

超声场强化龙眼渗透脱水研究

张平安, 叶盛英, 李 雁, 黄 苇, 罗树灿

(华南农业大学 食品学院, 广东 广州 510642)

摘要:对超声场强化龙眼果肉渗透脱水进行研究,探讨渗透脱水时间、超声处理时间、超声场强对物料脱水率、失重率、固形物得率、细胞膜透性等的影响;建立超声场强化龙眼渗透脱水的经验动力学方程。结果表明:超声场能够强化龙眼渗透脱水过程,提高脱水率。所建立的经验方程计算值与试验值有较好的一致性,试验值与计算值差的均方根小于 5%。

关键词:渗透脱水;超声场;强化;龙眼

中图分类号:TS201.1

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2004)02-0101-03

Study on the osmotic dehydration of longan sarcocarp enhanced by ultrasound field

ZHANG Ping-an, YE Sheng-ying, LI Yan, HUANG Wei, LUO Shu-can

(College of Food Science, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: The osmotic dehydration of longan sarcocarp enhanced by ultrasound was probed. The influence of the main process variables, including the time of osmotic dehydration, the time of ultrasound field treat and the intensity of ultrasound field on water loss, solid gain, weight reduction and relative conductivity of sarcocarp cell membrane were investigated. And the empirical dynamic model of osmotic dehydration of longan sarcocarp enhanced by ultrasound field was set up. The results showed that: 1) ultrasound field could enhance the osmotic dehydration process and accelerate the dehydration rate. 2) the empirical dynamic model adequately described the experimental values. The root mean square (RMS) percentage deviation of the model from the experimental data was less than 5%.

Key words: osmotic dehydration; ultrasound field; enhancing; longan

渗透脱水是将物料放入一定浓度的渗透液中,在渗透压差作用下,利用物料细胞膜选择性使物料中水分转移到渗透液中而达到脱水目的的过程,吸收了水分的稀渗透液通过蒸发浓缩或不断添加渗透物质可循环使用。在国外,渗透脱水技术研究主要集中在制作中等水分含量的果蔬制品或与其他后续的干燥、罐藏、冷冻等方法联用生产果蔬制品方面^[1-4]。在现有技术的基础上,如何进一步强化常规渗透脱水过程受到众多学者的关注^[5]。超声波作为一种物理能量形式,可使介质粒子振动,这种振动在亚微观范围内引起超声空化现象,从而使固液体系中的液体介质的质点运动增加,固体(生物体)内部结构变化,使微孔扩散得以强化。本研究以龙眼果为

对象,探讨超声波强化渗透脱水过程的主要影响因素,为其在生产上的应用提供一些理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试验装置

以除表皮后的龙眼果为材料,材料初始水分 79.56%~81.88%(w),总糖 12.25%~22.16%(w),可溶性固形物含量 13.8~15.2°Brix。

超声场强化渗透脱水试验装置是专门设计和制造,可根据试验要求变更渗透液与物料比,超声场频率 40 kHz,场强可在 0~0.48 W/cm² 范围内无级调节。

根据预试结果,渗透液采用蔗糖溶液,糖液质量

分数为60%。

1.2 指标值测试方法

物料失重率、固形物得率、脱水率、含水率采用AOAC方法测定^[6]；物料温度通过热电偶法测定；物料细胞膜透性由植物生理学电导法测定。

1.3 试验方案与方法

1.3.1 渗透脱水时间和超声场处理时间的影响试验 龙眼与渗透液质量比为1:10,超声场强 0.24 W/cm^2 为试验操作条件,研究不同渗透脱水时间、超声处理时间对指标值的影响。

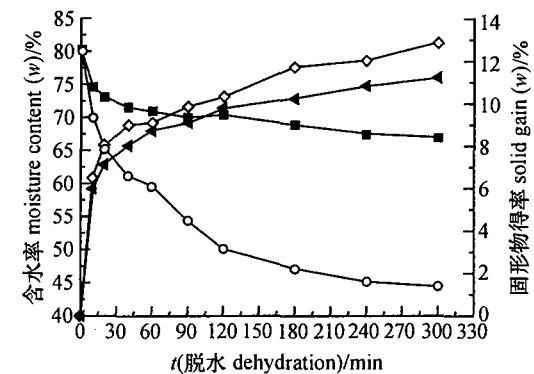
1.3.2 超声场强的影响试验 将龙眼与蔗糖溶液按1:10的质量比混合,置于超声波强化渗透脱水试验装置中,调节不同场强,研究超声场强对指标值的影响。

1.3.3 建立超声场强化龙眼渗透脱水的经验动力学方程 根据不同实验条件所得数据,通过非线性回归,建立超声场强化龙眼渗透脱水的经验动力学方程。

2 结果与分析

2.1 渗透脱水时间和超声场处理时间的影响

图1为龙眼含水率、固形物得率与渗透脱水时间的关系。由图1可知,未经超声场处理的龙眼的脱水效果差,仅能脱去10%左右的水分,而经超声场处理(20 min)的龙眼可在150 min内脱去近30%左右的水分。在150 min以后,脱水效果增加不明显,而固形物得率仍然在增加,且增加量有大于脱水率的趋势。综合考虑固形物得率要尽量的小,龙眼适宜的渗透脱水时间为150 min左右。



含水率 moisture content: —■— 对照 control, —○— 处理 treat
固形物得率 solid gain: —▲— 对照 control, —◇— 处理 treat

图1 含水率、固形物得率与渗透脱水时间的关系

Fig. 1 Moisture content and solid gain vs. osmotic dehydration time

图2为龙眼脱水率、相对电导率与超声处理时间的关系。由图2可知,随着超声场处理时间的延长,龙眼脱水率(渗透脱水时间4 h)有一定的提高,在超声场处理时间0~15 min内表现得特别明显,脱水率提高了16%左右。在相同的超声场强的

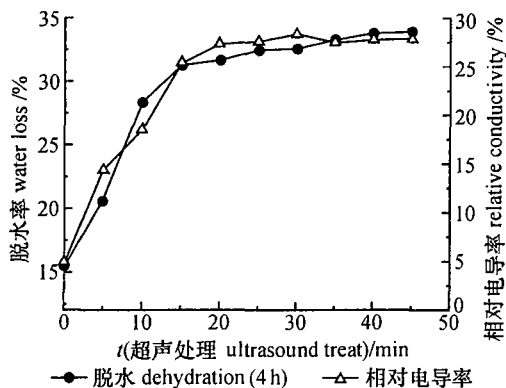


图2 脱水率、相对电导率与超声处理时间的关系

Fig. 2 Water loss and relative conductivity vs. ultrasound treat time

作用下,超声场处理时间越长,龙眼组织的相对电导率就越大,即细胞膜的通透性越大,但当处理时间超过20 min后,这种变化就趋于稳定。图3为龙眼温度与超声场处理时间的关系,由图3可见,随着超声处理时间的延长,龙眼温度呈线性增加。单从龙眼的脱水率来看,超声场处理时间越长越好,但考虑到温度的升高对龙眼的颜色和营养品质不利,超声场处理时间以20 min为最适宜。

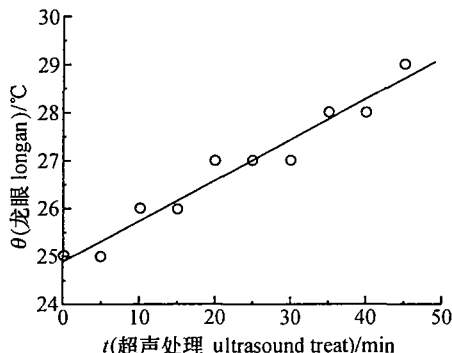


图3 龙眼温度与超声场处理时间的关系

Fig. 3 Temperature of longan vs. ultrasound treat time

2.2 超声场强的影响

图4为龙眼失重率、相对电导率与超声场强的关系。从图4可知:随着超声场强的增加,在场强 0.192 W/cm^2 之前,龙眼的失重率有显著的提高,达28%左右,但大于场强 0.192 W/cm^2 后,失重率几乎没有变化。龙眼组织的相对电导率随着超声场强的增加而增大,在 $0 \sim 0.08 \text{ W/cm}^2$ 的范围内,龙眼组织的相对电导率的增加并不明显,即表明在较低的超声场强作用时,龙眼的细胞膜透性改变不大;当超声场强在 $0.08 \sim 0.24 \text{ W/cm}^2$ 时,龙眼组织的相对电导率的增加就非常明显,此时细胞膜的透性发生很大的变化,细胞膜内外的物质交换速度就达到最大。但随着超声场强的继续增加,龙眼组织的相对电导率几乎没有改变。

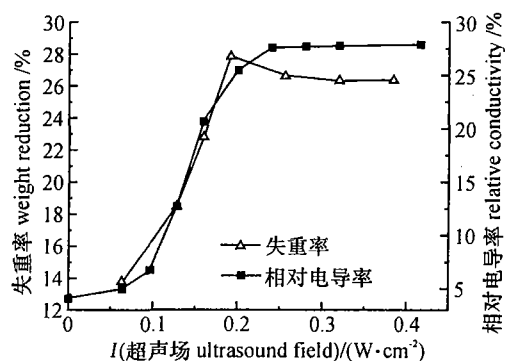


图4 失重率、相对电导率与超声场强的关系

Fig. 4 Weight reduction and relative conductivity vs. intensity of ultrasound field

2.3 超声场强化龙眼渗透脱水的经验动力学方程

在超声场强化龙眼渗透脱水过程中,影响脱水率和固形物得率的因素较多,用单纯数学分析法建立动力学模型,求解较困难,并需作一定的假设.目前在渗透脱水研究与应用上的一些关系式主要通过试验得到数据后,再经理论分析整理成方程.在本试验条件下,对试验所得的脱水率和固形物得率与时间的关系结果分析表明,脱水率和固形物得率与时间的平方根成正比(图5、6),即式(1).

$$\text{脱水率}(\%) = K_{WL} \cdot t^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{固形物得率}(\%) = K_{SG} \cdot t^{\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

式中, K_{WL} 、 K_{SG} 为质量传递系数, $\text{min}^{-1/2}$, $K_{WL} =$

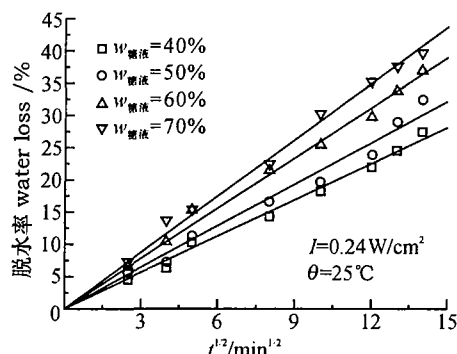


图5 脱水率与时间的平方根的关系

Fig. 5 Water loss vs. square root of time

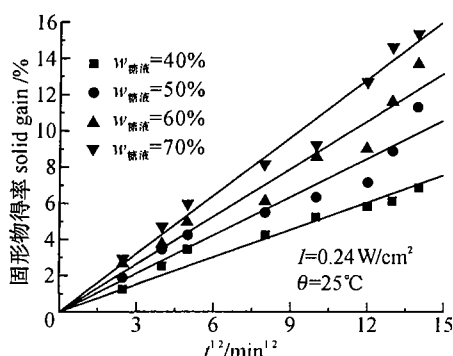


图6 固形物得率与时间的平方根的关系

Fig. 6 Solid gain vs. square root of time

$f_{WL}(w_{\text{糖液}}, \theta, I)$, $K_{SG} = f_{SG}(w_{\text{糖液}}, \theta, I)$; t 为脱水时间, min; $w_{\text{糖液}}$ 为糖液质量分数, %; θ 为操作温度, °C; I 为超声场强, W/cm^2 .

质量传递系数 K_{WL} 、 K_{SG} 为脱水率和固形物得率与时间平方根关系的直线的斜率. 把不同试验条件所得试验数据, 通过非线性回归分析方法对式(1)回归, 得:

$$K_{WL} = 0.0256 \cdot w_{\text{糖液}}^{0.967} \cdot \theta^{0.388} \cdot I^{0.469} \quad (2)$$

$$K_{SG} = 0.1489 \cdot w_{\text{糖液}}^{0.426} \cdot \theta^{0.116} \cdot I^{0.267}.$$

从式(2)看到, 影响超声场强化龙眼渗透脱水过程质量传递系数 K_{WL} 、 K_{SG} 的主次因素依次为: 糖液质量分数、超声场强、操作温度.

把式(2)与式(1)结合, 得超声场强化龙眼渗透脱水的经验动力学方程. 经计算, 脱水率、固形物得率的试验值与方程值差的均方根分别为 3.85%、4.21%, 均小于 5%, 即在本试验条件下所建立的超声场强化龙眼渗透脱水的脱水率、固形物得率经验方程有意义.

3 结论

(1) 超声场能够强化龙眼渗透脱水过程, 提高脱水率, 在达到渗透脱水平衡时, 龙眼脱水率从常规渗透脱水的 13% 提高到 27%.

(2) 建立超声场强化龙眼渗透脱水的脱水率、固形物得率经验方程. 方程计算值与试验值有较好的一致性.

参考文献:

- [1] TORREGGINI D. Osmotic dehydration in fruits and vegetable processing[J]. Food Research International, 1993, 26(2): 59-68.
- [2] TORRINGA E, ESVELD E, SCHEEWE I. Osmotic dehydration as a pre-treatment combined microwave-hot-air drying of mushrooms[J]. Journal of Food Engineering, 2001, 49(3): 185-191.
- [3] RAOULT-WACK A L. Advances in osmotic dehydration[J]. Trends in Food Science and Technology, 1994, 5(3): 255-260.
- [4] BISWAL R N, BOZORGMEHR K, TOMPKINS F D. Osmotic concentration of green beans prior to freezing[J]. Journal of Food Science, 1991, 56(5): 1008-1012.
- [5] RASTOGI N K, NIRANJAN K. Enhanced mass transfer during osmotic dehydration of high-pressure-treated pineapple[J]. Journal of Food Science, 1998, 63(3): 508-511.
- [6] AOAC. Official methods of analysis [M] 14th edition. Washington D C: Association of Official Analytical Chemists. 1984. 128-135.

【责任编辑 李晓卉】