

文章编号:1673-1689(2008)04-0038-05

不同干燥方式对真空含浸的影响

高乐怡¹, 张 慤^{*1}, 安建申², 孙金才²

(1. 食品科学与技术国家重点实验室, 江南大学, 江苏 无锡 214122; 2. 浙江海通食品有限公司, 浙江 慈溪 315300)

摘 要: 果蔬真空含浸是一种低温下将外部功能性液体含浸到果蔬组织内部的调理方法, 具有加工时间短, 提高功能性等优点。国内外报道研究果蔬真空含浸多采用鲜样含浸, 含浸量较少。作者采用先预干燥, 再真空含浸的方法, 在胡萝卜片中含浸蔗糖-乳酸钙溶液, 显著提高了功能性成分的含浸量; 并比较了不同的干燥方式对真空含浸量的影响和对营养物质流失的影响, 发现微波干燥的效果优于热风干燥。

关键词: 胡萝卜; 微波干燥; 热风干燥; 真空含浸

中图分类号: TS 205.9

文献标识码: A

Effect of Drying Methods on Vacuum Impregnation of Carrot

GAO Le-yi¹, ZHANG Min^{*1}, AN Jian-shen², SUN Jin-cai²

(1. State Key Laboratory of Food Science and Safety, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Zhengjiang Haitong Food Company, Cixi 315300, China)

Abstract: Vacuum impregnation is a kind of technology to impregnate functional factors into fruits and vegetables in short time under low temperature. In this manuscript, the injection rate and the functional components was prominently enhanced by employing a pre-dry process before vacuum impregnation during a sucrose-calcium lactate impregnation carrot. Furthermore, it was found that the microwave pre-drying was better than that of the hot-air pre-drying, both in the mass of vacuum impregnation and in the loss of nutrients.

Key words: carrot; microwave drying; hot-air drying; vacuum impregnation

真空含浸主要是由压力变化引起流体动力学运动使得多孔物料内部的气体 and 液体与外部溶液进行交换^[1]。在实际应用中, 常把真空含浸分为两个阶段组成。在第一阶段, 对装有物料和溶液的容器抽真空并维持一个较短的时间, 使物料内部的气

体膨胀、逸出, 气体逸出过程中可能会带出物料中的一部分天然液体。在第二阶段, 将体系恢复到常压并维持一定的时间, 物料内部压力由于毛细阻力作用, 仍维持在真空室未升高前的压力, 而容器内压力已经升高, 在这个压差作用下, 残留在物料内

收稿日期: 2007-09-15.

基金项目: 国家自然科学基金项目(20776062).

作者简介: 高乐怡(1983-), 女, 浙江杭州人, 工学硕士.

* 通讯作者: 张慤(1962-), 男, 浙江平湖人, 工学博士, 教授, 博士生导师, 主要从事农产品贮藏与加工研究.

Email: min@jiangnan.edu.cn

部的气体体积急剧减小,而植物组织本身由于自身粘弹性作用尚未收缩,所以物料外部液体流入到该毛细多孔体中^[2]。

有研究者用响应面法研究了真空度和抽真空时间对蔗糖等渗溶液含浸到多种水果中的体积的影响。发现真空度是影响等渗液含浸水果薄片体积的重要因素,抽真空时间对含浸也有影响^[3]。M. L. Gras 等将蔗糖和乳酸钙真空含浸到茄子、胡萝卜和蘑菇中,发现样品中钙的存在对含浸有微小的影响。茄子和胡萝卜的机械特性受钙的影响十分显著,而对蘑菇没有很大影响。含浸出现在茄子和蘑菇的细胞间隙和胡萝卜的木质部^[4]。

国内外报道研究果蔬真空含浸多采用鲜样含浸,含浸量较少。作者采用先预干燥,再真空含浸的方法,在胡萝卜片中含浸蔗糖-乳酸钙溶液,使果蔬组织的部分水分与含浸液置换,显著提高了功能性物质的含浸量。

1 材料与方法

1.1 材料

胡萝卜:购于本地市场,鲜样的水分质量分数为 87.7%,可溶性固形物质量分数为 12%,抗坏血酸质量分数为 9.2 mg/hg。

乳酸钙、蔗糖:均为食品级;亚甲基兰、2,6-二氯酚、丙酮、抗坏血酸、石油醚:均为分析纯。

1.2 仪器与设备

101-2-BS 电热恒温鼓风干燥箱:上海跃进医疗器械厂产品;W7001 微波炉:小天鹅股份有限公司产品;721 分光光度计:上海第三分析仪器厂产品;320-S pH 计:美特勒托利多公司产品;PB203-N 电子天平:美特勒托利多公司产品;SX2-4-10 箱式电阻炉:上海市实验仪器总厂产品;ZXJ-1 型循环水真空泵:上海嘉鹏科技有限公司产品。

1.3 试验方法

1.3.1 先干燥再真空含浸生产强化钙胡萝卜片的工艺流程

工艺流程:去皮→清洗→切片→漂烫→预干燥→真空含浸→沥干→后续干燥

工艺要点:1)切片:将胡萝卜去皮、清洗后切成 8 mm 厚的薄片;2)漂烫:将胡萝卜片放入沸水中漂烫 15 s,立即放入冷水中冷却;3)预干燥:分别采用热风干燥和微波干燥,干燥至一定的水分质量分数;4)真空含浸:在常温下,将胡萝卜片置于密闭的容器内,含浸液(33 g 蔗糖/20 g 乳酸钙等渗液,用

柠檬酸调 pH 至 3.5^[5],胡萝卜与含浸液的固液质量体积比为 1 g:10 mL,在 0.02~0.1 MPa 真空度下抽真空 10~50 min,接着恢复大气压,在常压下浸渍 15 min;5)后续干燥:干燥至水分活度为 0.6 以下,避光避湿保存。

1.3.2 胡萝卜中灰分的测定 灼烧法。

1.3.3 胡萝卜素的测定 称取约 100 g 胡萝卜打成匀浆,准确称取胡萝卜汁 0.5 g 左右于小烧杯中,加入 5~10 g 无水 Na₂SO₄,搅匀。并将其全部转移入研钵中,加入 20 mL 丙酮,5 mL 石油醚研磨提取,净置。将上层清液转入盛有 100 mL Na₂SO₄ 溶液的分液漏斗中,再于研钵中加入 10~15 mL 丙酮-石油醚混合液,研磨提取,提取液并入分液漏斗中。如此提取 4~5 次,直至提取液无色为止。将提取液振摇洗涤,弃去下层水溶液,反复用 Na₂SO₄ 溶液洗涤,每次约 20 mL,直至下层水溶液清亮为止。将石油醚提取液通过盛有 10 g 无水 Na₂SO₄ 的小漏斗滤入 100 mL 容量瓶中。用少量石油醚分多次洗涤分液漏斗和无水 Na₂SO₄ 层内的色素。洗涤液并入容量瓶中,定容。用 1 cm 比色杯,石油醚为参比溶液,于 450 nm 波长处测样品吸光度值^[6]。

1.3.4 维生素 C 的测定 2,6-二氯酚法^[7]。

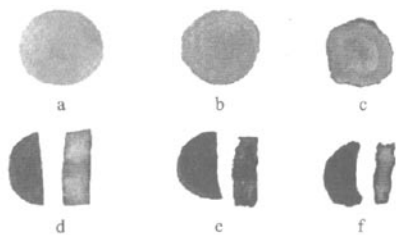
1.3.5 可溶性固形物的测定 阿贝折光仪法。

2 结果与讨论

2.1 不同干燥方式对含浸液真空含浸量的影响

微波干燥:样品在 580 W/hg 强度下干燥至水分质量分数为 60%;热风干燥:样品在 65 ℃^[8]下干燥至水分质量分数为 60%;将含浸液用 0.4 g/L 的亚甲基兰染色^[9];在 0.1 MPa 真空度下,抽真空 10 min,接着常压浸渍 15 min 后,拍摄照片。图 1 中(a)是新鲜的胡萝卜,(b)是微波干燥后的胡萝卜片,(c)是热风干燥后的胡萝卜片,可以看到:微波干燥的胡萝卜片颜色鲜艳略带金黄色,和鲜样相近,而且形状平整;热风干燥的胡萝卜片颜色稍淡,有皱缩现象,表皮褐变较严重(所以必须去皮)。(d)、(e)、(f)分别是新鲜胡萝卜片、微波干燥胡萝卜片、热风干燥胡萝卜片。经过真空含浸后,从 3 个图中都可以看到胡萝卜木质部的颜色明显要深于软组织部,说明含浸主要出现在胡萝卜的木质部,与 M. L. Gras 等等的研究结果一致。含浸量是微波干燥的样品>热风干燥的样品>新鲜的样品。热风干燥时间长,物料内部细胞和毛细管的萎缩,体积收缩大,制品组织较硬,吸水能力较差,恢复到原

来状态的能力小,导致外部液体的含浸量也较少。在低功率微波下干燥时,其制品内部组织保持原状的程度较好,且干制品体积膨胀,内部会产生较大空隙,因而干制品会迅速吸水,导致外部液体的含浸量也较大。



(a)新鲜的胡萝卜片;(b)微波干燥后的胡萝卜片;(c)热风干燥后的胡萝卜片;(d)新鲜胡萝卜片经过真空含浸后;(e)微波干燥胡萝卜片经过真空含浸后;(f)热风干燥胡萝卜片经过真空含浸后

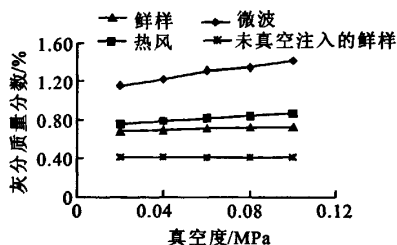
图 1 不同干燥方式对样品影响

Fig. 1 Effect of drying methods on samples

2.2 不同干燥方式对功能性物质真空含浸量的影响

植物组织经高温电阻炉灰化所产生的灰分主要是植物组织中所含的钙等矿物质。灰分率为真空含浸后的预干燥样品经灰化后灰分的质量与干燥前鲜样的质量的比值。灰分率越高则表明样品中含浸的钙等矿物质越多^[10]。

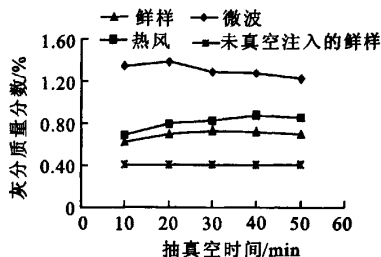
2.2.1 真空度的影响 图 2 是鲜样、微波干燥样品和热风干燥样品在 0.02~0.1 MPa(以 0.02 MPa 为间隔)的不同真空度下,抽真空 10 min,常压浸渍 15 min 后的灰分率;以未真空含浸的鲜样的灰分率作为对照。由图可知:真空含浸后,鲜样、微波干燥和热风干燥样品的灰分率都提高了,说明真空含浸是有效果的;其中热风干燥样品和鲜样增加的灰分率相近,而微波干燥样品灰分率增加明显高于前面两者。随着真空度的增加,3 种样品的灰分率都呈上升趋势。



真空度 0.1 MPa;常压 15 min

图 2 真空度对真空含浸量的影响

Fig. 2 Effect of vacuum pressure on vacuum impregnation



真空度 0.1 MPa;常压 15 min

图 3 抽真空时间对真空含浸量的影响

Fig. 3 Effect of impregnation time on vacuum impregnation

2.2.2 抽真空时间的影响 图 3 是鲜样、微波干燥样品和热风干燥样品在 0.1 MPa 的真空度下,抽真空时间为以 10~50 min(以 10 min 为间隔),常压浸渍 15 min 后的灰分率。由图可知:真空含浸后,鲜样、微波干燥和热风干燥样品的灰分率都提高了,说明真空含浸是有效果的;其中热风干燥样品和鲜样增加的灰分率相近,而微波干燥样品灰分率增加明显高于前面两者,与图 1 结果一致。随着抽真空时间的增加,鲜样的灰分率在抽真空时间为 30 min 时达到最大值;热风干燥的样品的灰分质量分数在抽真空时间为 40 min 时达到最大值;微波干燥的样品的灰分质量分数在抽真空时间为 20 min 时达到最大值。这主要是因为抽真空时间过长,除微细组织间隙、细胞间隙气体被抽走外,细胞变小,细胞间间隙和微细组织间隙也相对变少;抽真空时间过短,细胞间间隙和微细组织间隙内气体就会有残留,两种情况都会使进入的外部溶液的量变少。

2.3 不同干燥方式对真空含浸前后胡萝卜素含量的影响

将用不同干燥方式干燥至水分质量分数为 60% 的样品在 0.1 MPa 真空度下,抽真空 10 min,接着常压浸渍 15 min 后测其胡萝卜素的质量分数。吸光度越高,说明样品中胡萝卜素质量分数越高。由图 4 可见,微波干燥后的样品的胡萝卜素有微小的损失。热风干燥后的样品胡萝卜素损失较大。真空含浸前后的胡萝卜素含量差异热风干燥的样品>微波干燥的样品>鲜样。胡萝卜素是脂溶性维生素,耐热、酸、碱,所以在亲水性的溶液中不易溶出,损失量较小。热风干燥时间长,物料内部细胞和毛细管的萎缩,尤其是物料失水后,盐分增浓以及高温的影响会导致蛋白质部分变性,还会破坏细胞壁的渗透性^[11],胡萝卜素有较多渗出。在低功率微波下干燥时,且干制品体积膨胀,内部会产生较大空隙,胡萝卜素有少量渗出。

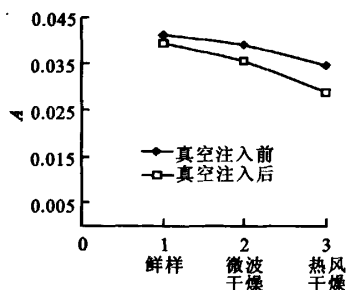


图4 不同干燥方式对真空含浸前后胡萝卜素质量分数的影响

Fig. 4 Effect of different drying method on Carotene Content before and after vacuum impregnation

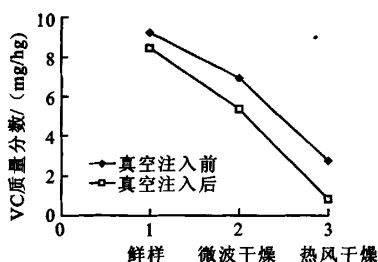


图5 不同干燥方式对真空含浸前后维生素C质量分数的影响

Fig. 5 Effect of different drying method on VC Content before and after vacuum impregnation

2.4 不同干燥方式对真空含浸前后维生素C质量分数的影响

将用不同干燥方式干燥至水分质量分数为60%的样品,在0.1 Mpa真空度下,抽真空10 min,接着常压浸渍15 min后马上测其维生素C的质量分数。由图5可知,微波干燥和热风干燥后,维生素C质量分数均有下降;热风干燥的损失程度大于微波干燥。真空含浸前后,鲜样、微波干燥样品和热风干燥样品的维生素C质量分数均有一定程度的降低,降低程度热风干燥的样品>微波干燥的样品>鲜样。维生素C是热敏性极强,很容易在干燥过程中受温度和氧化的作用而损失,温度越高,干燥时间越长,果蔬中维生素C破坏就越严重;热风干燥因其高温及长时间干燥过程对其维生素C破坏最大;微波干燥时间短,对维生素C破坏也相对较小。维生素C是一种水溶性维生素,容易在真空含浸过程中溶于含浸液而损失。

2.5 不同干燥方式在不同含浸液中真空含浸后的可溶性固形物质量分数

可溶性固形物是指食品中能溶于水的糖、酸、

维生素、矿物质等,以百分率表示。由图6可知,鲜样、微波干燥和热风干燥的样品以水作为含浸液,可溶性固形物的质量分数降低了,且微波干燥和热风干燥样品中的可溶性固形物的质量分数降低远大于鲜样,说明干燥样品在真空含浸过程中有糖、酸、维生素、矿物质等溶于水了,因为热风干燥时间长,物料内部细胞和毛细管的萎缩,尤其是物料失水后破坏细胞壁的渗透性;在低功率微波下干燥时,且干制品体积膨胀,内部会产生较大空隙。以蔗糖/乳酸钙溶液作为含浸液,可溶性固形物的质量分数增加了,说明含浸液中的蔗糖和乳酸钙通过真空含浸进入了果蔬组织内;热风干燥时间长,物料内部细胞和毛细管的萎缩,体积收缩大,制品组织较硬,吸水能力较差,恢复到原来状态的能力小,导致外部液体的含浸量也较少;在低功率微波下干燥时,其制品内部组织保持原状的程度较好,且干制品体积膨胀,内部会产生较大空隙,因而干制品会迅速吸水,导致外部液体的含浸量也较大。

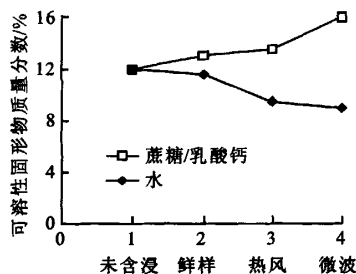


图6 不同干燥方式在不同含浸液中真空含浸后的可溶性固形物质量分数

Fig. 6 Effect of different drying method on the soluble solid content in different isotonic solution after vacuum impregnation

3 结 语

采用先预干燥,再真空含浸的方法,在胡萝卜片中含浸蔗糖-乳酸钙溶液,显著提高了功能性成分的含浸量;干燥样品真空含浸后,胡萝卜素损失较小,维生素C损失较大,但是微波干燥的损失均小于热风干燥;可溶性固形物增加了,微波干燥的样品增加最多,若用水作为含浸液,则可溶性固形物有损失。微波预干燥再真空含浸是显著提高果蔬真空含浸量的方法,且对果蔬组织中胡萝卜素、维生素C等营养素损失的影响均小于热风预干燥,真空含浸后的产品干燥至安全水分质量分数后,可用于生产具有功能性果蔬脆片。

参考文献(References):

- [1] Fito P, Walter E, Amparo C, et al. Osmotic Dehydration and Vacuum Impregnation: Applications in Food Industries[M]. Media: Technomic Pub Co, 2001.
- [2] Fito P, Chiralt A, Betoret N, et al. Vacuum impregnation and osmotic dehydration in matrix engineering application in functional fresh food development[J]. *Journal of Food Engineering*, 2001, 49: 175-183.
- [3] Mujica-Paz H, Valdez-Fragoso A. Impregnation properties of some fruits at vacuum pressure[J]. *Journal of Food Engineering*, 2003, 56: 307-314.
- [4] Gras M L, Vidal D. Calcium fortification of vegetables by vacuum impregnation Interactions with cellular matrix[J]. *Journal of Food Engineering*, 2003, 56: 279-284.
- [5] Silvana V Anino. Changes in calcium level and mechanical properties of apple tissue due to impregnation with calcium salts [J]. *Food Research International*, 2006, 39: 154-164.
- [6] 许辉, 田福利. 胡萝卜汁中胡萝卜素的快速测定[J]. *食品工业科技*, 1998(1): 68-69.
XU Hui, TIAN Fu-li. Speed mensuration of carrot element in carrot [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 1998(1): 68-69. (in Chinese)
- [7] 黄晓钰, 刘邻渭. 食品化学综合实验[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2001.
- [8] 马先英, 赵世明, 林艾光. 不同干燥方法对胡萝卜复水性及品质的影响[J]. *大连水产学院学报*, 2006, 21(2): 158-161.
MA Xian-ying, ZHAO Shi-ming, LIN Ai-guang. Effects of different drying methods on rehydration and quality of carrots [J]. *Journal of Dalian Fisheries University*, 2006, 21(2): 158-161. (in Chinese)
- [9] Hofmeister L C, Souza J A R, Laurindo J B. Use of dyed solutions to visualize different aspects of vacuum impregnation of Minas cheese[J]. *LWT*, 2005, 38: 379-386.
- [10] 丁志华, 李保国, 苏树强. 真空含浸法在功能性食品加工中的试验研究[J]. *工程热物理学报*, 2004, 25(6): 1010-1012.
DING Zhi-hua, LI Bao-guo, SU shu-qiang. Experiment research on the functional foods process using vacuum impregnation method[J]. *Journal of engineering thermophysics*, 2004, 25(6): 1010-1012. (in Chinese)
- [11] 天津轻工业学院, 无锡轻工业学院. 食品工艺学: 上册[M]. 北京: 轻工业出版社, 1985: 106-112.
- [12] 李淑媛, 张慇. 糖处理对冷冻猕猴桃块品质的影响[J]. *食品与生物技术学报*, 2005, 24(4): 81-85, 96.
LI Shu-yuan, ZHANG-Min. The effect of sugartreatment on frozen kiwifruit Slices' Quality[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2005, 24(4): 81-85, 96. (in Chinese)

(责任编辑: 朱明)