

# ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ЭНЕРГОПОДВОДА ПРИ СУШКЕ ТАБАКА И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

*Пестова Л.П., канд. техн. наук, Винеvский Е.И., д-р техн. наук, проф.,  
Чернов А.В.*

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и  
табачных изделий», Российская Федерация, г. Краснодар

**Аннотация.** 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.

## APPLICATION OF COMBINED ENERGY SUPPLY FOR DRYING TOBACCO AND VEGETABLE CROPS

*Pestova L.P., Cand. Sc. (Tech.), Vinevskii E.I., Dr. Sc. (Tech.), Prof.,  
Chernov A.V.*

FSBSI All-Russian Scientific Research Institute of Tobacco, Makhorka and  
Tobacco Products, Russian Federation, Krasnodar

**Abstract.** In modern 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 high-quality products is being put forward.

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

При промышленной переработке сельскохозяйственной продукции нашли применение такие методы интенсификации сушки, как предварительный нагрев материала 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].

Мониторинг имеющихся литературных данных свидетельствует о том, что наиболее перспективным и экономически целесообразным является комбинированный способ сушки растительных материалов. Комбинированный способ основан на совмещении конвективного метода и одного из перечисленных методов.

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]. Причем при сушке овощей предпочтение отдают тем плодам, которые не перенасыщены влагой, т.к. у них слишком мал выход конечного продукта, например помидоры (рисунок 1).

Установлено, что технология выращивания баклажан имеет много общего с технологией выращивания табака. Изучение возможности применения для сушки баклажан некоторых приемов и оборудования, используемых в процессе послеуборочной обработки табака представляет научный и практический интерес.

Предварительные исследования, проведенные в институте, показали, что сушка баклажан, измельченных на дольки и кружочки, 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% (рисунки 2, 3, 4).

Для размещения баклажан были использованы устройства для сушки табака: иглы для закрепления материала на шнур, малогабаритные кассеты и стеллажи. Баклажаны, порезанные на дольки, нанизывали на шнур с помощью одинарной иглы, а также закрепляли на иглах малогабаритных кассет. Дольки на шнурах и иглах кассет распределяли равномерно по всей длине на расстоянии 2-3 мм. Шнуры и кассеты размещали в три яруса на стеллажах на открытой площадке.



Рисунок 1. Помидоры, высушенные на солнце



Рисунок 2. Кружочки баклажан, высушенные на солнце ( $\delta = 3-5$  мм)



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



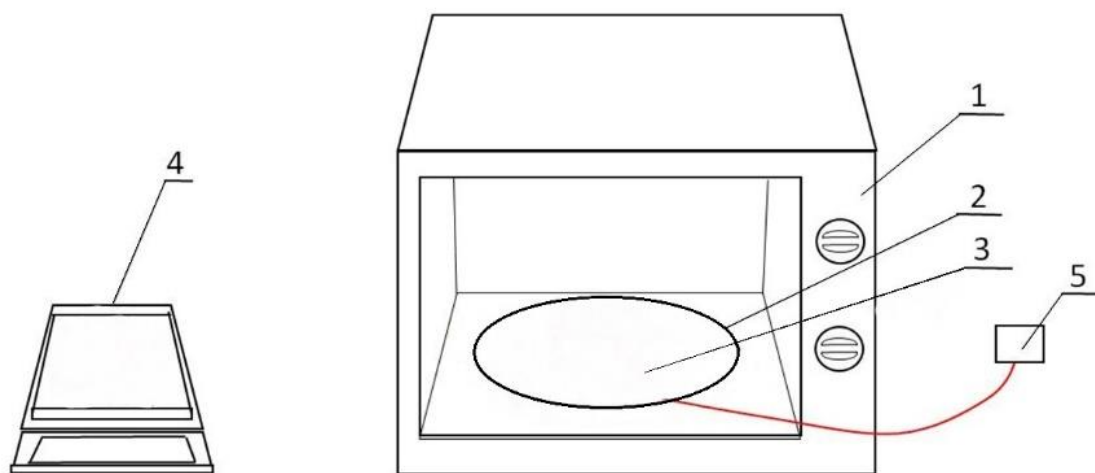
Рисунок 4. Дольки баклажан, предварительно обработанные солью, высушенные на солнце

Микроволновую обработку проводили в печи марки MMW-2308C (рисунк 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 Острolist 142. Обработку в поле СВЧ-излучения проводили слоями: от одного до трех кружков и листья табака в один, три и пять слоев в течение 2,5 мин [4]. После обработки материала досушивали в сушильной установке, сохраняя слой, при  $t = 70^{\circ}\text{C}$  в условиях естественной конвекции воздуха. Контролем служили баклажаны и листья табака, необработанные микроволновым способом и высушенные: баклажаны при  $t = 70^{\circ}\text{C}$ , а табак – традиционным полным «трубоогневым» способом [3].

Установлено, что влажность свежесобранных баклажанов 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. Усадка ткани и коробление наблюдается при досушке материала в сушильной установке. Наиболее значительное коробление баклажан происходит при досушке кружков в два и три слоя. Кроме того наблюдалось слипание кружков в центре. Такое явление происходит в установках необорудованных устройством для выноса испаренной влаги из рабочей зоны [1].



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

Рисунок 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 – 10 %. Наибольшее коробление имеют верхний и средний слои (рисунок 6). У табака линейная усадка составила 9,5 % (рисунок 7). Для равномерной сушки необходимо добиваться равномерного омывания продукта воздухом.



Рисунок 6. Баклажаны, обработанные комбинированным способом



Рисунок 7. Листья табака, высушенные комбинированным способом с применением СВЧ-излучения

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.

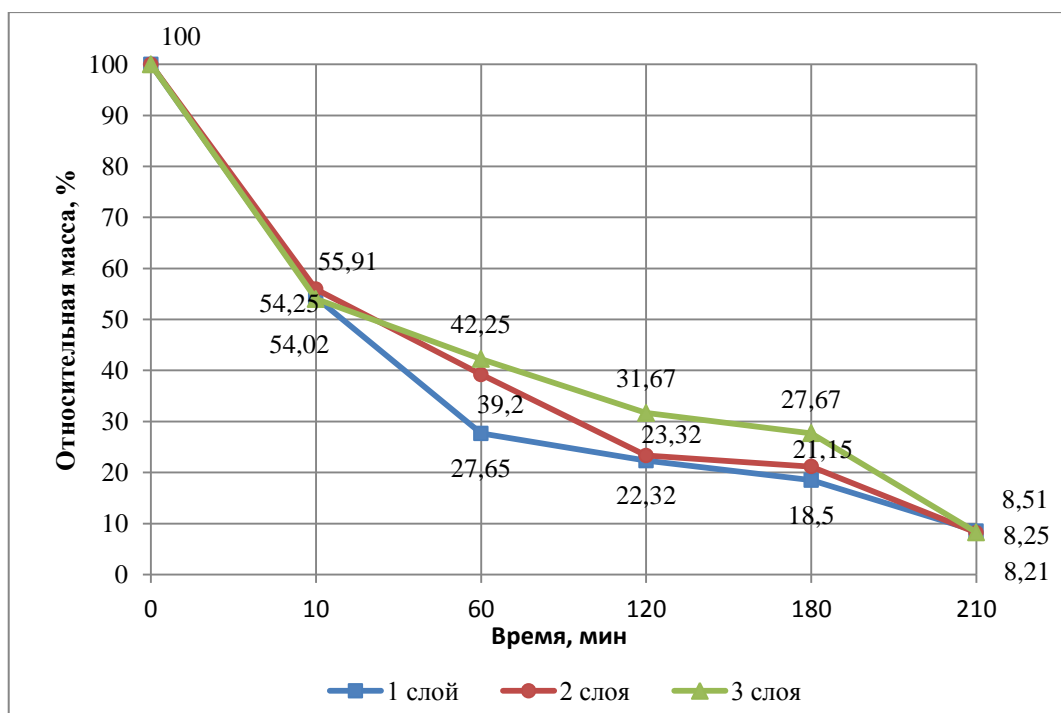


Рисунок 8. Комбинированная сушка баклажан: СВЧ-излучение +  $t = 70^{\circ}\text{C}$

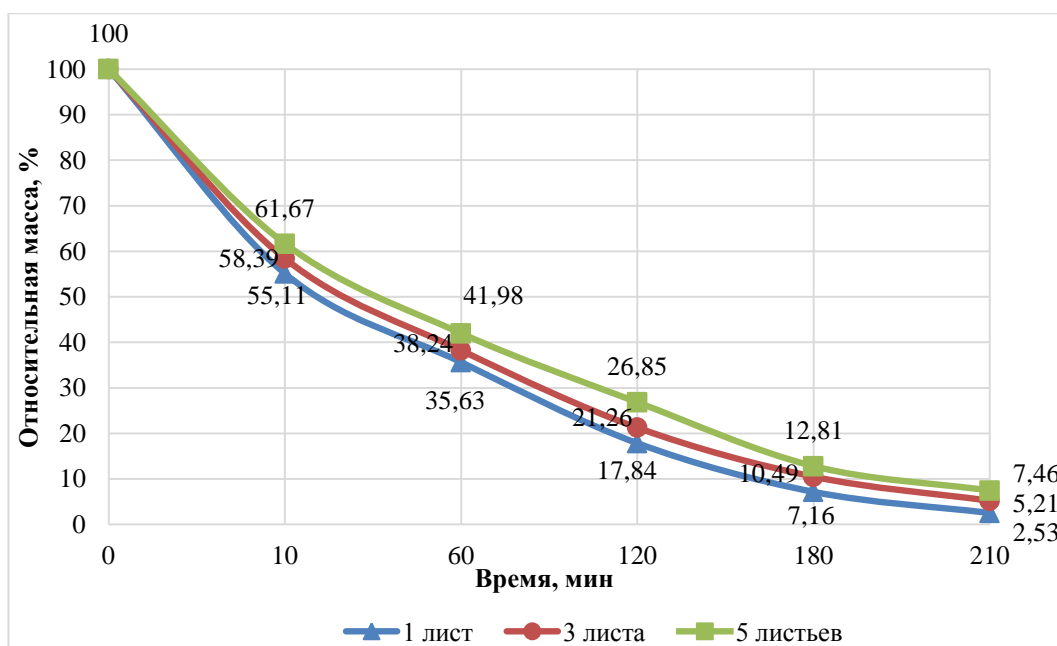


Рисунок 9. Комбинированная сушка листьев табака: СВЧ-излучение +  $t = 70^{\circ}\text{C}$

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. При этом относительная масса баклажан, размещенных в два и три слоя, при кон-

вективной 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°C	-	-	1,64	1,12	11,31	22,4

Таким образом, проведенные исследования показали, что сушка свежесобраных 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.

### Литература

1. Королев А.А. Применение комбинированного энергоподвода в технологиях сушки растительного сырья // Хранение и переработка сельхоз сырья. № 11, 2012. С. 55-56.
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. М.: Пищепромиздат, 1956. 187 с.
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 Международ. науч.-практ. конф. мол. уч. и аспирантов (09 – 23 апреля 2018 г., г. Краснодар). ФГБНУ ВНИИТТИ. – С. 211-220.