

**С.А. Равнюшкин, Е.В. Санжаровский, Н.С. Величкович**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФФУЗИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УПАКОВКИ ПРИ ХРАНЕНИИ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ**

Исследованы диффузионные характеристики пленочных покрытий. Проведен анализ газопроницаемости пищевых пленок. Показана проницаемость различных полимерных материалов по отношению к кислороду, углекислому газу и азоту. Выявлены качественные и количественные показатели газовой смеси, используемой в качестве консервирующего агента при хранении сырого очищенного картофеля и овощей. Проведен анализ изменений микробиологических показателей в сравнительных исследованиях.

Газовая среда, диффузия, газопроницаемость, пищевая пленка, картофель, кислород, азот, углекислый газ.

### **Введение**

Важнейшая проблема социально-экономического развития любой страны – достижение устойчивого продовольственного обеспечения населения. Это требует повышения эффективности производства сельскохозяйственной продукции. Проблемам агропромышленного комплекса уделяется особое внимание, что отражено национальным проектом «Развитие АПК». Особое место в его реализации отводится проблеме производства и переработки сельскохозяйственной продукции, в частности картофеля.

Одной из наиболее труднорешаемых проблем хранения полуфабрикатов из картофеля является предотвращение его микробиологической порчи и потемнения. В настоящее время существует несколько способов упаковки плодов и овощей, предотвращающих от потемнения сырого очищенного картофеля. Однако все они имеют ряд существенных недостатков, ограничивающих их применение при использовании полуфабрикатов подобного вида в системе общественного питания.

Одной из основных функций упаковки являются ее барьерные свойства, обеспечивающие защиту содержимого от вредных воздействий окружающей среды и максимально длительное сохранение его потребительских свойств.

При хранении в большинстве пищевых продуктов происходят химические и микробиологические изменения, основную роль в которых играют кислород, свет и температура. При этом свет может инициировать реакции, а температура определяет их кинетику [1]. Для устранения вредного влияния кислорода на продукты используют различные приемы: удаление кислорода, создание защитной атмосферы в упаковке, замораживание продуктов. Наиболее доступным является упаковывание, при котором кислород удаляется с помощью вакуума. В данном случае используют однослойные, многослойные и комбинированные пленки с высокими барьерными свойствами (термоусадочные пленки, термоформованные материалы) [5, 6].

### **Цель работы**

Целью работы явилось исследование диффузионных характеристик пищевой пленки при хранении

картофеля и овощей в РГС, позволяющей увеличить срок хранения, а также снизить потери нативных качественных характеристик сырого очищенного картофеля и овощей.

### **Материалы и методы исследований**

В качестве объектов исследований использовали картофель продовольственный ГОСТ Р 51808-2001, сорт «Невский»; пакет из многослойной пленки для продукции пищевой промышленности ГОСТ 12302-83; пищевую газовую смесь по ТУ 2114-014-00204760-06, содержащую углекислый газ CO<sub>2</sub> (ГОСТ 8050-85); кислород O<sub>2</sub> (ГОСТ 6331-78); азот N<sub>2</sub> (ГОСТ 9293-74).

Газопроницаемость и влагопроницаемость пленочных материалов определяли на системе UL-OX2/231 с учетом ГОСТ 21513-76, ГОСТ Р 51691-2000, ГОСТ Р 51693-2000. Показатели качества оценивали по общепринятым для промышленности показателям: органолептическую оценку по ГОСТ 9959; микробиологические показатели в соответствии с СанПиН 2.3.2.1078-01, ГОСТ Р 51447, ГОСТ 9958, ГОСТ 10444.15, ГОСТ Р 50474, ГОСТ 29185, ГОСТ Р 50480, ГОСТ 10444.2. Полученные результаты исследований статистически обрабатывали с использованием пакета программ Microsoft Excel 2007 [2, 3].

### **Результаты и их обсуждение**

Задачей первой части работы было определение проницаемости различных полимерных материалов для упаковки пищевых продуктов в РГС. Для этого провели сравнительные исследования на газопроницаемость следующих полимерных материалов: полипропилен, полиэтилентерефталат (лавсан), полиамид стандартной толщины, выпускаемой по ГОСТ 10354-82.

На барьерные свойства полимерных материалов существенное влияние оказывают:

- толщина полимерного материала (увеличение толщины пленки приводит к повышению барьерных свойств пленки);
- температура окружающей среды (понижение температуры повышает барьерные свойства пленочного материала).

Проницаемость различных полимерных материалов для кислорода, углекислого газа и азота представлена в табл. 1.

Таблица 1

Газопроницаемость полимерных материалов

Материал	Толщина, мкм	Газопроницаемость, $\text{см}^3/\text{м}^2/24 \text{ ч}$		
		O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Ориентированный полипропилен	20	1600	5500	960
Полиэтилентерефталат (лавсан)	12	20	200	20
	19	15	70	10
Неориентированный полиамид	20	30	105	18
	30	20	75	12
Ориентированный полиамид	12	30	105	18
	18	20	70	12

Результаты исследований, представленные в табл. 1, показали зависимость барьерных свойств полимерных материалов от толщины пленок по отношению к кислороду, углекислому газу и азоту. Получили следующую зависимость по степени уменьшения свойств: ориентированный полипропилен, полиэтилентерефталат (лавсан), неориентированный полиамид, ориентированный полиамид. Диффузия кислорода внутрь пакета возрастает по мере потребления его овощами в процессе дыхания, для ориентированного полипропилена самая высокая проницаемость –  $1600 \text{ см}^3/\text{м}^2/24 \text{ ч}$  и самая низкая для полиэтилентерефталата (лавсан) –  $15\text{--}20 \text{ см}^3/\text{м}^2/24 \text{ ч}$ . Проведенные исследования показали, что через пленку происходит диффузия газов: CO<sub>2</sub> диффундирует в окружающую среду со скоростью, величина которой определяется разницей между концентрациями CO<sub>2</sub> внутри и снаружи пленочной упаковки, а также газопроницаемостью пленки и величиной площади поверхности упаковки. При использовании ориентированного полипропилена наблюдается самая высокая скорость газопроницаемости  $5500 \text{ см}^3/\text{м}^2/24 \text{ ч}$ . Пакет из ориентированного полиамида обладает самой низкой газопроницаемостью  $20\text{--}30 \text{ см}^3/\text{м}^2/24 \text{ ч}$  по кислороду,  $70\text{--}105 \text{ см}^3/\text{м}^2/24 \text{ ч}$  по углекислому газу и  $12\text{--}18 \text{ см}^3/\text{м}^2/24 \text{ ч}$  по азоту. Неориентированный полиамид и полиэтилентерефталат (лавсан) занимают промежуточные места по данным показателям. Опыты показали, что проницаемость пленок для CO<sub>2</sub> в 2–5 раз выше, чем для кислорода. В связи с этим для CO<sub>2</sub> раньше достигается равновесная концентрация, чем для кислорода.

Одним из значимых показателей при хранении сырого очищенного картофеля и овощей является содержание остаточной влаги. Зависимость полимерных материалов по отношению к газопроницаемости представлена на рис. 1.

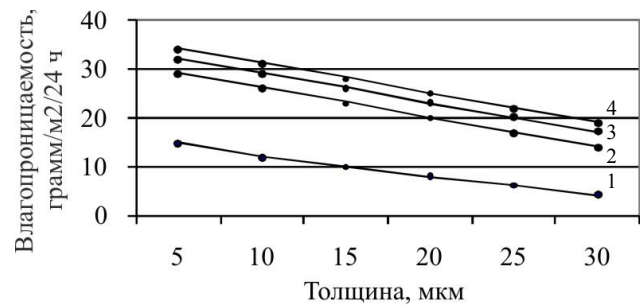


Рис. 1. Зависимость показателя газопроницаемости от толщины полимерного материала: 1 – ориентированный полиамид; 2 – неориентированный полиамид; 3 – полиэтилентерефталат (лавсан); 4 – ориентированный полипропилен

Экспериментальные данные, представленные на рис. 1, свидетельствуют о прямопропорциональной зависимости газопроницаемости от толщины используемых полимерных материалов. Газопроницаемость ориентированного полиамида снижается с  $15,0$  до  $6,2 \text{ грамм}/\text{м}^2/24 \text{ ч}$  при увеличении толщины материала с  $5$  до  $30 \text{ мкм}$ . Низкими барьерными свойствами обладает ориентированный полипропилен (при толщине пакета  $5 \text{ мкм}$  –  $35,7 \text{ грамм}/\text{м}^2/24$ , при  $30 \text{ мкм}$  –  $19,8 \text{ грамм}/\text{м}^2/24$ ). При использовании неориентированного полиамида и полиэтилентерефталата средней толщины  $15 \text{ мкм}$  газопроницаемость соответственно составляет  $26,0$  и  $25,1 \text{ грамм}/\text{м}^2/24$ . Таким образом, степень испарения влаги можно регулировать толщиной пленки, что будет обуславливаться также видом плодов и овощей и условиями хранения.

Хранение сырого очищенного картофеля сопровождается выделением влаги, которую необходимо выводить из пакета, соответственно показатель газопроницаемости материала должен быть высоким в промежутке от  $30,0$  до  $35,0 \text{ грамм}/\text{м}^2/24 \text{ ч}$ . Для других овощей, выделение влаги из которых незначительное, целесообразней использовать материал с высоким барьерным свойством по отношению к водяному пару, что способствует уменьшению пересыхания овощей в процессе хранения. Расположение полимерных пленок по степени убывания барьерных свойств по отношению к водяному пару следующее: ориентированный полиамид, неориентированный полиамид, полиэтилентерефталат (лавсан), ориентированный полипропилен.

Зависимость газопроницаемости полимерных материалов от температуры окружающей среды представлена на рис. 2. Для исследований использовались полимерные материалы с толщиной  $19\text{--}20 \text{ мкм}$ .

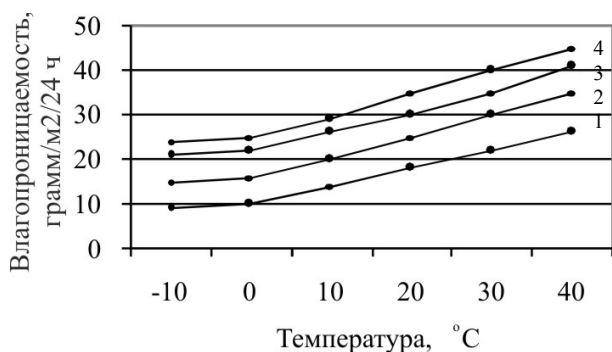


Рис. 2. Зависимость показателя влагопроницаемости от температуры использования материала: 1 – ориентированный полиамид; 2 – неориентированный полиамид; 3 – полиэтилентерефталат (лавсан); 4 – ориентированный полипропилен

Анализ результатов, представленных на рис. 2, показал, что барьерные свойства полимерных материалов напрямую зависят от температуры окружающей среды. Высокими барьерными свойствами обладают полимерные материалы при температуре от  $-10$  до  $+4$  °C. При увеличении температуры соответственно уменьшаются барьерные свойства. Оптимальной температурой хранения полуфабрикатов из картофеля и овощей является  $4 \pm 2$  °C, влагопроницаемость для ориентированного полиамида составляет  $10,6$  грамм/м<sup>2</sup>/24 ч, для ориентированного полипропилена –  $24,3$  грамм/м<sup>2</sup>/24 ч.

Газовая среда РГС в комплексе с полимерным материалом является защитой сырого очищенного картофеля и овощей от микроорганизмов и нежелательного потемнения, которые могут разрушать продукт даже при низких температурах. Смесь газов, выбранная на основе исследований и таких факторов воздействия на продукт, как тип и количество микроорганизмов, активность воды, кислотность, дыхание клеток, состав продукта, температура и особенности технологического процесса изготовления, позволяет продлить свежесть продуктов без консервации. Газы, находящиеся в воздухе, а именно азот, кислород, двуокись углерода, используются по отдельности или в комбинации для газовых смесей, в которых сохраняют картофель от потемнения и микробиологического заражения.

Диффузионные характеристики используемых газов являются важным критерием при расчете соотношения газов в смеси РГС. Результаты исследований представлены в табл. 2. Необходимо учесть, что  $\text{CO}_2$  в отличие от  $\text{N}_2$  очень легко поглощается в процессе дыхания картофеля. Следствием этого является снижение давления  $\text{CO}_2$  в упаковке с течением времени.

Таблица 2

Изменение состава газовой среды РГС

Срок хранения, сутки	Концентрация, %		
	$\text{O}_2$	$\text{N}_2$	$\text{CO}_2$
1	3,0	77,0	20,0
2	3,0	77,0	19,9
4	2,9	77,0	19,9
8	2,9	77,1	19,8
12	2,8	77,1	19,8
16	2,7	77,2	19,7
20	2,6	77,2	19,6
24	2,5	77,3	19,4
28	2,4	77,4	19,2
32	2,3	77,5	18,9

Таким образом,  $\text{CO}_2$  выходит из пленочной упаковки значительно быстрее, чем в нее из атмосферы проникает  $\text{N}_2$ . Поэтому в упаковке с  $\text{CO}_2$  создается пониженное давление. Для многих продуктов данный вакуумный эффект, уже упомянутый ранее, является положительным, поскольку он поддерживает свежий вид продукта. Одновременно с этим в качестве защитного газа используется  $\text{N}_2$ , поскольку при выделении из упаковки он замещается кислородом  $\text{O}_2$ . Таким образом, сохраняется привлекательный общий внешний вид сырого очищенного картофеля. Анализ полученных данных позволил получить соотношение газов для хранения сырого очищенного картофеля, технический результат достигается за счет использования в качестве консервирующего агента: углекислый газ до 20–30 % и смеси азота с кислородом в соотношении 100:1.

Результаты опытов, представленные в табл. 2, показали, что оптимальный состав газовой среды для разной свежей продукции индивидуален, но необходимо соблюдать соотношение  $P_{\text{CO}_2} : P_{\text{O}_2} > 1,6$ , которое зависит от сорта, вида и условий хранения. Для этого полимерный материал должен обладать некоторой кислородопроницаемостью для проникновения  $\text{O}_2$  внутрь упаковки со скоростью, обеспечивающей концентрацию  $\text{O}_2$  внутри упаковки значительно ниже, чем снаружи, во избежание анаэробного заражения и порчи продукта. При этом проницаемость упаковки по отношению  $\text{CO}_2$  не имеет существенного значения, поскольку оптимальная концентрация углекислого газа поддерживается внутри упаковки за счет процесса «дыхания».

При закладке на длительное хранение продукты должны быть качественными, чистыми и хорошо подготовленными вплоть до индивидуальной упаковки или обработки. Упаковывание в среде РГС производится на автоматической упаковочной машине, работающей по схеме: изготовление – заполнение – запечатывание. Машина обеспечивается системой подачи РГС.

Анализ микробиологических показателей в сравнительных исследованиях хранения картофеля представлен в табл. 3.

Таблица 3

Микробиологические показатели

Образец	КМА-ФАНМ, КОЕ/г, не более	БГКП (колиформы), в 1,0 г	Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы, в 25 г	L. monocytogenes, в 25 г	Дрожжи, КОЕ/г, не более	Плесени, КОЕ/г, не более
Норма*	$1 \times 10^4$	не допуск.	не допуск.	не допуск.	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^2$
После 1 суток хранения по традиционной технологии	$5,1 \times 10^1$	не обнаруж.	не обнаруж.	не обнаруж.	$1,0 \times 10^1$	$1,0 \times 10^1$
После 1 суток хранения по новой технологии	$5,0 \times 10^1$	не обнаруж.	не обнаруж.	не обнаруж.	$1,0 \times 10^1$	$1,0 \times 10^1$
После 30 суток хранения по традиционной технологии	$9,0 \times 10^1$	не обнаруж.	не обнаруж.	не обнаруж.	$6,0 \times 10^1$	$4,0 \times 10^1$
После 30 суток хранения по новой технологии	$6,0 \times 10^1$	не обнаруж.	не обнаруж.	не обнаруж.	менее $1,0 \times 10^1$	менее $1,0 \times 10^1$

\* Согласно требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01 п. 1.6.1.1.

Проведенный комплекс исследований доказал перспективность использования полимерных материалов в технологии упаковки картофеля и овощей в газовую среду. Определены газопроницаемые свойства материалов по отношению к кислороду, углекислому газу и азоту, проведен анализ барьерных свойств по влаге в зависимости от температуры и толщины материала. Экспериментально доказано, что для упаковки сырого очищенного картофеля целесообразней использовать пакет из ориентированного полиамида, для полуфабрикатов из овощей подходят неориентированный полиамид, полиэти-

лентерефталат (лавсан) или ориентированный полипропилен. Установлены параметры и условия хранения сырого очищенного картофеля и овощей в РГС в качестве консервирующего агента: углекислый газ до 20–30 % и смеси азота с кислородом в соотношении 100:1, при температуре от +4 до +8 °С в течение 25–30 суток. В процессе хранения готовые полуфабрикаты по сравнению с аналогами характеризовались лучшими органолептическими и микробиологическими показателями без изменения внешнего вида и потемнения.

#### Список литературы

1. Хранение и переработка плодов, овощей и картофеля в домашних условиях. – Минск: Урожай, 1971. – 144 с.
2. ГОСТ 7176-85. Картофель свежий продовольственный, заготавливаемый и поставляемый. Технические условия. – Введ. 01.09.1986. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1986. – 7 с.
3. Шевченко, В.В. Товароведение и экспертиза потребительских товаров / В.В. Шевченко, И.А. Ермилова, А.А. Вытовтов, Е.С. Поляк. – М.: Высшее образование, 2003. – 325 с.
4. Рейтлингер, С.А. Проницаемость полимерных материалов. – М.: Химия, 1974. – 272 с.
5. Horst-Christian Landowski. Neuentwicklungen bei Barrierefolien, S. 45–63 / Folienextrusion. VDI-Gesellschaft Kunststofftechnik. VDI Verlag GmbH, Dusseldorf, 2003.
6. Любешкина, П.Р. Триумф Упаковки // Наука и жизнь. – 2006. – № 10. – С. 78.

Общество с ограниченной ответственностью «МКС»,  
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Станционная, 2.  
Тел./факс: (3842) 39-68-45  
e-mail: mks.ooo@rambler.ru

#### SUMMARY

S.A. Ravnyushkin, E.V. Sanzharovsky, N.S. Velickovic

#### Investigation of diffusion properties of package for potato and vegetable storage

The diffusion properties of film coatings have been investigated. The analysis of the gas permeability of food films has been done. The permeability of various polymeric materials with respect to oxygen, carbon dioxide and nitrogen has been shown. Qualitative and quantitative characteristics of the gas mixture used as a preservative agent during storage of raw peeled potatoes and vegetables have been revealed. The analysis of microbial indices changes in comparative researches has been done.

Gas medium, diffusion, gas permeability, food film, potato, oxygen, nitrogen, carbon dioxide.

Limited Liability Company «MKS»  
2, Street Stacionnaya, Kemerovo, 650000, Russia  
Phone/Fax: +7(3842) 39-68-45  
e-mail: mks.ooo@rambler.ru

