

Энергосберегающие устройства инфракрасной сушки сельскохозяйственной продукции

*А.А. Завалий, д.т.н., В.С. Рутенко, к.т.н.,
АБИП ФГАОУ ВО Крымский ФУ*

Сушка — один из основных способов первичной переработки и подготовки к длительному хранению сельскохозяйственной продукции [1–12].

В отличие от других методов консервации, инфракрасная (ИК) сушка позволяет получить живой продукт, т.е. продукт, сохраняющий все биологически ценные свойства свежих овощей и фруктов, мяса. Эти свойства продукты ИК-сушки сохраняют длительное время. Так, если свежие яблоки теряют витамин С уже к концу декабря — началу января, то яблоки после ИК-сушки сохраняют не менее 80% витамина С до апреля — мая.

ИК-сушка — природный, естественный, экологически чистый способ консервации продуктов питания, используемый человеком на протяжении тысячелетий. Продукты инфракрасной сушки растительного сырья практически полностью сохраняют витаминный состав свежих растений, цвет свежих продуктов, имеют насыщенный аромат и вкус. Продукты сушки мяса сохраняют легко усваиваемые белки, в частности миозин. Благодаря сохранности белка миоглобина сушёное мясо имеет красноватый оттенок, что позволяет не использовать красители.

Энергетические затраты на сушку в 2 раза ниже, чем на хранение в холодильнике, продукт сушки не требует дополнительных энергетических затрат при хранении. Существенное увеличение эффективности сушки возможно при комбинировании инфракрасной и конденсационной сушки, позволяющей сохранять фруктовый и овощной конденсаты, обладающие пищевой, косметологической и фармакологической ценностью.

Устройства для сушки должны удовлетворять следующим требованиям:

- быть универсальными по отношению к продукту сушки;
- обеспечивать санитарные нормы обработки сырья;
- обеспечивать сохранение в продукте сушки биологически ценных компонентов сырья;
- иметь высокую производительность, низкие эксплуатационные затраты и низкую цену.

Эффективными принято считать устройства, в которых затраты на испарение 1 кг влаги из растительного сырья не превышают 1,2 кВт·час.

Для сохранения биологически активных компонентов сырья в продукте сушки процесс удаления влаги из сырья должен осуществляться при низких значениях его температуры. При этом подвод теплоты к поверхности всего продукта сушки должен быть одинаковым. Технически эти требования в применяемых устройствах сушки не выполняются.

В различной степени указанным требованиям удовлетворяют устройства конвективной и радиационной или инфракрасной сушки. При этом устройства инфракрасной сушки обладают рядом существенных преимуществ:

- стоимость устройства инфракрасной сушки существенно ниже стоимости устройства конвективной сушки при равной производительности;
- затраты энергии на сушку в устройстве инфракрасной сушки на 20–40% ниже, чем в устройствах конвективной сушки;
- удельные затраты энергии в устройствах инфракрасной сушки одинаковы как при полной, так и при частичной загрузке сырьём.

Нами для предварительной сушки до равновесной влажности продукта в условиях сельскохозяйственных предприятий предлагается использовать высокоэффективные устройства инфракрасной сушки, не имеющие аналогов. Устройства обеспечивают равномерную высококачественную сушку

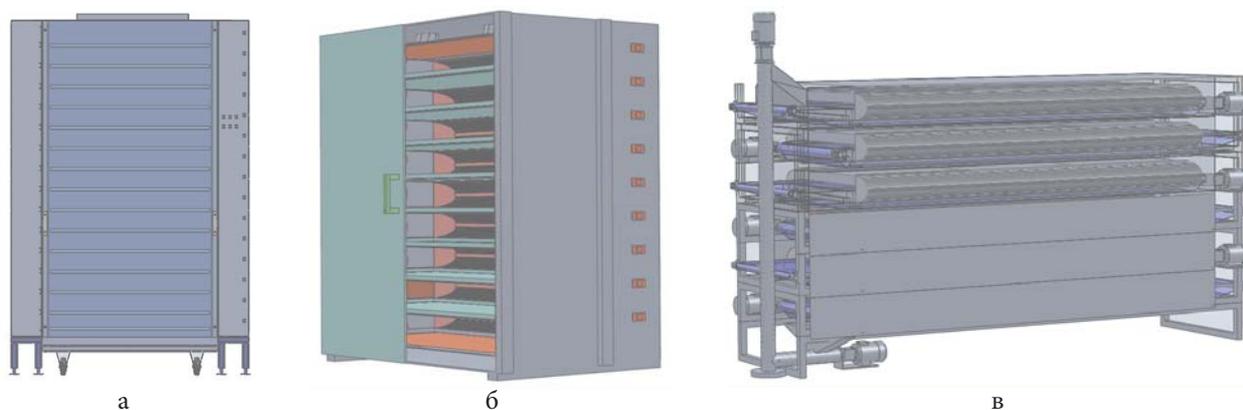


Рис. 1 – Устройства инфракрасной сушки:
а – многоярусный шкаф 2 м³; б – многоярусный шкаф 0,6 м³; в – конвейер ИК-сушки виноградной выжимки

растительного (фруктов, овощей, трав) и животного сырья при объёмной производительности, немногим уступающей устройствам конвективной сушки, и представляют собой шкафные и конвейерные устройства с рабочим объёмом для размещения продукта слоем толщиной 5–50 мм на сетчатых лотках или лентах, составляющим 2 м³, 0,6 м³ и 0,04 м³ (рис. 1). Затраты энергии на процесс ИК-сушки растительного сырья в этих устройствах составляют 0,9–1,4 кВт·час/кг испарённой влаги, или 2,2–4,9 кВт·час/кг готовой продукции.

Отличительной особенностью конструкции устройств является облучение продукта отраженным от профилированных зеркал тепловым излучением высокотемпературных источников – электрических линейных ламп накаливания. Профилированные зеркала выполнены из зеркально полированного алюминиевого листа толщиной 0,4 мм. Такой способ передачи теплоты к продукту сушки позволил вынести источники излучения из рабочего объёма устройства, существенно уменьшить расстояние между лотками или ярусами устройства, обеспечить равномерное распределение теплоты по поверхности лотков. Энергия теплового излучения поступает непосредственно на поверхность продукта сушки и расходуется на испарение влаги. Испарённая влага уносится из устройства вытяжными вентиляторами, обеспечивающими минимально необходимый расход воздуха через рабочий объём устройства сушки. Поступающий в устройство воздух предварительно обтекает горячие поверхности отражателей, рекуперировав тем самым теплоту для процесса сушки, что позволило отказаться от рециркуляции воздуха в устройстве, теплоизоляции его корпуса и обеспечило его низкую стоимость. Для обеспечения равномерного подвода энергии теплового излучения к поверхности продукта сушки создано теоретическое и экспериментальное обоснование организации рационального распределения инфракрасного излучения по поверхности продукта сушки.

Использование высокотемпературных источников теплового излучения позволяет реализовать режимы сушки с изменяющейся во времени тепловой нагрузкой камеры как в целом для всего устройства, так и для отдельно взятых лотков. В частности, использовать при необходимости только часть лотков устройства.

Повысить энергетическую эффективность камер ИК-сушки позволяет их дооснащение устройствами подогрева воздуха, вентилирующего рабочий объём камеры. Такие устройства представляют собой концентраторы солнечной энергии, используемой для нагрева воздуха перед входом в камеру. Использование солнечных концентраторов позволяет в период с августа по ноябрь включительно на 20–8% снизить затраты энергии.

Качественно улучшить технологию предварительной сушки позволяет использование комби-

нации устройства ИК-сушки и теплового насоса. Такое комбинированное устройство позволяет снизить затраты энергии до 0,5–0,7 кВт·час/кг испарённой влаги, или 1,2–2,1 кВт·час/кг готовой продукции. Эти затраты равны или меньше скрытой теплоты парообразования влаги в требуемом диапазоне температур продукта в ходе сушки. Вторым существенным преимуществом использования комбинации устройства ИК-сушки и теплового насоса является получение конденсата из продукта сушки, представляющего собой биологически активную влагу, насыщенную ароматическими веществами. Каждые 100 кг сырых овощей или фруктов позволяют получать от 50 до 70 кг ароматического конденсата. Сфера применения конденсата охватывает как пищевую, так и косметическую и фармакологическую промышленности.

Недостатком комбинированных устройств является высокая стоимость теплового насоса, тепловая мощность которого должна быть равна потребляемой электрической мощности источников излучения устройства ИК-сушки. Эффективное использование таких устройств возможно только при круглогодичной эксплуатации.

Созданы и используются экспериментальные устройства, оснащённые компьютерными комплексами для измерения физических параметров тепловых и массообменных процессов. Разработаны технологические процессы, изготовлена экспериментальная оснастка для производства устройств инфракрасной сушки, функционирует экспериментально-производственная лаборатория, выполняется сушка растительного и животного сырья (рис. 2).

Инфракрасная сушка как эффективный способ консервации может с успехом применяться в одном из направлений массового производства продуктов питания – производстве натуральных пищевых порошков из растительного и животного сырья, измельчённых сухих овощей и фруктов.

Использование высокопроизводительного и дорогостоящего оборудования для изготовления и упаковки сухих порошков и измельчённых продуктов эффективно при производстве сотен тонн продукта в год специализированными предприятиями, сырьевой базой которых являются большие площади сельскохозяйственных угодий, зачастую размещённые на значительном расстоянии от перерабатывающих предприятий. Сырьём для производства сухих пищевых продуктов являются овощи и фрукты, транспортируемые в свежем виде от сельскохозяйственного производителя на перерабатывающее предприятие (рис. 3). Недостатками такой технологии взаимодействия производителя сырья и перерабатывающего предприятия являются:

– транспортируется продукт, относительная влажность которого составляет 75–90%, т.е. 70–85% массы перевозимого груза представляет собой влагу, удаляемую из продукта при сушке;

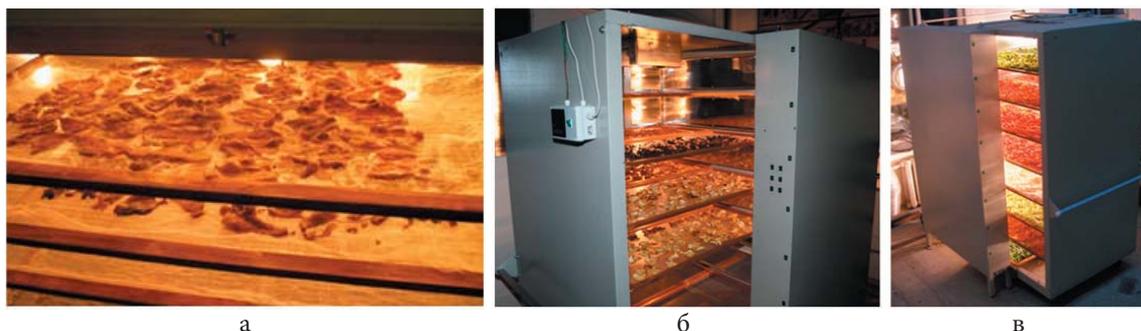


Рис. 2 – Сушка в инфракрасных камерах:
а – сушка чипсов из свинины; б – сушка яблок; в – сушка овощей



Рис. 3 – Технология взаимодействия производителя сырья и перерабатывающего предприятия:
цепочка «производство – транспортировка – переработка»

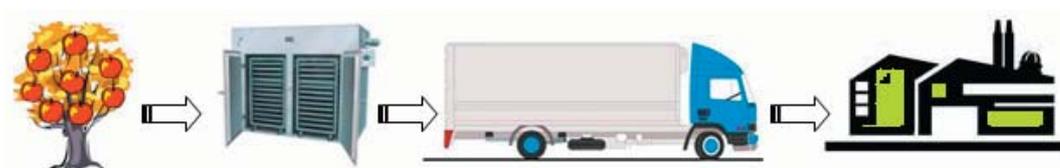


Рис. 4 – Технология взаимодействия производителя сырья и перерабатывающего предприятия:
цепочка «производство – предварительная сушка – транспортировка – переработка»

– перевозимое сырьё должно быть сортовым, минимизировать потери из-за порчи в течение транспортировки;

– сырьё необходимо транспортировать в течение сбора урожая, снижая сроки хранения сырья у производителя;

– для хранения сырья необходимы специальные климатические помещения – холодильные камеры;

– нет возможности использовать несортное сырьё.

Альтернативной технологией переработки сельскохозяйственного сырья является включение в цепочку «производство – транспортировка – переработка» предварительной сушки сырья в условиях производителя (рис. 4). Предварительная сушка – сушка крупно измельчённого сырья до равновесной влажности.

Преимуществами такой технологии являются:

– транспортируется продукт, относительная влажность которого составляет 16–18%, т.е. перевозимая масса груза содержит не более 10% удаляемой при переработке влаги;

– предварительной сушке подвергается как сортовое, так и несортное сырьё;

– предварительная сушка обеспечивает продолжительное хранение продукта без использования холодильных установок, что позволяет транспор-

тировать предварительно высушенное сырьё по мере необходимости.

Выводы. Устройства инфракрасной и комбинированной сушки сельскохозяйственной продукции могут выполняться производительностью от 50 до 5000 кг продукта сушки в сутки, обеспечивая при этом безотходное производство высококачественных продуктов из растительного и животного сельскохозяйственного сырья.

Технологии инфракрасной и комбинированной сушки сельскохозяйственной продукции различного вида обеспечивают сохранение биологически ценных компонентов исходного сырья и включают в себя технологии импульсного и ступенчатого теплового воздействия, предварительной обработки сырья пищевыми кислотами и совместной сушки разнородных продуктов.

Использование таких устройств и технологий в производстве сушёных продуктов и пищевых порошков позволяет не только получать экологически чистый продукт, сохранивший питательную ценность исходного сырья, но и существенно повысить экономическую эффективность производственных процессов за счёт снижения потерь сырья, затрат на процесс сушки, транспортировку и хранение полуфабрикатов.

Применение устройств инфракрасной сушки в условиях сельскохозяйственных предприятий

позволит повысить эффективность производства и качество продукции переработки сельскохозяйственного сырья, снизить зависимость производителя от услуг посредников и торговых организаций, снизить стоимость продукции для потребителя.

Литература

1. Бурич О., Берки Ф. Сушка плодов и овощей: пер. с венг. М.: Пищевая промышленность, 1978. 275 с.
2. Гинзбург А.С. Инфракрасная техника в пищевой промышленности. М.: Пищевая промышленность, 1966. 407 с.
3. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. М.: Пищевая промышленность, 1973. 528 с.
4. Гинзбург А.С. Технология сушки пищевых продуктов. М.: Пищевая промышленность, 1976. 250 с.
5. Ковальчук Ф.И., Чигринцев Н.И. Технология сушки плодов и овощей. М.: Пищпромиздат, 1938. 185 с.
6. Лебедев П.Д. Сушка инфракрасными лучами. М.: Госэнергоиздат, 1955. 229 с.
7. Лыков А.В. Теория сушки. М.: Энергия, 1968. 472 с.
8. Чагин О.В., Кокина Н.Р., Пастин В.В. и др. Оборудование для сушки пищевых продуктов. Иваново: Ивановский химико-технологический университет, 2007. 138 с.
9. Рогов И.А. СВЧ и инфракрасный нагрев пищевых продуктов. М.: Энергия, 1976. 472 с.
10. Снежкин Ю.Ф., Боряк Л.А., Избасаров Д.С. Энергосбережение и интенсификация процесса сушки импульсным ИК-облучением // Промышленная теплотехника. 2001. № 4–5. С. 90–94.
11. Филоненко Г.К., Гришин М.А., Гольденберг Я.М. и др. Сушка пищевых растительных материалов. М.: Пищевая промышленность, 1971. 434 с.
12. Фан-Юнг А.Ф., Флауменбаум Б.Л., Изотов А.К. Технология консервирования плодов и овощей. М.: Пищпромиздат, 1956. 415 с.