

几种不同干燥方法对荔枝肉干燥品质的影响

陈桂芬, 崔政伟*

(江南大学 机械工程学院, 江苏 无锡 214122)

摘要: 作者对剥壳荔枝用热风干燥法、热风微波耦合干燥法、微波真空干燥法及真空冷冻干燥法进行干燥, 分别取其最优的干燥工艺并进行对比, 通过测定不同干燥方法的蛋白质、还原糖的成分和色泽, 分析干燥产品的质量, 据此可根据不同的需求选择不同的干燥方法。

关键词: 剥壳荔枝; 干燥方法; 成分含量

中图分类号: TS 255.36 文献标志码: A 文章编号: 1673—1689(2012)12—1320—05

Effects of Different Drying Methods on the Drying Quality of Peeled Litchi

CHEN Gui-fen, CUI Zheng-wei*

(School of Mechanical Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: In this manuscript, the peeled litchi was dried by hot air drying, hot air microwave coupling drying, microwave vacuum drying and vacuum freeze-drying. The index including protein content, the reducing sugars concentration and colour were compared in the four drying methods. It was found that different drying methods should be chosen according to the different formations on different conditions.

Keywords: peeled litchi, drying method, component content

荔枝果肉具有丰富的营养, 荔枝果肉每百克可食部分含水分 84 g, 碳水化合物 14 g, 蛋白质 0.7 g, 脂肪 0.7 g, 磷 32 mg, 钙 6 mg, 胺素 0.02 mg, 核黄素 0.04 mg, 尼克酸 0.7 mg, 抗坏血酸 36 mg, 富含维生素, 特别是维生素 C。荔枝自古以来就是我国民间的滋补品, 明朝李时珍的《本草纲目》中记载: 常吃荔枝能补脑健身、治疗瘴疔疗肿、开胃健脾、补元气, 为产妇老弱的补品。荔枝是典型的南亚热带水果, 因果皮结构疏松无蜡质层保护而容易失水; 果肉糖

高汁多, 成熟期又在高温的夏季, 采果之后生理活动非常旺盛; 同时也易受各种微生物侵染, 所以果实采后最易变质腐烂, 丧失原来的色、香、味, 给贮藏保鲜带来很大的困难^[1]。对荔枝的传统加工方法主要有速冻、罐藏和干燥, 其中荔枝的干燥基本也是整果干燥^[2-3]。荔枝肉干方便食用和携带, 市场需求越来越大, 有必要研究其最合适的干燥方法和工艺。

收稿日期: 2011-11-01

基金项目: 江南大学创新团队发展计划(2009CXTD01)。

* 通信作者: 崔政伟(1963—), 男, 江苏扬中人, 工学博士, 教授, 硕士研究生导师, 主要从事食品加工新技术和装备方面的研究。

E-mail: cuizhengwei.sytu@yahoo.com.cn

1 材料与方法

1.1 实验材料

新鲜荔枝:购于天惠超市江南大学分店。

1.2 实验设备

实验设备低温冰箱(-10~40℃可调):海尔DW-40L92;冻干机:美国Labconco;电热恒温鼓风干燥箱:DHG-9076A,上海精宏实验设备有限公司;高温炉(箱式电阻炉):SX2-4-14,上海市实验仪器总厂;电子天平:CP214(C)上海奥豪斯仪器有限公司;微波炉:NJL07-03型实验专用微波炉,南京杰全微波设备有限公司;水浴振荡器:SHA-BA,沈阳凯莱仪器有限公司;离心机:Anke,上海安亭科学仪器厂;旋转蒸发仪:IKA RV10 basic,德国;紫外可见分光光度计:UV-1800,上海美谱达仪器有限公司。

1.3 干燥工艺

将购于天惠超市的新鲜荔枝,挑选大小均匀的清洗干净,去除虫蛀和腐烂的,去壳,采用4种不同的干燥方法,直至达到安全分水为止(湿基含水率在10%以内)。将每种干燥方法和不同的干燥样品重复3次。

1)真空冷冻干燥:查阅文献[4-6]发现荔枝的共晶点在-25~-23℃,故100g将剥壳的荔枝放于-30℃的低温冰箱内预冷冻12h,快速将预冷冻好的物料移至冷冻阱温度已降低到-49℃的冻干机物料盘内,平铺,开启抽真空按钮,在0.008mbar的真空度下连续干燥72h。

2)热风干燥:剥壳的荔枝100g置于热风干燥箱内,热风风速3.0m/s,热风温度分别为60、70、80℃,每组重复3次。

3)真空微波干燥:分别取100g和300g的荔枝果肉放入培养皿中,置于真空微波干燥箱内,真空度-0.096MPa,微波功率密度分别为0.3、0.32、0.34W/g,随着水分的减少,逐渐减小微波功率密度,每隔10min微波功率密度降低0.1W/g,多次实验,得出真空度-0.096MPa,微波功率密度为0.30W/g时可以得到最佳物料。

4)热风-耦合干燥:取100g剥壳的新鲜荔枝置于微波炉内的干燥罐内,热风温度为60~80℃,热风速度为1.0~2.0m/s,微波功率密度为1.8~2.2W/g。热风-微波耦合干燥65min后,关掉微波,用

热风干燥至安全水分以内^[7]。

1.4 湿基含水率的测定

荔枝果肉的初始水分质量分数测定参照AOAC(1995)^[8],测得其初始湿基水分质量分数为79.48%。

干燥样品湿基含水率 w_t^s 为:

$$w_t^s = [(G_t - G_g) / G_t] \times 100\%$$

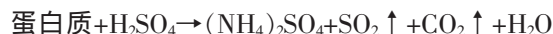
G_t 为干燥 t 时刻物料的质量; G_g 为物料的干质量。

1.5 蛋白质的测定

荔枝干果蛋白质的测定参照GB/T 5009.5—1985。

1)样品预处理:取热风干燥、微波真空干燥、热风微波干燥、冻干干燥样品(水分质量分数≤10%湿基含水率)各0.5000g,切成小块。

2)样品的消化:取预处理好的样品放于凯氏烧瓶中,加入1g催化剂,10mL硫酸,摇匀,置于消化炉内于50℃保持15min,然后调至200℃保持3h左右,当溶液呈蓝绿色透明液体时,继续加热30min。取下凯氏烧瓶,冷却至40℃缓慢加入适量水,摇匀,冷却至室温。反应式如下:



3)蒸馏:将消化冷却好的样品全部转移到容量瓶中,用蒸馏水定容至100mL,摇匀。向接收瓶内加入10mL、4%的硼酸溶液和2滴的甲基红-次甲基蓝混合指示液。将接收瓶置于蒸馏装置的冷凝管的下口,使下口浸入接收瓶的溶液中。取5mL稀释定溶后的试液和8mL的NaOH溶液,沿小玻璃杯移入反应室,用蒸馏水冲洗玻璃杯,夹紧橡胶管,并加水密封。用电炉对反应室加热5min,降低接收瓶的位置,使之脱离冷凝管管口,继续蒸馏2min,用少量的蒸馏水冲洗管口,洗液加入接收瓶,取下接收瓶。

4)滴定:用0.0009887mol/L的HCl溶液滴定,蛋白质的质量分数见下式。

$$x = \frac{(V_1 - V_2) \times 0.014 \times c}{m \times w \times V_3 / 100} \times F \times 100$$

其中 x 为蛋白质的质量分数(g/100g); V_1 为试液消耗的HCl溶液的体积(mL); V_2 为空白实验所消耗的HCl溶液的体积(mL); w 为样品的水分质量分数; V_3 为吸取消化液的体积(mL); c 为HCl溶液的摩尔浓度(mol/L); F 为氮的换算系数(6.25)。

1.6 还原糖的测定

根据文献 [9], 发现荔枝中的糖分质量分数很高, 其中还原糖占总糖的 98% 以上, 为了更好的确定干燥工艺, 可采用苯酚硫酸法提取还原糖, 分析 4 种不同的干燥方法对新鲜荔枝还原糖的影响及 4 种干燥工艺之间的差异。

1.6.1 还原糖的提取

1) 冻干法: 3.50 g 样品+60 g 去离子水, 微波辅助提取 (55 °C, 500 W) 10 min, 然后在 80 °C 的水浴中加热 2 h, 然后用离心机以 3 000 r/min 离心 20 min, 收集上清液, 沉淀再加水 50 g, 80 °C 水浴振荡 1 h, 再以同样的条件离心 20 min, 收集上清液, 与之前收集的上清液合并, 加入体积分数 75 % 乙醇, 取上清液, 旋转真空蒸发除去乙醇 (温度设定为 75 °C), 用去离子水定溶至 1 L, 溶液呈透明色, 摇匀静置。

2) 真空-微波干燥: 3.50 g 样品+60 g 去离子水, 操作过程同 (1), 溶液颜色较 (1) 略深。

3) 热风干燥: 3.50 g 样品+60 g 去离子水, 操作同 (1), 溶液颜色稍不透明。

4) 热风-微波耦合: 3.50 g 样品+60 g 去离子水, 操作同 (1), 溶液颜色不透明。

5) 新鲜荔枝: 3.50 g 样品+60 g 去离子水, 操作同 (1), 颜色较不透明, 与溶液 (3) 接近, 溶液颜色稍深。

1.6.2 还原糖的测定

1) 葡萄糖标准曲线: 先将 1 g 的葡萄糖配置成 1 L 的葡萄糖溶液, 然后分别吸取 2、4、6、8、10、12 mL 置于 100 mL 的容量瓶中, 用去离子水定溶至刻度线, 可得到 0.02、0.04、0.06、0.08、0.10、0.12 mg/L 的葡萄糖系列质量浓度溶液, 在 6 支试管中分别加入 1 mL 去离子水, 1 mL 质量分数为 5% 的苯酚, 向相应试管中加入上述配置的溶液各 1 mL, 分别加入浓 H_2SO_4 , 充分混合后于 490 nm 处测吸光值。

2) 取 1 mL 试样液用苯酚硫酸法测定, 发现颜色太深, 超出标准曲线的线性范围, 将溶液稀释, 多次试验后发现 1~4 号溶液可按照如下方法测量: 在 1 L 容量瓶中, 取 200 mL 溶液移至 1 L 的容量瓶中, 定容, 然后取 1 mL 定容的溶液, 加入去离子水和苯酚各 1 mL 以及 5 mL 的浓 H_2SO_4 ; 5 号鲜荔枝: 取 50 mL 溶液加入 1 L 的容量瓶中, 定容。

1.7 色泽的测定

采用测色色差计测定, 色差仪主要看 L 、 a 、 b 值, L 、 a 、 b 颜色标尺按如下标识: L (亮度) 轴表示黑

白, 0 为黑, 100 为白; a (红绿) 轴正值为红, 负值为绿, 0 为中性色; b (黄蓝) 轴正值为黄, 负值为蓝, 0 为中性色。

1.7.1 样品的制备 将 4 种不同干燥方法得到的荔枝和新鲜荔枝去壳, 去核, 切成样品圆形, 直径等同于样品盒直径, 放入样品盒中, 轻轻压紧, 直至样品均匀平铺在样品盒内。

1.7.2 样品的测定 开机预热 30 min, 此过程中, 按照仪器自动提示调零, 然后校对标准^[10]。校核结束后, 便可进行样品测量。用手压下可升降测试台, 放入盛有样品的样品盒, 按测试键, 选择 L 、 a 、 b 值, 便可显示数据并记录。

1.7.3 关机 测定完毕后, 先关掉色差计的光源, 然后关掉电源。

2 结果与分析

2.1 不同干燥方法对荔枝蛋白质含量的影响

图 1 直观的描述了热风干燥、真空-微波干燥、热风-微波耦合干燥、冻干干燥对蛋白质的影响以及和鲜荔枝的对比。

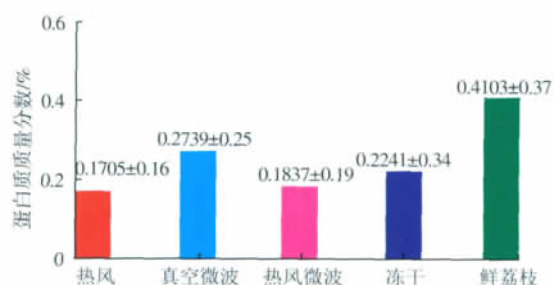


图 1 不同干燥方法蛋白质质量分数

Fig.1 Effect of drying methods on the protein content

图 1 直观的描述了热风干燥、真空-微波干燥、热风-微波耦合干燥、冻干干燥对蛋白质的影响以及和鲜荔枝的对比。可以看出, 鲜荔枝、真空微波干燥荔枝、热风微波耦合干燥荔枝、热风干燥荔枝、真空冻干荔枝蛋白质质量分数分别为: 0.410 3%、0.273 9%、0.217 6%、0.183 7%、0.224 1%, 不同干燥方法引起的蛋白质质量分数变化是由于干燥过程中温度的不同引起的。荔枝在热风微波耦合干燥条件下的蛋白质质量分数最高, 其次是冻干干燥, 然后是微波真空干燥, 传统的热风方法干燥的荔枝蛋白质质量分数最低。

2.2 不同干燥方法对荔枝还原糖质量分数的影响

以葡萄糖溶液浓度为横坐标,吸光度值为纵坐标坐标,线性回归方程为:

$$y=7.284x+0.008 \quad (R^2=0.998)$$

不同干燥方法得到荔枝的含水率和还原糖的质量分数见表 1。可以看出,4 种不同的干燥方法得到的荔枝干果水分质量分数都在贮存安全水分($\leq 10\%$)以内,冻干方法得到荔枝干果水分质量分数最低,但耗时也是最长的,长达 70 h;其次热风干燥,但是其干燥时间也在 20 h 以上;真空微波干燥和热风-微波干燥耗时与前两者相比较有明显的优势,干燥时间大大的缩短了,约在 2 h 左右。可以根据不同的需求选择不同的干燥手段。荔枝的还原糖质量分数特别高,新鲜荔枝的还原糖质量分数为 6.90%。不同的干燥方式热风-微波耦合干燥的还原糖质量分数最高,达到了 6.14%;微波真空的含糖质量分数稍微次之,为 5.64%;热风干燥和冻干干燥几乎持平,分别为 5.24%和 5.09%。

表 1 不同干燥方法还原糖的保留率

Tab.1 Effect of drying methods on the retention rate of reducing sugar of different drying methods

干燥方法	含水率/%	还原糖质量分数%
未干燥(鲜荔枝)	83.94±0.84	6.90±0.57
热风	9.14±0.66	5.24±0.41
真空微波	6.23±0.48	5.64±0.34
热风微波	7.162±0.79	6.14±0.74
冻干	6.01±0.52	5.09±0.78

2.3 不同干燥方法对荔枝色泽的影响

由表 2 可以直观的看出,冻干方法得到的样品 L 和 b 值较高,比新鲜荔 L 和 b 值还要高,真空微波干燥的 L 和 b 值都比较接近鲜荔枝,纯热风和热风微波的 L 和 b 值却明显低于鲜荔枝的。物料干燥的过程中,荔枝中多酚氧化酶很容易和氧气发生反应,干燥时间越久,反应越彻底,褐变越明显。用热风、真空微波、热风微波、冻干 4 种方法干燥得到的荔枝的 a 均不同程度的变大,由新鲜荔枝 $a=9.84$ 增加到 10.05~13.31。总体来说,冻干干燥得到的样品和鲜荔枝最接近,甚至比鲜荔枝的色泽还要明亮一些;真空微波得到的样品也比较好,有轻微的褐变;热风微波得到的样品褐变较以上三种都严重。

表 2 不同干燥方法及鲜荔枝的色泽对比

Tab.2 Effect of drying methods on the colour and lustre of litchi fresh

干燥方法	L	a	b	H_0	ΔE	C
热风干燥	22.72	13.59	10.72	72.63	72.93	17.31
真空微波	40.79	10.05	17.18	33.06	54.39	19.91
热风微波	26.48	13.31	13.27	57.46	69.04	18.75
冻干	59.66	11.12	23.08	27.59	36.53	25.62
鲜荔枝	42.99	9.84	16.79	33.60	52.34	19.46

$$H^0=\tan^{-1}(b/a);$$

$$\Delta E=\sqrt{(\Delta L)^2+(\Delta a)^2+(\Delta b)^2};$$

$$C=\sqrt{(a)^2+(b)^2};$$

$$\Delta L=L_{\text{sample}}-L_{\text{standard}};$$

$$\Delta a=a_{\text{sample}}-a_{\text{standard}};$$

$$\Delta b=b_{\text{sample}}-b_{\text{standard}}$$

不同干燥方法的产品见图 2。



(a) 真空微波干燥



(b) 冻干干燥



(c) 热风干燥



(d) 热风微波耦合干燥

图2 不同干燥方法的对比照片

Fig.2 Photos for the different drying methods

3 结 语

作者采用4种干燥方法,分别为热风干燥、热风微波耦合干燥、真空冻干干燥和真空微波干燥,通过测定干燥后荔枝干果还原糖、蛋白质及对其进行色泽分析,得出:

1)鲜荔枝、真空微波干燥荔枝、热风微波耦合

干燥荔枝、热风干燥荔枝、真空冻干荔枝蛋白质质量分数分别为:0.410 3%、0.273 9%、0.217 6%、0.183 7%、0.224 1%。

2)荔枝的还原糖质量分数特别高,新鲜荔枝的还原糖质量分数为6.90%。不同的干燥方式热风-微波耦合干燥的还原糖质量分数最高,达到了6.14%;微波真空的含糖质量分数稍微次之,为5.64%;热风干燥和冻干干燥几乎相平,分别为5.24%和5.09%。

3)冻干方法得到的样品 L 和 b 值较高,比新鲜荔枝 L 和 b 值还要高,真空微波干燥的 L 和 b 值都比较接近鲜荔枝,纯热风和热风微波的 L 和 b 值却明显低于鲜荔枝的。

4种干燥方法得到的荔枝干果的评定值如上所述,因此可以根据不同的需求选择不同的干燥方法。

参考文献:

- [1] 黄连松.荔枝肉真空冷冻干燥工艺研究[J].广西轻工业,2008(7):3-4.
HUANG Lian-song. Research on drying technology of vacuum freeze drying of peeled litchi [J]. **Guangxi Journal of Light Industry**, 2008(7):3-4. (in Chinese)
- [2] S Janjai, B Mahayothee, N Lamlert, et al. Diffusivity, shrinkage and simulated drying of litchi fruit (*Litchi chinensis* Sonn.) [J]. **Journal of Food Engineering**, 2010, 96:214-221.
- [3] Donglin Zhang, Peter C Quantick, John M Grigor. Changes in phenolic compounds in Litchi (*Litchi chinensis* Sonn) fruit during postharvest storage [J]. **Postharvest Biology and Technology**, 2000, 19:165-172.
- [4] 张建军, 马永昌, 王海霞, 等. 辣椒热风干燥的工艺优化试验 [J]. 农业机械学报, 2007, 38(12):222-224.
ZHANG Jian-jun, MA Yong-chang, WANG Hai-xia, et al. The optimization experiments on chili hot air drying process [J]. **Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery**, 2007, 38(12):222-224. (in Chinese)
- [5] Thin-layer drying of litchi (*litchi: chinensis* Sonn). **Food and Bioproducts Processing**, 2011, 89(3):194-201.
- [6] 李瑞杰, 张懋, 孙金才. 冷冻干燥与后续真空微波联合干燥开发草莓休闲食品 [J]. 食品与生物技术学报, 2009, 28(4):456-461.
LI Rui-jie, ZHANG Min, SUN Jin-cai. Studies on treatment of strawberries by a combination drying of vacuum freeze and vacuum microwave [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2009, 28(4):456-461. (in Chinese)
- [7] 周韵, 宋春芳, 崔政伟. 热风微波耦合干燥胡萝卜工艺 [J]. 农业工程学报, 2011, 27(2):382-386.
ZHOU Yun, SONG Chun-fang, CUI Zheng-wei. Coupled hot air and microwave drying technology for carrot slices dehydration [J]. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering**, 2011, 27(2):382-386. (in Chinese)
- [8] AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC International [M]. USA: AOAC, 1995.
- [9] 岳强, 曾新安, 于淑娟, 等. 新鲜荔枝汁营养成分分析 [J]. 食品工业科技, 2006, 4(27):173-174.
YUE Qiang, ZENG Xin-an, YU Shu-juan, et al. The analysis of nutritional components in fresh litchi juice [J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2006, 4(27):173-174. (in Chinese)
- [10] 孙向东, 王乐凯, 任红波, 等. 色彩色差计在面粉色泽测定上的应用 [J]. 粮油食品科技, 2002, 2(10):31-33.
SUN Xiang-dong, WANG Le-kai, REN Hong-bo, et al. The application of tristimulus colorimeter in the determination of flour color [J]. **Science and Technology of Cereals, Oils and Foods**, 2002, 2(10):31-33. (in Chinese)