

2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

3. Монтгомери Д.К. Планирование эксперимента и анализ данных / Д.К. Монтгомери. – Л.: Судостроение, 1980. – 382 с.



УДК 631.365:635.1

И.А. Худоногов,
В.Д. Очиров

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ИК-ЭНЕРГОПОДВОДА НА КАЧЕСТВЕННЫЕ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СУШЕНЫХ КОРНЕПЛОДОВ МОРКОВИ

Ключевые слова: ИК-энергоподвод, сушка, карамелизация, температура нагрева, корнеплод, морковь, активно действующие вещества, витамин, каротин, сахар.

Из сельскохозяйственных продуктов растительного происхождения морковь – одна из ценных овощных культур. Она играет важную роль в жизни человека, обладая богатым содержанием необходимых для организма активно действующих веществ, стала неотъемлемой частью питания. Так, потребление 18-20 г моркови восполняет суточную потребность человеческого организма в каротине, столь необходимого для нормального функционирования сердца, печени, органов пищеварения, дыхательных путей, роговицы глаза и слезных желез. Особенно ценна и важна морковь в диетическом питании как стимулятор роста молодого организма [1].

По данным института питания РАН, потребление моркови на человека должно составлять 12 кг в год. Причем необходимо обеспечить население этой ценной продукцией не только в сезон заготовки, но в течение всего года [2]. В настоящее время нормы потребления моркови удовлетворяются далеко не полностью и неравномерно в течение года. Это в значительной мере связано с существенными потерями при хранении, достигающими порой 30-50% от закладываемой на хранение моркови [3].

Для обеспечения круглогодичного снабжения населения морковью одним из перспективных способов ее консервирования является сушка. Следует также

особо отметить, что в последнее время на внутреннем и внешнем рынках растет спрос на поливитаминные оздоровительные чаи на основе корнеплодов моркови. Технологическая стадия сушки корнеплодов моркови представляет одну из важнейших технологических стадий в процессе промышленного производства поливитаминного чая [4].

Анализ принципов, методов, способов и средств для процессов термообработки растительного сырья показал, что наиболее эффективными из них являются те, которые базируются на использовании энергии, превращенной в инфракрасное (ИК) излучение.

К процессу ИК-сушки растительного сырья предъявляют требования обеспечения качества и микробиологической чистоты при максимально возможном сохранении в нём большинства его биологически активных компонентов и минимальном расходе энергии. Выполнить указанные требования можно на основе оптимального управления ИК-облучением с учётом результатов лабораторных и производственных экспериментальных исследований по удалению влаги из материалов растительного происхождения.

Целью настоящего исследования являлось выявление степени воздействия режимов ИК-обработки на содержание активно действующих веществ. Поэтому нами при исследовании технологии сушки корнеплодов моркови ИК-нагрев рассматривался не только как метод интенсивной термической обработки, но и как процесс более глубокого воздействия на физико-химическую и биологическую

природу материала, в частности, на содержание каротина и сахара, входящего в состав сухого продукта.

По исследованиям В.Ю. Валушиса и нашим данным, зависимость каротина от температуры нагрева растений приведена на рисунке 1 [5].

Из рисунка 1 следует, что относительно небольшое повышение температуры в процессе сушки приводит к значительным потерям каротина. Повышение температуры нагрева корнеплодов моркови в процессе сушки с 60 до 70°C приведет к потерям каротина в 5 раз.

В зависимости от физико-химических и геометрических свойств продукта в процессе сушки корнеплодов моркови в рабочей камере поддерживался оптимальный температурный режим.

Учитывая функциональные возможности ИК-излучения, известно, что из одного и того же вида сырья растительного происхождения можно получить поливитаминный чай с различным целевым назначением. Для придания специального вкуса корнеплодов моркови нами проводилась операция по карамелизации углеводов. Процесс карамелизации углеводов осуществлялся при температуре процесса, превышающей 150°C. Для экспериментальных исследований ИК-обработки корнеплодов моркови были использованы излучатели типа КГ.

Эксперименты проводили по следующей схеме. Были выбраны два сорта, отличающиеся содержанием каротина. Один из них с высоким содержанием каротина, а другой – с низким. Морковь сортировали, мыли и определяли в ней содержание

каротина и сахара до ИК-обработки, после чего проводили термообработку корнеплодов моркови широтно-прерывным методом [6]. Были исследованы 3 варианта широтно-прерывного метода ИК-энергоподвода в каждом последующем цикле:

- 1) с постоянным уровнем энергоподвода (рис. 2);
- 2) с повышением уровня энергоподвода (рис. 3);
- 3) с понижением уровня энергоподвода (рис. 4).

Сущность широтно-прерывного метода управления энергоподводом в процессах переработки корнеплодов моркови состоит в том, что сохраняется неизменным период цикла $T_{ц}$, в течение которого происходят включение и отключение ИК-облучателя, изменяется интервал τ_p , в течение которого происходит его включение. Оставляя постоянным интервал τ_p и изменяя период цикла $T_{ц}$, получим частотно-прерывный метод управления энергоподводом. Следовательно, изменяя значение τ_p и $T_{ц}$ (или то и другое одновременно), можно изменять среднее значение энергоподвода в процессах переработки корнеплодов моркови.

Результаты экспериментальных исследований по влиянию прерывного ИК-облучения на процесс сушки корнеплодов моркови приведены в таблицах 1 и 2.

Анализ в готовом продукте на содержание каротина и сахара проводился в Иркутской межобластной ветеринарной лаборатории; исследования на содержание каротина и сахара – соответственно, по ГОСТ 13496.17-95 и ГОСТ 26176-91.

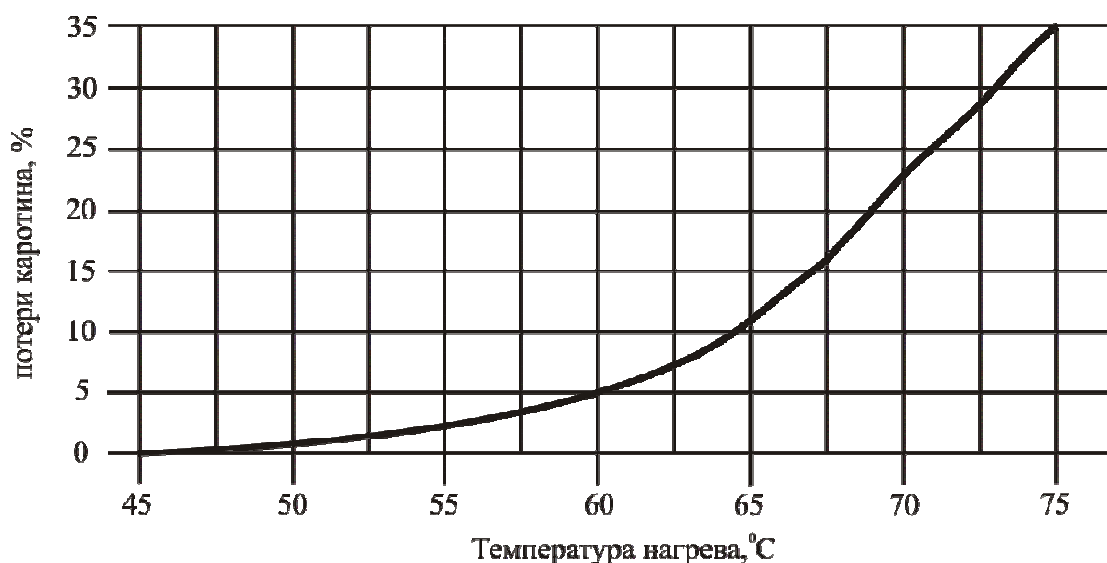


Рис. 1. Зависимость потерь каротина от температуры нагрева

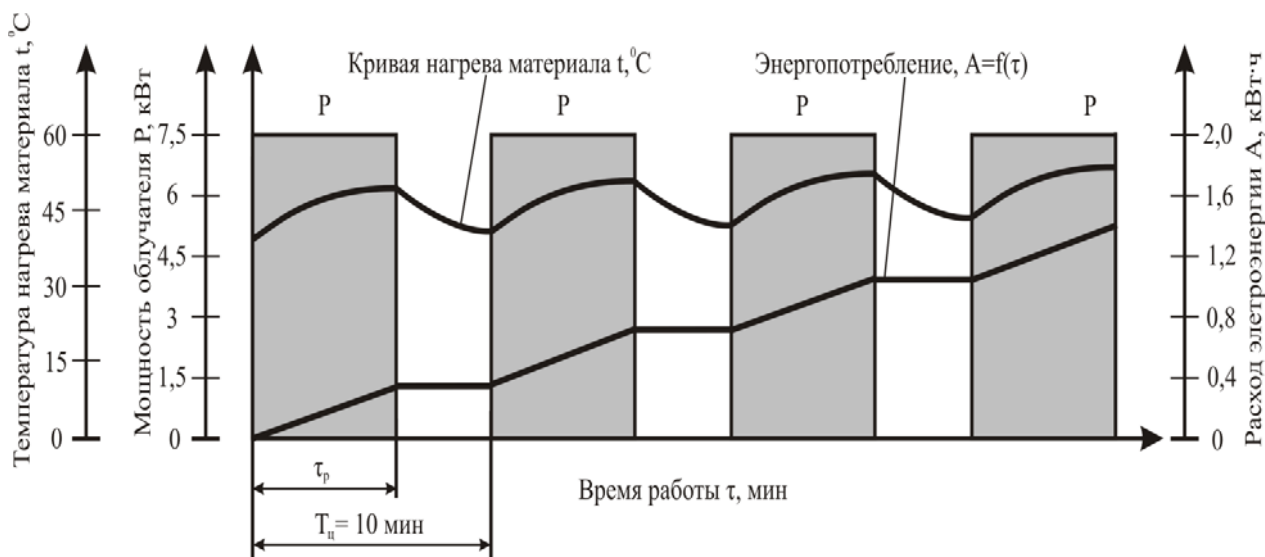


Рис. 2. Широтно-прерывный метод управления с постоянным уровнем энергоподвода в каждом последующем цикле

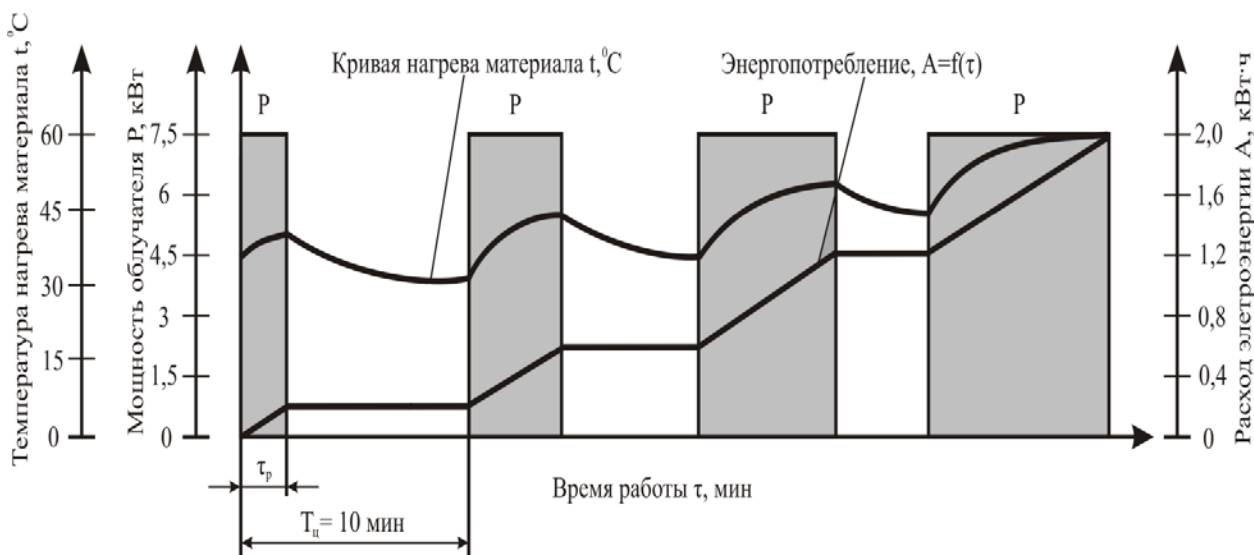


Рис. 3. Широтно-прерывный метод управления с повышением уровня энергоподвода в каждом последующем цикле

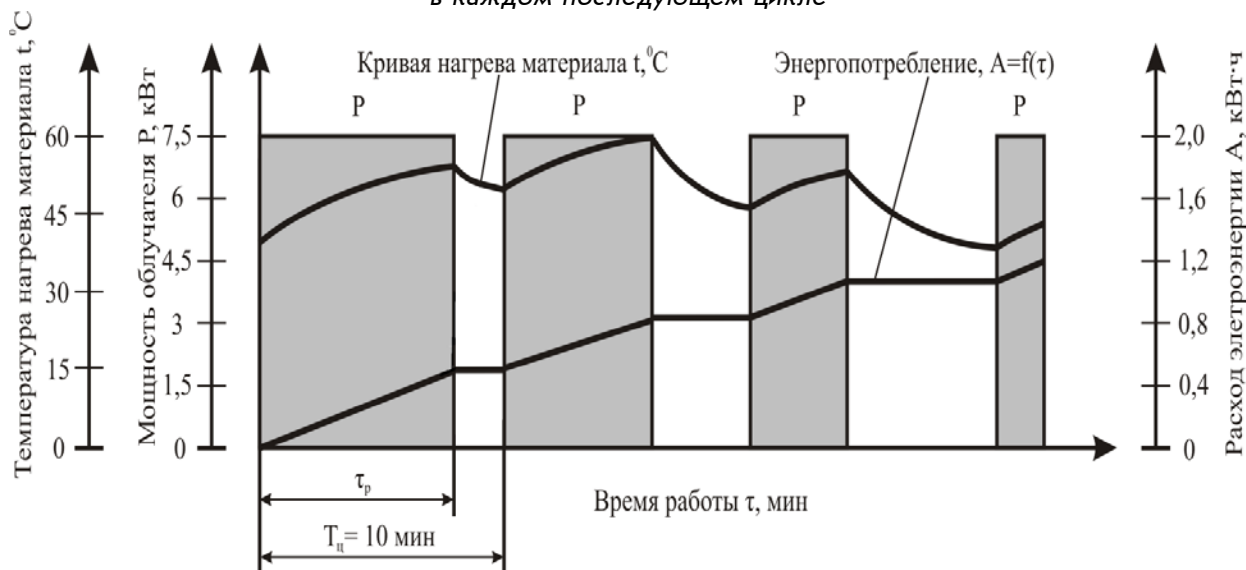


Рис. 4. Широтно-прерывный метод управления с понижением уровня энергоподвода в каждом последующем цикле

Таблица 1

Результаты экспериментальных исследований по сушке корнеплодов моркови с высоким содержанием каротина прерывным ИК-облучением

| Вид эксперимента | W, % до сушки | W, % после сушки | Содержание каротина, мг/кг | Содержание сахара, % | Удельный расход энергии, кВт·ч/кг |
|------------------------------------|---------------|------------------|----------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| С постоянным уровнем энергоподвода | 85 | 12 | 720,8 | 53,36 | 1,4 |
| С понижением уровнем энергоподвода | 85 | 13 | 722,8 | 54,25 | 1,2 |
| С повышением уровня энергоподвода | 85 | 15 | 708,2 | 55,26 | 2,1 |
| Карамелизация | 85 | 7 | 590,7 | 57,4 | 0,95 |
| Исходный материал | 85 | - | 750 | 50,6 | - |

Таблица 2

Результаты экспериментальных исследований по сушке корнеплодов моркови с низким содержанием каротина прерывным ИК-облучением

| Вид эксперимента | W, % до сушки | W, % после сушки | Содержание каротина, мг/кг | Содержание сахара, % | Удельный расход энергии, кВт·ч/кг |
|------------------------------------|---------------|------------------|----------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| С постоянным уровнем энергоподвода | 87 | 13 | 301,6 | 45,7 | 1,3 |
| С понижением уровнем энергоподвода | 87 | 12 | 301,6 | 48,57 | 1,2 |
| С повышением уровня энергоподвода | 87 | 13 | 270,5 | 40,1 | 2,2 |
| Карамелизация | 87 | 6 | 218,4 | 57 | 0,9 |
| Исходный материал | 87 | - | 315 | 40,0 | - |

Полученные данные свидетельствуют о том, что в процессе сушки при низких температурах (до 60⁰С) сохранение каротина близко к исходному материалу, но при этом продукт выходит с низким содержанием сахара. В процессе карамелизации углеводов, когда температура процесса значительно превышает 150⁰С, происходит обратная картина, т.е. высокое содержание сахара и низкое содержание каротина. Из низкотемпературных режимов более целесообразно применение режима управления прерывным ИК-облучением с понижением уровня энергоподвода в каждом последующем цикле.

Результаты проведенных исследований показали, что качество корнеплодов моркови, высушенных в ИК-установках, отвечают требованиям действующей нормативно-технической документации. В зависимости от выбранного режима или функции ИК-нагрева сухая морковь будет

иметь разный количественный и качественный состав активно действующих веществ. Готовый продукт характеризуется повышенной биологической и энергетической ценностью, что создает прекрасные предпосылки использования сушеных корнеплодов моркови в лечебных и профилактических целях.

Библиографический список

1. Прищеп Л.Г. Эффективная электрификация защищенного грунта / Л.Г. Прищеп. – М.: Колос, 1980. – 208 с.
2. Алексакин В.И. Овощеводство открытого грунта / В.И. Алексакин, Р.А. Андреева, Ю.П. Антонов и др. – М.: Колос, 1984. – 208 с.
3. Концепция развития механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства России на 1995 год и на период до 2000 года. – М.: РАСХН, 1992. – 185 с.

4. Худоногов И.А. Средство для повышения управляющей деятельности машиниста локомотива / И.А. Худоногов, Е.Г. Худоногова // Вестник КрасГАУ. – 2006. – № 10. – С. 284-288.

5. Валушис В.Ю. Основы высокотемпературной сушки кормов / В.Ю. Валушис. – М.: Колос, 1977. – 304 с.

6. Худоногов И.А. Ресурсосберегающие принципы управления ИК-энергоподводом в процессах переработки лекарственных растений в оздоровительный чай / И.А. Худоногов // Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 1. – С. 127-132.

