
Хоконова М. Б.

Khokonova M. B.

**СПОСОБЫ СОЗДАНИЯ И ПОДДЕРЖАНИЯ В КАМЕРАХ ХРАНИЛИЩ
ГАЗОВОЙ СРЕДЫ ЗАДАННОГО СОСТАВА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
ГАЗООБРАЗНОГО АЗОТА**

**METHODS FOR CREATING AND MAINTAINING GAS MEDIUM
STORAGE CHAMBERS OF A SPECIFIED COMPOSITION
WHEN USING GASEOUS NITROGEN**

Важным условием хранения плодов в регулируемой атмосфере является строгое соблюдение требований, предъявляемых к режимным параметрам процесса хранения, т.е. температура, влажность, состав газовой среды. Рекомендуемая температура для хранения плодоовощной продукции поддерживается применением искусственного холода. Исследования проводились на ООО «Сады Баксана» и на кафедре «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции» в 2020 году. Возможные варианты создания и поддержания в камерах хранилищ газовой среды заданного состава при использовании газообразного азота зависят от степени герметизации внутренних объемов камер хранилищ. В работе представлены расчетные данные, характеризующие потребность в азоте и время формирования газовой среды в камере в зависимости от регламентированной концентрации кислорода в газовой смеси и расхода азота, поступающего на продувку камеры. Требования к герметичности камеры в процессе формирования газовой среды могут быть определены, исходя из условия обеспечения избыточного давления, достаточного для предотвращения проникновения в камеру наружного воздуха. Установлено, что расход азота и времени, необходимого для формирования в камере хранилища газовой среды заданного состава происходит путем вытеснения азотом воздуха из камеры до тех пор, пока концентрация кислорода в камере не снизится до установленного значения. При этом концентрация углекислого газа к моменту завершения формирования газовой среды в камере, как правило, не должна превышать 1%. Вытеснение воздуха азотом неизбежно сопровождается их смешиванием, в результате чего, часть азота, нагнетаемого в камеру, удаляется с вытесняемым воздухом.

An important condition for storing fruits in a controlled atmosphere is strict adherence to the requirements for the regime parameters of the storage process, i.e. temperature, humidity, composition of the gas environment. The recommended temperature for storing fruits and vegetables is maintained by using artificial cold. The research was carried out at LLC «Baksan gardens» and at the department «Technology of production and processing of agricultural products» in 2020. Possible options for creating and maintaining a gaseous medium of a given composition in the storage chambers using gaseous nitrogen depend on the degree of sealing of the internal volumes of the storage chambers. The paper presents some calculated data characterizing the need for nitrogen and the time of formation of the gaseous medium in the chamber, depending on the regulated concentration of oxygen in the gas mixture and the flow rate of nitrogen supplied to the purge of the chamber. The requirements for the tightness of the chamber during the formation of a gaseous medium can be determined based on the condition of providing an excess pressure sufficient to prevent the penetration of outside air into the chamber. It has been determined that the determination of the nitrogen consumption and the time required for the formation of a gaseous medium of a given composition in the storage chamber is carried out by displacing the air from the chamber with nitrogen until the oxygen concentration in the chamber decreases to the set value. In this case, the concentration of carbon dioxide at the time of completion of the formation of the gaseous medium in the chamber, as a rule, should not exceed 1%. The displacement of air by nitrogen is inevitably accompanied by their mixing, as a result of which part of the nitrogen injected into the chamber is removed with the displaced air.

Ключевые слова: хранилища, газовый состав, плодоовощное сырье, герметизация, концентрация кислорода, газообразный азот.

Key words: storage, gas composition, fruit and vegetable raw materials, sealing, oxygen concentration, nitrogen gas.

Хоконова Мадина Борисовна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, г. Нальчик
Тел.: 8 928 910 37 04
E-mail: dinakbgsha77@mail.ru

Khokonova Madina Borisovna – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the department of technology production and processing of agricultural product, FSBEI HE Kabardino-Balkarian SAU, Nalchik
Tel.: 8 928 910 37 04
E-mail: dinakbgsha77@mail.ru

Введение. Важным условием хранения плодов в регулируемой атмосфере является строгое соблюдение требований, предъявляемых к режимным параметрам процесса хранения, т.е. температура, влажность, состав газовой среды [1].

Рекомендуемая температура для хранения плодов поддерживается применением искусственного холода. Измерение и поддержание температуры на заданном уровне в период хранения осуществлялось как в автоматическом, так и ручном режимах с допустимым отклонением $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. В период хранения относительная влажность газовой среды должна поддерживаться в пределах 90-95%. Более низкая влажность будет причиной преждевременного увядания хранящихся плодов, а более высокая влажность из-за возможной неравномерности температурного поля по объему камер будет способствовать конденсации капельной влаги на поверхности плодов и тем самым более интенсивному развитию микрофлоры [2, 3].

Методология проведения работ. В качестве объектов исследований служило различное плодоовощное сырье в камере вместимостью 300 т. Плоды и овощи хранили в обычной (контроле) и в регулируемой атмосфере со следующими параметрами: 0% CO_2 , 5% O_2 ; 3% CO_2 , 5% O_2 ; 5% CO_2 , 10% O_2 . Температура хранения составляла 0-1 $^{\circ}\text{C}$.

Экспериментальная база. Исследования проводились на ООО «Сады Баксана» и на кафедре «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции» в 2020 году.

Результаты исследований. Существуют различные способы создания и поддержания в камерах хранилищ газовой среды заданного состава при использовании газообразного азота [4, 5]. Возможные варианты зависят от степени герметизации внутренних объемов камер хранилищ. По степени герметизации их можно разделить на группы:

- камеры с высокой степенью герметизации, в которых газообмен с окружающей средой настолько мал, что изменения состава газовой среды при отсутствии дополнительных воздействий определяются процессом дыхания хранящейся продукции – среднесуточный прирост концентрации углекислого газа и снижение концентрации кислорода при хранении таких продуктов, как яблоки, составляют не менее 0,5%;

- камеры с невысокой степенью герметизации, в которых в результате газообмена с внешней средой отсутствует существенное изменение состава газовой среды внутри помещений в процессе хранения продукции, а при искусственном формировании внутри таких камер газовой среды с низкой концентрацией кислорода среднесуточный приток кислорода в камеру в результате конвекции и диффузии превышает его убыль в результате дыхания продукции [6-8].

В настоящее время применяются в основном, методы, основанные на определении времени снижения избыточного давления внутри камеры на определенную величину или снижении концентрации углекислого газа на определенный процент [9].

Определение расхода азота и времени, необходимого для формирования в камере хранилища газовой среды заданного состава проводилось путем вытеснения азотом воздуха из камеры до тех пор, пока концентрация кислорода в камере не снизится до установленного значения (от 3 до 5% в зависимости от вида продукции, периода хранения) [10-12]. При этом концентрация углекислого газа к моменту завершения формирования газовой среды в камере, как правило, не должна превышать 1%. Вытеснение воздуха азотом неизбежно сопровождается их смешиванием, в результате чего часть азота, нагнетаемого в камеру, удаляется с вытесняемым воздухом.

Для случая полного перемешивания (идеального смешивания) можем записать:

$$\frac{dc}{d\tau} = C \frac{Q_2}{V_k},$$

где: $\frac{dc}{d\tau}$ – изменение концентрации

компонента смеси внутри камеры;

Таблица 1 – Расчетные значения количества азота и времени формирования газовой среды в камере со свободным объемом 1000 м³

Концентрация кислорода в газовой среде	Количество азота для формирования газовой среды	Время (ч) формирования газовой среды в камере при расходе азота, м ³ ·ч			
		50	100	200	400
2	2440	48,8	24,4	12,2	6,1
3	1950	39,0	19,5	9,8	4,9
4	1660	33,2	16,6	8,3	4,2
6	1250	15,0	12,5	6,3	3,2
8	960	19,2	9,6	4,8	2,4
10	725	14,4	7,2	3,6	1,8
12	560	11,2	5,6	2,8	1,4

Требования к герметичности камеры в процессе формирования газовой среды были определены, исходя из условия обеспечения избыточного давления 2 мм вод.ст., достаточного для предотвращения проникновения в камеру наружного воздуха. Расчетные значения показателя удельной негерметичности в этом случае при расходе азота 0,5 м³/т.ч составят 5,6-10⁻⁶ м²/м³, что примерно в 50 раз превышает предельный уровень негерметичности, регламентированный в нормативных требованиях к камерам для хранения плодоовощной продукции в измененной газовой среде.

Q_2 – расход газа, поступающего в камеру;
 V_k – свободный объем камеры;

По данным В.А. Гудковского и В.Е. Семашко, при подаче в камеру объемом 380 м³ генераторного газа, очищенного от примеси углекислого газа, с производительностью подачи (расходом) 46 м³/ч, время формирования газовой среды с концентрацией кислорода составило 17 ч. Получаем:

$$\tau = \frac{V_k}{Q_2} \ln \frac{C_{O_2}^B}{C_{O_2}^K} = \ln - \frac{21}{3} \cdot \frac{380}{46} = 16,2 \text{ ч},$$

что совпадает с результатом эксперимента.

В таблице 1 представлены некоторые расчетные данные, характеризующие потребность в азоте и время формирования газовой среды в камере в зависимости от регламентированной концентрации кислорода в газовой смеси и расхода азота, поступающего на продувку камеры.

Область применения результатов:

пищевая промышленность.

Выводы. Таким образом, на основании проведенных исследований, определен расход азота и времени, необходимого для формирования в камере хранилища газовой среды заданного состава. Процесс формирования газовой среды заданного состава осуществляется путем вытеснения азотом воздуха из камеры до тех пор, пока концентрация кислорода в камере не снизилась до установленного значения. При этом концентрация углекислого газа к моменту завершения формирования газовой среды в камере, как правило, не должна превышать 1%. Вытеснение воздуха азотом

неизбежно сопровождается их смешиванием, в результате чего, часть азота, нагнетаемого в камеру, удаляется с вытесняемым воздухом.

Литература

1. *Хоконова М.Б., Абдулхаликов Р.З.* Современные способы хранения плодовоовощной продукции: учебное пособие. – Нальчик: «Принт Центр», 2016. – 204 с.
2. *Мукашлов М.Д., Хоконова М.Б.* Плодовоовощные консервы профилактического назначения // Проблемы развития АПК региона. – Махачкала. – № 2 (30). –2017. – С. 94-98.
3. *Филатов В.И.* Агробиологические основы производства, хранения и переработки продукции растениеводства: учебник. – М.: КОЛОС, 1999. – 724 с.
4. *Иванова Е.П.* Управление качеством сельскохозяйственной продукции. Практикум: учебное пособие. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 148 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http:// e.lanbook.com](http://e.lanbook.com)
5. *Елисеева Л.Г.* Идентификационная и товарная экспертиза продуктов растительного происхождения: учебное пособие для студ. вузов, обуч. по спец. «Товароведение и экспертиза товаров». – М.: ИНФРА, 2013. – 524 с.
6. *Рогов И.А.* Консервирование пищевых продуктов холодом: учебное пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: КолосС, 2002. – 184 с.
7. *Манжесов В.И., Попов И.А.* Технология послеуборочной обработки, хранения и предреализационной подготовки продукции растениеводства: учебное пособие. – 2-е изд. – М.: Лань, 2018. – 624 с.
8. *Неменушная Л.А.* Современные технологии хранения и переработки плодовоовощной продукции: научное издание. – М.: Росинформагротех, 2009. – 172 с.
9. *Поморцева Т.И.* Технология хранения и переработки плодовоовощной продукции: учебное пособие для студ. учреждений сред. проф. образ. – 2-е изд. стереот. – М.: Академия, 2003.– 136 с.
10. *Романова Е.В., Введенский В.В.* Технология хранения и переработки продукции растениеводства: учебное пособие. – М.: Российский университет дружбы народов, 2012. – 188 с. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://biblioclub.ru>
11. *Неменушная Л.А., Степанничева Н.М.* Современные технологии хранения и переработки плодовоовощной продукции: научное издание.– М.: Росинформагротех, 2009. – 172 с.
12. *Технология пищевых производств / Под ред. А.П. Нечаева.* – М.: Колос, 2007. – 189 с.

References

1. *Hokonova M.B., Abdulhalikov R.Z.* Sovremennyye sposoby hraneniya plodoovoshchnoy produkcii: uchebnoe posobie. – Nal'chik: «Print Centr», 2016. – 204 s.
2. *Mukailov M.D., Hokonova M.B.* Plodoovoshchnyye konservy profilakticheskogo naznacheniya // Problemy razvitiya APK regiona. – Mahachkala. – № 2 (30). –2017. – S. 94-98.
3. *Filatov V.I.* Agrobiologicheskiye osnovy proizvodstva, hraneniya i pererabotki produkcii rastenievodstva: uchebnyk. – M.: KOLOS, 1999. – 724 s.
4. *Ivanova E.P.* Upravleniye kachestvom sel'skohozyajstvennoy produkcii. Praktikum: uchebnoe posobie. – Sankt-Peterburg: Lan', 2019. – 148 s. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: [http:// e.lanbook.com](http://e.lanbook.com)
5. *Eliseeva L.G.* Identifikacionnaya i tovarnaya ekspertiza produktov rastitel'nogo proiskhozhdeniya: uchebnoe posobie dlya stud. vuzov, obuch. po spec. «Tovarovedeniye i ekspertiza tovarov». – M.: INFRA, 2013. – 524 s.
6. *Rogov I.A.* Konservirovaniye pishchevyh produktov holodom: uchebnoe posobie. – 3-e izd., pererab. i dop. – M.: KolosS, 2002. – 184 s.
7. *Manzhesov V.I., Popov I.A.* Tekhnologiya posleuborochnoy obrabotki, hraneniya i predrealizacionnoy podgotovki produkcii rastenievodstva: uchebnoe posobie. – 2-e izd. – M.: Lan', 2018. – 624 s.
8. *Nemenuyushchaya L.A.* Sovremennyye tekhnologii hraneniya i pererabotki plodoovoshchnoy produkcii: nauchnoe izdanie. – M.: Rosinformagrotekh, 2009. – 172 s.
9. *Pomorceva T.I.* Tekhnologiya hraneniya i pererabotki plodoovoshchnoy produkcii: uchebnoe posobie dlya stud. uchrezhdenij sred. prof. obraz. – 2-e izd. stereot. – M.: Akademiya, 2003.– 136 s.
10. *Romanova E.V., Vvedenskiy V.V.* Tekhnologiya hraneniya i pererabotki produkcii rastenievodstva: uchebnoe posobie. – M.: Rossijskiy universitet druzhby narodov, 2012. – 188 s. – [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://biblioclub.ru>
11. *Nemenuyushchaya L.A., Stepanishcheva N.M.* Sovremennyye tekhnologii hraneniya i pererabotki plodoovoshchnoy produkcii: nauchnoe izdanie.– M.: Rosinformagrotekh, 2009. – 172 s.

12. Tekhnologiya pishchevyh proizvodstv / *Pod red. A.P. Nechaeva.* – M.: Kolos, 2007. – 189 s.