

УДК 631.365: 633.71

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ И СПОСОБОВ  
СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ТАБАКА  
И ПЛОДОВООЩНОЙ ПРОДУКЦИИ**

**Чернов А.В.**

350072, г. Краснодар, ул. Московская, 42  
ФГБНУ ВНИИТТИ  
ChernovAlexander909@yandex.ru

В современных условиях жесткой конкуренции и подорожания энергетических ресурсов выдвигается проблема повышения эффективности переработки сырья растительного происхождения и получения качественной продукции.

*Ключевые слова:* баклажан, СВЧ-излучения, сушка, комбинированный способ, помидоры, табак, овощи, переработка.

В перерабатываемой промышленности реализуются такие методы интенсификации сушки как предварительная подготовка материала (нагрев и др.) и комбинированные способы энергоподвода. Такие способы энергоподвода как инфракрасные лучи, переменное поле токов высокой частоты, СВЧ и др. вызывают специфическое воздействие на связь влаги с материалом и его структуру [1].

Как показывают литературные источники наиболее перспективным и экономически целесообразным является комбинированный способ сушки растительных материалов. Комбинированный способ основан на совмещении конвективного метода и одного из перечисленных.

Так, например, при сушке яблок используют конвективный способ на стадии постоянной скорости сушки, а СВЧ-энергоподвод на стадии падающей. Применение СВЧ энергоподвода оказалось эффективным на конечном этапе [2].

При сушке овощей предпочтение отдают тем плодам, которые не перенасыщены влагой, т.к. у последних слишком мал выход конечного продукта (рис. 1). Учитывая, что технология выращивания баклажан имеет много общего с технологией выращивания табака, изучение возможности применения для сушки табака некоторых приемов и оборудования, используемых в процессе послеуборочной его обработки представляет научный и практический интерес.

Предварительные исследования, проведенные в институте, показали, что сушка баклажан, измельченных на дольки и кружки, в естественных условиях и на солнце при среднесуточной температуре воздуха 25-28 °С и его относительной влажности 55-65% позволяет в течение 2-3 суток получить сухое сырье баклажана влажностью 12,5-14,68% (рис. 2, 3, 4).

Для размещения баклажан могут быть использованы устройства для сушки табака.



Рис. 1 – Помидоры, высушенные на солнце



Рис. 3 – Кружочки баклажан, высушенные на солнце ( $\delta = 3-5$  мм)



Рис. 2 – Дольки баклажан, высушенные на солнце ( $\delta = 2-3$  мм)



Рис. 4 – Дольки баклажан, предварительно обработанные солью, высушенные на солнце

Учитывая, что наилучшие перспективы в технологии сушки имеет сочетание конвективной и микроволновой сушки исследования были направлены на демонстрацию наибольшей степени заложенных в них возможностей.

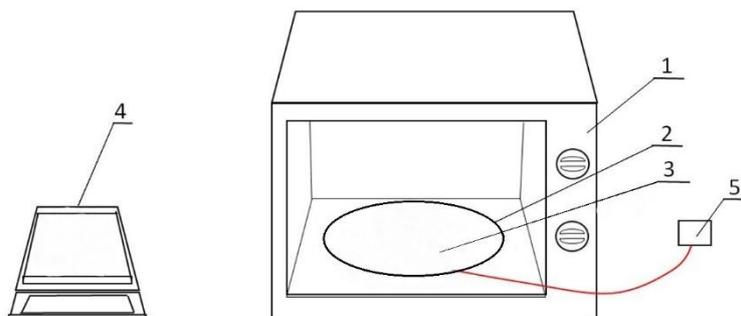
Исследования технологии комбинированной сушки проводили в лабораторных условиях.

Микроволновую обработку проводили в печи марки MMW – 2308С (рис. 5), мощностью 700 – 1400 Вт, а конвективную сушку – в установке, оборудованной системой обогрева в автоматическом режиме.

Материалом при проведении исследований служил баклажан сорта «Алмаз», измельченный на кружочки толщиной 2-3 мм и листья табака сорта Остролит 142. Обработку в поле СВЧ-излучения проводили слоями: один, два и три кружка и листья табака в один, три и пять слоев в течение 2,5 мин [4]. После обработки материала досушивали в сушильной установке, сохраняя слои, при  $t = 70$  °С в условиях естественной конвекции воздуха. Контролем служили баклажаны и листья табака, не обработанные микроволновым способом и высушенные: баклажаны при  $t = 70$  °С, а табак – традиционным полным «трубоогневым» способом [3].

Установлено, что влажность свежесобранного баклажана по сечению довольно высокая (91,25%): начало – 90,32%, середина – 91,14%, основание – 92,54%. У табака: у основания – 87,6%, середина – 86,5%, верхушка – 85,1%. Содержание сухого вещества составляет – 7,46% и 13,6% соответственно.

Выявлено, что при предварительной обработке баклажан в поле СВЧ независимо от количества слоев в этот период, изменения формы и размеров испытываемых образцов не происходит. Это явление (усадка) наблюдается при досушке материала в сушильной установке. Наиболее значительное коробление баклажан происходит при досушке кружков в два и три слоя.



1 – микроволновая печь; 2 – подставка; 3 – испытуемый материал; 4 – весы электронные; 5 – термометр электронный

Рис. 5 – Схема установки для обработки баклажан и листьев табака

Коэффициент линейной усадки ткани определяли по формуле:

$$L = L_0 (1 - \alpha W) [3],$$

где  $L_0$  – постоянная величина, равная размеру абсолютно сухого материала;

$\alpha$  – коэффициент линейной усадки, характеризующее интенсивность усадки, т.е. изменение линейного размера на 1 % изменения влажности.

Установлено, чем медленнее протекает сушка, тем коэффициент линейной усадки меньше, особенно это заметно при высушивании кружков в 3 слоя. Так, в горизонтальной плоскости усадка составляет 0,5%, а в вертикальной – 5-10%. Наибольшее коробление имеют верхний и средний слои (рис. 6). У табака линейная усадка составила 9,5% (рис. 7).



Рис. 6 – Баклажаны, обработанные комбинированным способом



Рис. 7 – Листья табака, обработанные комбинированным способом

Для равномерной сушки необходимо добиваться равномерного омывания продукта воздухом. Коробление пластинок при сушке влияет на показатель насыпного веса баклажан, который у пластинок с незначительным короблением или без него составляет  $85 \text{ кг/м}^3$ , а с короблением  $79,15 \text{ кг/м}^3$ .

Таблица 1 – Коэффициент линейной усадки ткани кружков баклажан в зависимости от способов их размещения и конвективной сушки

Количество слоев кружков баклажан при обработке СВЧ-излучением	Способ сушки	
	полная: конвективная при $t = 70^\circ\text{C}$	комбинированная: СВЧ + конвективная при $t = 70^\circ\text{C}$
1 слой	0,1865	0,1970
2 слоя	0,1831	0,1838
3 слоя	0,078	0,1429

На рисунках 8 и 9 изображены графики комбинированного способа сушки баклажан и листьев табака.

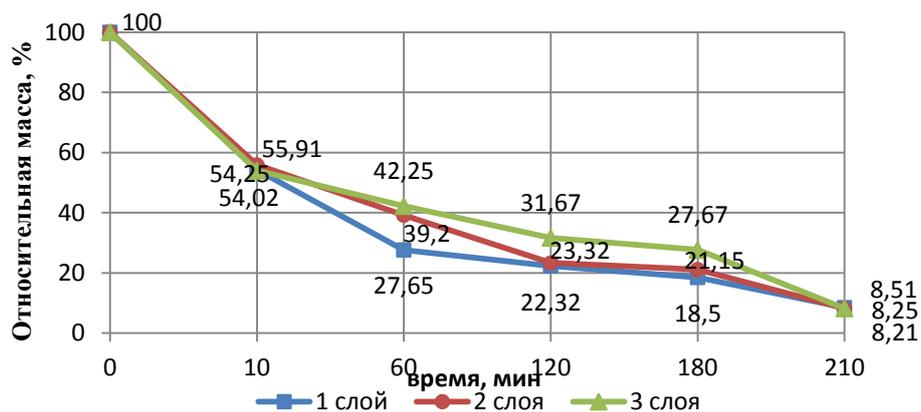


Рис. 8 – Комбинированная сушка баклажан: СВЧ-излучение +  $t = 70^\circ\text{C}$

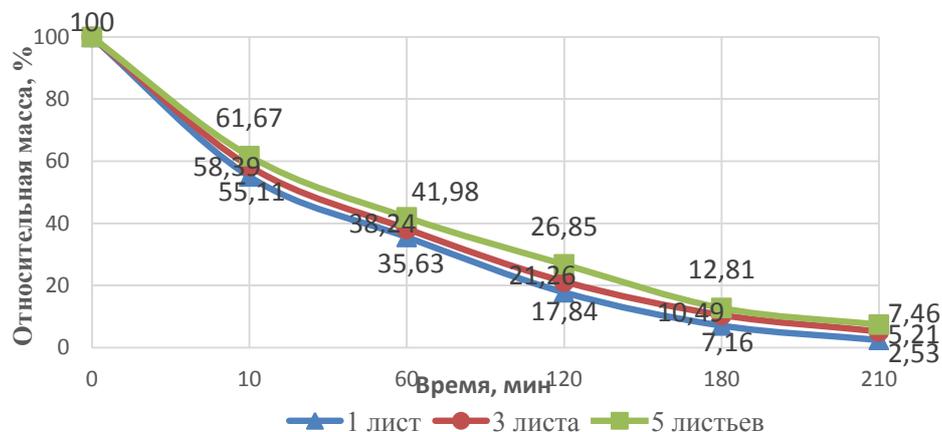


Рис. 9 – Комбинированная сушка листьев табака: СВЧ-излучение +  $t = 70^\circ\text{C}$

Показано, что влага из кружков баклажан, уложенных в один слой, удаляется более интенсивно. С увеличением слоя убыль влаги за одинаковый промежуток времени (180 мин) выше при комбинированном способе сушки. Масса баклажан, размещенных в два и три слоя, при конвективной сушке составила 47% и 64%, а при комбинированной – 21,15% и 27,09% соответственно.

Таблица 2 – Удельный расход электроэнергии 1 слоя

	Нагрузка на противень, кг/м <sup>2</sup>		Расход энергии, кВт		Удельный расход, кВт/кг сух. вещества	
	баклажан	табак	баклажан	табак	баклажан	табак
Комбинированная сушка	0,145	0,05	0,76	0,61	5,24	12
Контроль: полная сушка при $t = 70^\circ\text{C}$	-	-	1,64	1,12	11,31	22,4

Таким образом, проведенные исследования показали, что сушка свежемороженых баклажан и листьев табака комбинированным способом позволит усилить влагоотдачу продукта, уменьшить продолжительность сушки и удельный расход электроэнергии в 2,16 и 1,86 для баклажан и табака соответственно по сравнению с конвективным способом. Однако суммарная энергоемкость процесса довольно высокая.

Выбор оптимальной переходной влажности позволит снизить энергозатраты по сравнению с конвективной сушкой и создаст предпосылки для разработки высокотехнологичного оборудования с применением комбинированного обезвоживания. Дальнейшие исследования следует продолжить, полученные данные считаются предварительными.

*Благодарности.* Исследования проведены под руководством к.т.н. Пестовой Л.П.

#### Литература

1. Королев А.А. Применение комбинированного энергоподвода в технологиях сушки растительного сырья. Хранение и переработка сельхоз сырья. № 11, – 2012. – 55-56 с.
2. Ревина А.В. Интенсификация теплообмена при сушке баклажан: автореф. дисс. ...канд. техн. наук. Астрахань 2005. – 25 с.
3. Асмаев П.Г. Сортоведение и ферментация табака, Пищепромиздат, 1956.
4. Чернов А.В., Пестова Л.П. Экспериментальное исследование сушки табака с применением СВЧ-излучений при комбинированном способе. // Научное обеспечение инновационных технологий производства и хранения сельскохозяйственной и пищевой продукции: сб. мат. I Международная. научно-практ. конф. мол. уч. и аспирантов (09-23 апреля 2018 г., г. Краснодар) / ФГБНУ ВНИИТТИ. – С. 211-220.

#### **EXPERIMENTAL JUSTIFICATION OF THE DIRECTIONS AND METHODS OF REDUCING THE ENERGY CAPACITY OF TOBACCO PROCESSING AND FRUIT AND VEGETABLE PRODUCTS.**

**Chernov A.V.**

In the current conditions of tough competition and a rise in price of energy resources, the problem of increasing the efficiency of processing raw materials of plant origin and obtaining quality products is put forward.

*Keywords:* eggplant, microwave radiation, drying, combined method, tomatoes, tobacco, vegetables, processing.