

预处理对压差闪蒸干燥丰水梨脆片品质及微观结构的影响

唐璐璐^{1,2}, 易建勇¹, 毕金峰^{1,*}, 侯旭杰², 吴昕焱¹, 周沫¹

(1. 中国农业科学院农产品加工研究所, 农业部农产品加工重点实验室, 北京 100193;

2. 塔里木大学生命科学学院, 新疆特色农产品深加工兵团重点实验室, 新疆 阿拉尔 843300)

摘要: 为研究预处理方式对丰水梨压差闪蒸干燥的影响, 以丰水梨为原料, 探讨热烫预处理、深冻预处理、柠檬酸浸渍预处理和果葡糖浆浸渍预处理对丰水梨干燥产品色泽、硬度、脆度、复水性、感官、可溶性固形物含量、可滴定酸含量、总糖含量、总酚含量、总黄酮含量、抗坏血酸含量和微观结构等的影响。结果表明: 适当的热烫预处理有利于干燥产品感官品质的提高; 深冻预处理虽有助于产品总酚和抗坏血酸的保留, 但其硬度较小, 膨化效果不明显; 柠檬酸浸渍预处理的硬度较大, 可滴定酸含量最高, 口感偏酸, 感官评价喜好度为中等; 果葡糖浆浸渍预处理有助于增加干燥产品可溶性固形物和总糖含量, 但其硬度较大, 脆度较小, 失去商品性质。综合比较, 热烫处理是丰水梨压差闪蒸干燥较适宜的预处理方式。

关键词: 丰水梨; 热烫预处理; 压差闪蒸干燥; 品质; 感官评价

Effect of Pretreatments on the Quality and Microstructure of Crispy Housui Pear Slices Dried by Decompression Flash Drying

TANG Lulu^{1,2}, YI Jianyong¹, BI Jinfeng^{1,*}, HOU Xujie², WU Xinye¹, ZHOU Mo¹

(1. Key Laboratory of Agro-products Processing, Ministry of Agriculture, Institute of Food Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 2. Construction Corps Key Laboratory of Special Agricultural Products Further Processing in Southern Xinjiang, College of Life Sciences, Tarim University, Alar 843300, China)

Abstract: The objective of this study was to investigate the effects of various pretreatment methods including blanching, freezing, citric acid dipping and fructose syrup dipping on the quality of crispy Housui pear slices dried by decompression flash drying in terms of color, hardness, brittleness, rehydration capacity, sensory score, total soluble solids, titratable acid, total sugar, total phenol, total flavonoids and ascorbic acid as well as their microstructure. The results showed that blanching pretreatment improved the sensory quality of the product. Freezing pretreatment yielded products with higher contents of total phenols and ascorbic acid, but a lower hardness and less volume expansion. Citric acid dipping resulted in greater hardness, the highest content of titratable acid, which was not very desirable according to the sensory evaluation. Fructose syrup dipping increased the contents of soluble solid and total sugar, resulted in higher hardness and lower brittleness, and therefore decreased the commercial value of the product. Comprehensive comparison, blanching pretreatment method of Housui pear slices dried by decompression flash drying is suitable.

Key words: Housui pear; blanching; decompression flash drying; quality; sensory evaluation

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201621013

中图分类号: TS255.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2016) 21-0073-06

引文格式:

唐璐璐, 易建勇, 毕金峰, 等. 预处理对压差闪蒸干燥丰水梨脆片品质及微观结构的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(21): 73-78. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201621013. <http://www.spkx.net.cn>

TANG Lulu, YI Jianyong, BI Jinfeng, et al. Effect of pretreatments on the quality and microstructure of crispy Housui pear slices dried by decompression flash drying[J]. Food Science, 2016, 37(21): 73-78. (in Chinese with English abstract)

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201621013. <http://www.spkx.net.cn>

收稿日期: 2015-11-21

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201303077)

作者简介: 唐璐璐(1989—), 女, 硕士研究生, 研究方向为天然产物活性成分结构与功能。E-mail: 124991926@qq.com

*通信作者: 毕金峰(1970—), 男, 研究员, 博士, 研究方向为果蔬精深加工与副产物综合利用技术。

E-mail: bijinfeng2010@163.com

丰水梨 (*Pyrus pyrifolia* Nakai. var. Housui) 是我国近年来发展栽培较快、较多的砂梨品种。因其采收期集中在每年8月中下旬, 采后呼吸代谢旺盛, 水分散失和有机物质分解而不易贮藏, 因其销售期短造成严重浪费的局面。大力发展其深加工制品, 提高其附加值, 是充分利用丰水梨资源的一条有效途径。

目前我国主要的梨加工制品有梨汁、梨膏、梨酒、梨脯和梨罐头等, 但梨脆片产品较少。压差闪蒸干燥是近年来兴起的一种新型果蔬干燥技术, 用于生产非油炸果蔬脆片。其原理是将预处理后的果蔬原料放在膨化罐中升温加压, 经过保温保压一定时间后瞬间泄压, 促使物料瞬间膨胀, 并在真空状态下完成后续脱水干燥而获得终产品^[1]。该技术生产的果蔬脆片具有口感酥脆、绿色天然、营养丰富、易于贮藏携带的优点。目前, 以梨为原料进行压差闪蒸干燥的研究较少, 主要集中在闪蒸工艺方面。冯丽琴等^[2]研究了在雪梨中配中草药熏蒸后进行压差闪蒸干燥生产川贝雪梨脆片的工艺。刘志勇等^[3]对鸭梨压差闪蒸干燥工艺进行了优化, 得到较优工艺参数为闪蒸温度89.68℃、抽空温度58℃、抽空时间78.65 min。许多研究发现适当的预处理可以提高压差闪蒸干燥产品品质和干燥速率, 如渗透预处理可以有效改善芒果膨化脆片的颜色及脆度^[4], 缩短胡萝卜^[5]、甘薯^[6]的干燥时间; 适当的热烫预处理可以大幅度提高苹果片^[7]、胡萝卜^[8]的干燥速率, 缩短干燥时间, 同时还有利于降低膨化产品的含水率、提高膨化度和色泽品质^[9-10]; 冻融预处理提高了胡萝卜脉动压差闪蒸干燥产品的膨化度、色泽和酥脆度^[11], 也使甘薯干燥产品表现出良好的色泽^[12]; 柠檬酸、氯化钠等溶液的浸渍预处理能够有效改善干燥产品的色泽和风味等^[13]。然而, 预处理的方式对压差闪蒸梨脆片品质的影响却鲜见报道。本实验旨在探讨热烫、深冻、柠檬酸浸渍和果葡糖浆浸渍预处理对丰水梨压差闪蒸干燥产品品质及微观结构的影响, 为进一步完善压差闪蒸干燥工艺提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

丰水梨购于北京市海淀区清河小营果蔬批发市场。

果葡糖浆 (食品级, 浓度75%) 山东鲁洲集团; 柠檬酸、无水碳酸钠、无水乙醇、浓硫酸、盐酸、氢氧化钠、亚硝酸钠、氯化铝、醋酸钠、醋酸、过硫酸钾 (均为分析纯) 国药集团化学试剂有限公司; 福林-酚试剂 美国Sigma公司。

1.2 仪器与设备

QDPH1021果蔬压差闪蒸干燥设备 天津市勤德新材料科技有限公司; BHG-9140A电热恒温鼓风干燥设备

上海一恒科学仪器有限公司; UV1800紫外-可见分光光度计 日本岛津公司; CM-700D分光测色计 柯尼卡美能达 (中国) 投资有限公司; TA-XT2i/50物性分析仪 英国Stable Micro Systems公司; CPA-125万分之一天平 德国Sartortific公司; WZB45申光数显折光仪 上海精密科学仪器有限公司; 便携式pH计 德国仪表 (深圳) 有限公司; S-570扫描电子显微镜 日本日立公司。

1.3 方法

1.3.1 工艺流程

丰水梨→清洗→去皮→横切成6 mm薄片→四分切→去核→预处理→预干燥→均湿→压差闪蒸干燥→冷却→分级→包装

1.3.2 实验处理与分组

实验共采用4种预处理方式, 1个对照组, 分别是: 深冻预处理: 将切分好的梨片置于-40℃冰箱中深冻8 h, 取出后立即单层平铺到干燥盘上进行预干燥; 热烫预处理: 将切分好的梨片置于(98±2)℃水中40 s, 取出后立即单层平铺到干燥盘上进行预干燥; 柠檬酸浸渍预处理: 将切分好的梨片置于1.5%柠檬酸溶液中浸渍30 min, 料液比为1:5 (m/V), 取出后立即单层平铺到干燥盘上进行预干燥; 果葡糖浆浸渍预处理: 将切分好的梨片置于25%果葡糖浆溶液中浸渍2 h, 料液比为1:5 (m/V), 取出后立即单层平铺到干燥盘上进行预干燥; 对照组: 直接将切分好的梨片单层平铺到干燥盘上进行预干燥。所有样品均在65℃热风干燥条件下干燥至湿基含水率为50%, 4℃均湿12 h后, 再进行压差闪蒸干燥。

经前期实验研究确定丰水梨压差闪蒸干燥工艺条件为: 闪蒸温度95℃、停滞10 min、闪蒸次数3次、抽空温度65℃、抽空时间(1.5±0.2) h。

1.3.3 指标测定

1.3.3.1 水分含量和色泽的测定

水分含量的测定: 参照GB 5009.3—2010《食品中水分的测定》^[14]方法测定。色泽的测定: 采用色彩色差仪测定各样品的L*值 (明度指数)、a*值 (红绿指数) 和b*值 (黄蓝指数)。色差值ΔE越小, 说明样品色泽与鲜样越接近, ΔE可按公式 (1) 计算。

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0)^2 + (a^* - a_0)^2 + (b^* - b_0)^2} \quad (1)$$

式中: ΔE表示样品的色差值; L*、a*和b*表示样品的色泽值; L₀、a₀和b₀表示鲜样色泽值。

1.3.3.2 硬度和脆度及复水性的测定

硬度和脆度的测定: 在同批处理的样品中, 取大小, 形状相近的干燥产品进行测试, 利用物性分析仪测定其硬度和脆度。仪器参数设置: 选择HDP/CFS型探头, 探头模式为阻力测试, 前期测试速率为1.0 mm/s, 测试中速率为1.0 mm/s, 后期测试速率为2.0 mm/s, 测试距离为15 mm, 采集数据速率为500次/s。在采集的数

据中, Force表示硬度, 数值越大, 表明产品硬度越大; Distance表示脆度数值越大, 表明脆度越小。每组样品重复10次, 去除最大值和最小值后取平均值。

复水性的测定: 室温条件下将干燥样品置于200 mL烧杯中, 按料液比1:50 (m/V) 加入蒸馏水, 30 min后取出沥干60 s, 测定样品质量。复水比 (rehydration ratio, RR) 按式 (2) 计算^[15]。

$$RR/(g/g) = \frac{m_1}{m_0} \quad (2)$$

式中: m_1 为复水后的样品质量/g; m_0 为复水前样品质量/g。

1.3.3.3 可溶性固形物、可滴定酸和总糖含量的测定

样品制备: 将干燥后的样品用液氮速冻, 磨碎成粉状, 并保存于-40℃冰箱中, 备用。

可溶性固形物含量的测定参照聂继云等^[16]的方法。称取2 g干样 (5 g鲜样), 按1:10 (m/V) 加入蒸馏水, 沸水浴30 min, 不时用玻璃棒搅动, 冷却至室温后过滤, 取滤液用数显折光仪测定。

可滴定酸含量的测定参照聂继云等^[16]的方法。称取1~5 g样品加入30 mL蒸馏水, 充分摇匀, 于75~80℃水浴锅中水浴30 min, 冷却过滤, 将滤液移入100 mL容量瓶中, 定容后摇匀。将上述溶液移入烧杯中并放在磁力搅拌器上, 边用0.1 mol/L NaOH滴定边测pH值, 直至pH (8.1±0.2) 时停止, 记录NaOH消耗量。结果以苹果酸 (换算系数为0.067 g/mmol) 的当量表示 (mg/g)。

总糖含量的测定: 采用苯酚-硫酸比色法, 精确称量干样1 g (鲜样5 g), 加入2 mL浓度为6 mol/L的HCl溶液, 加20~25 mL蒸馏水, 在96℃的水浴锅中水浴2 h, 冷却后加入2 mL浓度为6 mol/L的NaOH溶液, 转移至离心管中。10 000 r/min离心10 min, 将上清液用蒸馏水定容至50 mL, 即得样液。吸取稀释后的样液1.0 mL, 加入1.0 mL质量分数为5%的苯酚及5.0 mL质量分数为98%的浓硫酸, 摇匀冷却室温放置20 min, 同时以葡萄糖为标样制作标准曲线, 于490 nm波长处测吸光度。

总糖的标准曲线为 $y=0.0086x-0.0055$ ($R^2=0.9912$), 总糖含量的计算见式 (3)。

$$\text{总糖含量}/(\text{mg/g}) = \frac{x \times V \times n}{m} \quad (3)$$

式中: x 为根据标准曲线计算出的总糖质量浓度/(mg/mL); V 为提取液体积/mL; n 为稀释倍数; m 为样品质量/g。

1.3.3.4 抗坏血酸、总酚和总黄酮含量的测定

样品制备同1.3.2.3节。抗坏血酸含量的测定参照GB/T 6195—1986《水果、蔬菜维生素C含量测定法》中二甲苯-二氯靛酚比色法, 准确称取1.5 g干样 (5 g鲜样), 加入2%偏磷酸20 mL, 充分摇匀后于10 000 r/min离心

15 min。取上清液5 mL, 分别加入5 mL pH 4.0的乙酸钠缓冲液和2 mL 2,6-二氯靛酚溶液, 剧烈摇匀后立即加入10 mL二甲苯, 剧烈摇动20 s, 静置分层, 同时用2,6-二氯靛酚制作标准曲线, 吸取二甲苯层3.5 mL到比色皿中于500 nm波长处测定吸光度。抗坏血酸的标准曲线为 $y=0.2983x+0.0036$ ($R^2=0.992$), 抗坏血酸含量按式 (4) 计算。

$$\text{抗坏血酸含量}/(\text{mg}/100\text{ g}) = \frac{x \times V \times n}{m} \quad (4)$$

式中: x 为实验测得抗坏血酸质量浓度/(mg/mL); V 为提取液体积/mL; n 为稀释倍数; m 为样品质量/g。

总酚含量的测定采用福林-酚法。准确称取1 g干样 (5 g鲜样), 加30 mL 70%乙醇, 充分摇匀后超声提取45 min, 避光静置2 h。10 000 r/min离心15 min, 如此重复提取3次, 合并滤液后浓缩至50 mL。取上述提取液1 mL, 加入1 mL 10%福林-酚显色剂, 静置5 min, 分别加入3 mL 7.5% Na_2CO_3 溶液和5 mL蒸馏水, 摇匀后于40℃水浴20 min, 同时以没食子酸为标样作标准曲线, 冷却后于765 nm波长处测定吸光度。总酚含量测定的标准曲线为 $y=8.23x+0.0149$ ($R^2=0.9985$)。总酚含量按式 (5) 计算。

$$\text{总酚含量}/(\text{mg/g}) = \frac{x \times V \times n}{m} \quad (5)$$

式中: x 为实验测得总酚质量浓度/(mg/mL); V 为提取液体积/mL; n 为稀释倍数; m 为样品质量/g。

总黄酮含量的测定^[17]: 提取方法同总酚含量的测定, 吸取提取液1 mL, 加入5 mL蒸馏水和0.3 mL 5%亚硝酸钠溶液, 摇匀后加入0.3 mL 10%铝盐溶液, 摇匀, 静置反应5 min, 加入2 mL 1 mol/L NaOH溶液, 摇匀, 用蒸馏水定容至10 mL, 同时以芦丁为标样作标准曲线, 于510 nm波长处测定吸光度。

总黄酮含量测定的标准曲线为 $y=0.9722x-0.0135$ ($R^2=0.9930$)。总黄酮含量按式 (6) 计算。

$$\text{总黄酮含量}/(\text{mg/g}) = \frac{x \times V \times n}{m} \quad (6)$$

式中: x 为实验测得总黄酮质量浓度/(mg/mL); V 为提取液体积/mL; n 为稀释倍数; m 为样品质量/g。

1.3.4 微观结构

参照丁媛媛等^[18]的样品前处理方法: 取适当大小的丰水梨脆片, 将其黏到扫描样品台上, 经IB-V离子喷涂仪镀膜后通过S-570扫描电子显微镜观察, 并取适当的放大倍数进行拍照。

1.3.5 感官评价

丰水梨脆片的感官满意度用9点喜好程度进行评价^[19], 其中1为特别不喜欢, 9为特别喜欢。评价参数包

括色泽、气味、味道、质地和外观。评价小组由18位成员组成。

1.4 数据统计分析

数据使用Excel软件和SPSS 17.0软件进行数据处理和显著性分析,用Origin 8.0软件绘图。

2 结果与分析

2.1 预处理方式对压差闪蒸干燥产品水分含量、干燥时间和色泽的影响

预处理的效果主要从干燥时间和色泽进行判断。实验中期望干燥产品的水分含量越低越好,干燥时间越短越好, L^* 值越大越好, ΔE 值越小越好。不同预处理方式对压差闪蒸干燥产品的水分含量、干燥时间和色泽的影响如表1所示,不同预处理方式对干燥产品的水分含量存在不同程度的影响,其中经深冻预处理后的干燥产品的水分含量最少,干燥时间最短,这主要与深冻处理在一定程度上损伤了物料内部的组织结构有关^[20]。经果葡糖浆浸渍预处理后的干燥产品的干燥时间显著长于其他预处理方式,其原因可能是物料中的糖分子浓度增加降低了水分的扩散速率,从而延长了干燥时间。

表1 预处理方式对压差闪蒸干燥产品水分含量、干燥时间和色泽的影响
Table 1 Effect of pretreatments on the moisture content, drying time and color of decompression flash dried products

预处理方式	水分含量/(g/100g)	干燥时间/h	L^*	ΔE
对照组	3.79±0.27 ^b	5.05±0.10 ^c	62.05±3.10 ^{ab}	30.26±2.25 ^a
深冻	2.75±0.04 ^c	2.37±0.11 ^d	53.40±1.50 ^d	28.13±1.50 ^b
热烫	3.27±0.20 ^{bc}	4.83±0.15 ^c	58.70±3.60 ^{bc}	24.05±1.60 ^c
柠檬酸浸渍	5.10±0.38 ^a	5.70±0.17 ^b	56.44±4.42 ^{cd}	27.75±1.83 ^b
果葡糖浆浸渍	3.98±0.48 ^b	6.80±0.30 ^a	62.74±2.87 ^a	27.18±2.40 ^b

注:同列肩标小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

产品色泽是产品品质评价的重要因素,干燥及其预处理方式都会影响产品的色泽^[21]。经过不同预处理方式处理后,产品的色泽显著低于对照组产品色泽($P < 0.05$)。其中,经果葡糖浆浸渍处理的干燥产品具有较高的 L^* 值,与对照组干燥产品差异不显著,说明这两组产品具有较好的明度。同时发现经热烫预处理后的干燥产品的 ΔE 值显著低于其他预处理方式,说明该产品与鲜样色泽最相近,可见热烫处理具有较好的护色作用,这主要是因为适当的热烫处理对酶有钝化作用,因而起到抑制酶促褐变的效果。经深冻预处理、柠檬酸浸渍预处理和果葡糖浆浸渍预处理后,3种干燥产品之间的 ΔE 差异不显著,表明3种预处理方式对压差闪蒸干燥产品色泽影响类似。对照组干燥产品的 ΔE 值显著高于其他预处理方式,说明选用适当的预处理方式可以有效改善压差闪蒸干燥丰水梨产品的色泽。

2.2 预处理方式对压差闪蒸干燥产品硬度、脆度和复水性的影响

表2 预处理方式对压差闪蒸干燥产品硬度、脆度和复水性的影响
Table 2 Effect of pretreatments on the hardness, brittleness and rehydration capacity of decompression flash dried products

预处理方式	硬度/g	脆度/mm	复水性/(g/g)
对照组	760.4±69.4 ^b	0.52±0.09 ^{cd}	2.82±0.11 ^c
深冻	279.1±29.8 ^d	0.39±0.12 ^d	3.27±0.18 ^b
热烫	468.8±46.0 ^c	0.62±0.11 ^{bc}	3.77±0.23 ^a
柠檬酸浸渍	727.5±80.7 ^b	0.75±0.13 ^{ab}	3.88±0.21 ^a
果葡糖浆浸渍	973.7±105.6 ^a	0.83±0.12 ^a	2.59±0.04 ^c

由表2可知,预处理对压差闪蒸干燥丰水梨产品的硬度、脆度和复水性均有显著影响($P < 0.05$)。其中经深冻预处理的干燥产品的硬度最小,脆度最大,但脆度与对照组差异不显著,复水性较大,说明深冻预处理有助于提高产品的质构特性。由于在深冻阶段,细胞内部水分形成冰晶,促使细胞壁、细胞原生质等细胞结构受到机械损伤,同时固化了物料内部的纤维组织结构,从而使得解冻后物料的质地较软,进而增加了干燥产品的酥脆度^[22]。同时可以发现热烫预处理可以降低干燥产品的硬度,原因可能是细胞壁及细胞间的胶质大分子在热烫过程中遭到不同程度的破坏,同时物料中的可溶性物质和离子也不同程度地流失,从而降低了干燥产品的硬度^[23]。此外,经果葡糖浆浸渍预处理的干燥产品的硬度显著最大,脆度和复水性显著最小,其可能的原因是在浸渍过程中糖分子通过渗透进入物料内部,在闪蒸膨化干燥过程中被固化而形成了支撑物料内部结构的骨架,从而使其更加坚固,导致硬度增大^[24]。同时干燥产品内部糖分子的存在也降低了干燥产品的吸水速率,从而导致干燥产品的复水性有所降低。

2.3 预处理方式对压差闪蒸干燥产品可溶性固形物、可滴定酸和总糖含量的影响

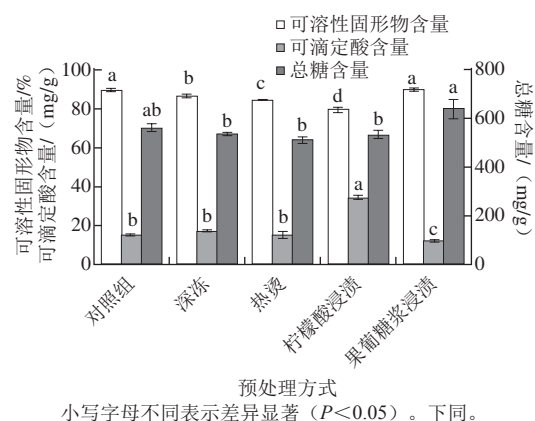


图1 预处理方式对压差闪蒸干燥产品可溶性固形物、可滴定酸和总糖含量的影响

Fig. 1 Effect of pretreatments on the total soluble solid, titratable acid and total sugar contents of decompression flash dried products

由图1可知,不同预处理方式对干燥产品可溶性固形物含量的影响存在显著性差异($P<0.05$)。果葡糖浆浸渍预处理和对照组干燥产品的可溶性固形物含量显著最高,且两者差异不显著,说明果葡糖浆浸渍预处理有助于增加可溶性固形物含量,这主要由于糖分子渗透进入样品所致。热烫预处理的干燥产品可溶性固形物含量显著低于深冻预处理组,可能是因为在热烫过程中物料内部细胞膜受到损伤,使可溶性物质较易向细胞膜外渗透导致其可溶性固形物含量较低。柠檬酸浸渍预处理后干燥产品的可溶性固形物含量显著最低,说明柠檬酸浸渍预处理对物料可溶性固形物含量影响最大。

对照组、深冻预处理和热烫预处理干燥产品的可滴定酸含量差异不显著,柠檬酸浸渍预处理后干燥产品的可滴定酸含量明显高于其他处理组,这主要是因为经柠檬酸浸渍预处理后,柠檬酸进入物料内部,导致可滴定酸含量增高。果葡糖浆浸渍预处理后的干燥产品可滴定酸含量显著最低,同时该组干燥产品的总糖含量最高,这可能与糖分子的大量渗入有关。丰水梨中含有丰富的糖类物质,其稳定性较高,导致深冻预处理、热烫预处理和柠檬酸浸渍预处理后的干燥产品总糖含量与对照组干燥产品差异不显著。

2.4 预处理方式对压差闪蒸干燥产品抗坏血酸、总酚和总黄酮含量的影响

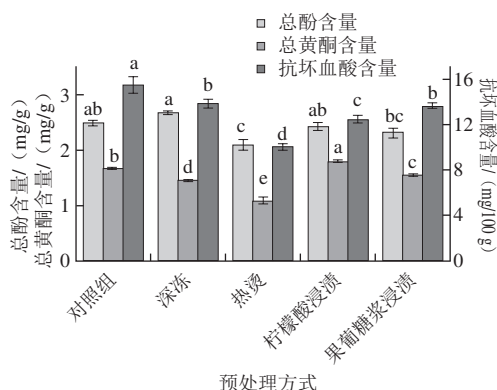


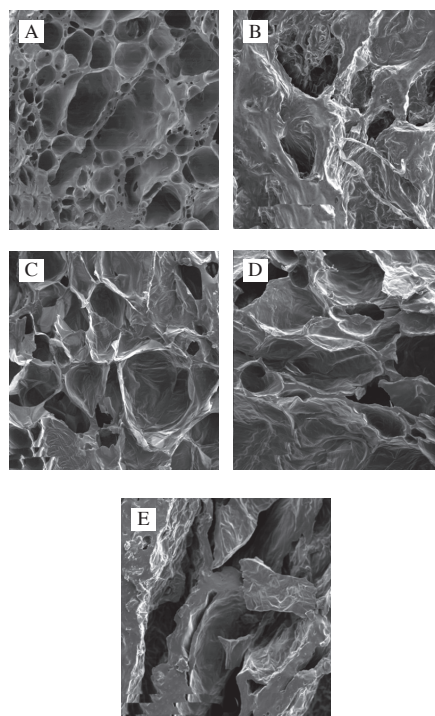
图2 预处理方式对压差闪蒸干燥产品总酚、总黄酮和抗坏血酸含量的影响

Fig. 2 Effect of pretreatments on the total phenols, total flavonoids and ascorbic acid contents of decompression flash dried products

抗坏血酸、总酚和总黄酮属于生物活性物质,它们的化学性质不稳定,受热、与氧气接触和遇光都易使其分解,因此预处理方式将直接影响它们在物料中的含量。不同预处理后干燥产品的抗坏血酸、总酚和总黄酮含量如图2所示,经热烫预处理后的干燥产品的总酚含量与果葡糖浆浸渍预处理后干燥产品的总酚含量差异不显著,但显著低于其他处理方式。其总黄酮和抗坏血酸含量显著低于其他处理方式。这主要是因为热烫过程中的高温使物料内部抗坏血酸、总酚和总黄酮发生降解。对

照组干燥产品的总酚含量较高且抗坏血酸含量最高,这主要是因为对照组产品的处理工序少,时间短,从而有效保留了营养活性物质。经果葡糖浆浸渍预处理后产品的总酚、总黄酮和抗坏血酸含量较低,其原因可能是物料内部存在的糖分子阻碍水分的扩散,从而降低了干燥速率,延长了干燥时间(6.8 h),物料中总酚、总黄酮和抗坏血酸在长时间受热环境下损失较大。柠檬酸浸渍预处理后的干燥产品的总酚含量和总黄酮含量较高,主要是因为柠檬酸降低了物料的pH值,同时也具有络合金属离子的作用^[25],从而抑制了酶活性,有效抑制酚类和黄酮的降解。

2.5 预处理方式对压差闪蒸干燥产品微观结构的影响



A~E分别为对照组、深冻、热烫、柠檬酸浸渍、果葡糖浆浸渍预处理。

图3 预处理方式对压差闪蒸干燥产品微观结构的影响(×100)

Fig. 3 Effect of pretreatments on the microstructure of decompression flash dried products (×100)

由图3可以看出,对照组、热烫预处理和柠檬酸浸渍预处理的产品均有明显的蜂窝状孔隙,说明压差闪蒸干燥对丰水梨内部结构影响较大,能够使丰水梨干燥产品获得令人满意的脆度和硬度。其中热烫预处理的孔隙较小,且相对其他预处理方式较均匀,说明适当的热烫预处理有助于膨化形成均匀的组织结构。经柠檬酸浸渍预处理的干燥产品内部形成较大的空腔,但均匀性不如对照组和热烫预处理。经果葡糖浆预处理的干燥产品内部存在不均匀的缝隙,这主要是因为物料与糖液之间发生了物理化学反应,可能导致大量糖分子存在于物料内部,使物料内部细胞结构发生改

变或者内部结构更加坚固^[26],在闪蒸瞬间发生断裂坍塌而形成的。丰水梨经深冻预处理后,物料内部组织结构收到损伤,使得闪蒸后产品没有形成均匀的蜂窝状结构,只有较少的空腔。

2.6 感官评价结果

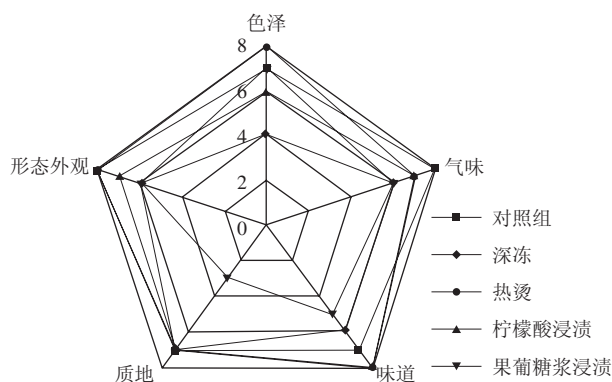


图4 不同预处理方式下丰水梨干燥产品感官评分图

Fig. 4 Effect of different pretreatments on the sensory quality of decompression flash dried products

由图4可知,热烫预处理和对照组产品的评价结果相似,均具有较好的色泽、风味、质地和外观形态。柠檬酸浸渍预处理产品虽然具有较好的风味、质地和外观形态,但其颜色为黄褐色且无光泽,因此商品性较差。深冻预处理和果葡糖浆浸渍预处理产品具有较低的感官评价分值,尤其是果葡糖浆浸渍预处理组产品,其口感较硬,酥脆度较差,味道上较甜,因此感官满意度较低。这一结果表明,热烫预处理产品在感官评价中具有较高的感官满意度,可作为一种预处理方法加入压差闪蒸干燥工艺中,提高产品的商品性。

3 结论

干燥前预处理是压差闪蒸干燥工艺的关键环节,适当的预处理可以有效改善压差闪蒸干燥产品的品质。实验范围内,热烫预处理能够使压差闪蒸干燥产品有较好的色泽、硬度、脆度和微观结构;对照处理有利于产品可溶性固形物、总糖、总酚和抗坏血酸的保留,但产品色差和硬度较大;深冻预处理有助于产品总酚和抗坏血酸的保留,同时可溶性固形物、可滴定酸和总糖含量也较高,但其硬度较小,且膨化效果不明显,商品性状较差;柠檬酸浸渍预处理有助于产品色泽的保护,但其硬度较大,且可滴定酸含量太高,导致口感偏酸,感官评价喜好度为中等;果葡糖浆浸渍预处理有助于增加干燥产品可溶性固形物和总糖含量,同时总酚和抗坏血酸含量也较高,但其硬度太大,脆度太小,失去其商品价值。综上所述,热烫预处理后的干燥产品具有较好的商品性,感官满意度较高,可成为工业化生产丰水梨脆片休闲食品的关键工艺环节。

参考文献:

- [1] DU L J, GAO Q H, JI X L, et al. Comparison of flavonoids, phenolic acids, and antioxidant activity of explosion-puffed and sun-dried jujubes (*Ziziphus jujuba* Mill.)[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2013, 61(48): 11840-11847. DOI:10.1021/jf401744c.
- [2] 冯丽琴, 阎瑞香, 冯丽珍, 等. 川贝雪梨脆片变温压差膨化干燥应用技术[J]. 保鲜与加工, 2010, 10(5): 51-52.
- [3] 刘志勇, 吴茂玉, 葛邦国, 等. 梨低温气流膨化干燥工艺研究[J]. 食品工业, 2012, 33(9): 59-63.
- [4] ZOU K, TENG J, HUANG L, et al. Effect of osmotic pretreatment on quality of mango chips by explosion puffing drying[J]. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 2013, 51(1): 253-259. DOI:10.1016/j.lwt.2012.11.005.
- [5] 赵玉生, 王云霞. 干燥前预处理对胡萝卜脱水机理和产品品质的影响[J]. 郑州粮食学院学报, 2000(1): 60-61. DOI:10.16433/j.cnki.issn1673-2383.2000.01.018.
- [6] 王君, 房升, 陈杰, 等. 糖渍甘薯热风干燥特性及数学模型研究[J]. 食品科学, 2012, 33(7): 105-109.
- [7] BI J, YANG A, LIU X, et al. Effects of pretreatments on explosion puffing drying kinetics of apple chips[J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 60(2): 1136-1142. DOI:10.1016/j.lwt.2014.10.006.
- [8] GÓRNICKI K, KALETA A. Drying curve modelling of blanched carrot cubes under natural convection condition[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 82(2): 160-170. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2007.02.002.
- [9] 李红娟, 张茜, 杨旭海, 等. 果蔬预处理现状分析及未来发展趋势[J]. 江苏农业科学, 2015(5): 271-272. DOI:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.05.090.
- [10] JAISWAL A K, GUPTA S, ABU-GHANNAM N. Kinetic evaluation of colour, texture, polyphenols and antioxidant capacity of Irish York cabbage after blanching treatment[J]. Food Chemistry, 2011, 131(1): 63-72. DOI:10.1016/j.foodchem.2011.08.032.
- [11] 黄宗海, 何新益, 王佳蕊, 等. 预处理方式对胡萝卜变温压差膨化干燥品质的影响[J]. 食品与机械, 2011, 27(1): 124-126.
- [12] 郭婷, 何新益, 邓放明, 等. 冻融处理对甘薯热风干燥产品品质影响[J]. 天津农学院学报, 2013(3): 9-13.
- [13] 吕健, 毕金峰, 刘璇, 等. 桃变温压差膨化干燥预处理工艺研究[J]. 核农学报, 2013, 27(9): 1317-1323.
- [14] 卫生部. 食品安全国家标准 食品中水分的测定: GB/T 5009.3—2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [15] CHEN H Z, ZHANG M, FANG Z X, et al. Effects of different rying methods on the quality of squid cubes[J]. Drying Technology, 2013, 31(16): 1911-1918. DOI:10.1080/07373937.2013.783592.
- [16] 聂继云, 刘凤之, 董雅凤, 等. 果品质量安全分析技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009: 13-34.
- [17] 聂继云, 吕德国, 李静, 等. 分光光度法测定苹果果实总黄酮含量的条件优化[J]. 果树学报, 2010, 27(3): 466-470. DOI:10.13925/j.cnki.gsxb.2010.03.025.
- [18] 丁媛媛, 毕金峰, 木泰华, 等. 不同干燥方式对甘薯产品品质的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(16): 108-112.
- [19] BARMAN K, ASREY R, PAL R K, et al. Influence of putrescine and carnauba wax on functional and sensory quality of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruits during storage[J]. Journal of Food Science and Technology, 2014, 51(1): 111-117. DOI:10.1007/s13197-011-0483-0.
- [20] 关志强. 食品冷冻冷藏原理与技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010: 240-243.
- [21] KOTWALI WALE N, BAKANE P, VERMA A. Changes in textural and optical properties of oyster mushroom during hot air drying[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 78(4): 1207-1211. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2005.12.033.
- [22] REWTHONG O, SOPONRONNARIT S, TAECHAPAIROJ C, et al. Effects of cooking, drying and pretreatment methods on texture and starch digestibility of instant rice[J]. Journal of Food Engineering, 2011, 103(3): 258-264. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2010.10.022.
- [23] CANET W, ALVAREZ M D, LUNA P, et al. Blanching effects on chemistry, quality and structure of green beans (cv. Moncayo)[J]. European Food Research & Technology, 2005, 220(3/4): 421-430. DOI:10.1007/s00217-004-1051-X.
- [24] TABTIANG S, PRACHAYAWARAKON S, SOPONRONNARIT S. Effects of osmotic treatment and superheated steam puffing temperature on drying characteristics and texture properties of banana slices[J]. Drying Technology, 2012, 30(30): 20-28. DOI:10.1080/07373937.2011.613554.
- [25] 范林林, 赵文静, 赵丹, 等. 柠檬酸处理对鲜切苹果的保鲜效果[J]. 食品科学, 2014, 35(18): 230-235. DOI: 10.7506/spkx1002-6630-201418044.
- [26] CHIRALT A, MARTÍNEZ-NAVARRETE N, MARTÍNEZ-MONZÓ J, et al. Changes in mechanical properties throughout osmotic processes: cryoprotectant effect[J]. Journal of Food Engineering, 2001, 49(2/3): 129-135. DOI:10.1016/S0260-8774(00)00203-X.