon dioxide consumption decreases when using the method of placing snow-like carbon dioxide into the internal cavity of a chicken carcass.

Meat-type chicken, carbon dioxide, sublimation, temperature field, thermal stream density, heat conductivity, temperature, isotherms, heat.

FSBEI HVE «Kemerovo Institute of Food Science and Technology»,
47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056 Russia.
Phone/fax: +7(3842) 73-40-40,
e-mail: office@kemtipp.ru

Дата поступления: 15.04.2014