

非油炸黄桃脆片的加工工艺

金丽梅, 廖梓钊, 隋世有, 陈文璐, 李婷, 胡亚光, 魏春红

(黑龙江八一农垦大学食品学院, 黑龙江大庆 163319)

摘要: 为开发非油炸果蔬脆片产品, 本文以黄桃为原料, 采用流化-微波-烘焙相结合的生产工艺, 以色差、Vc 含量、感官评分和脆度等为评价指标, 采用单因素实验和正交实验研究流化温度、流化风速、微波功率、微波时间、烘焙温度和时间等因素对黄桃脆片品质的影响, 并分别对流化、微波和烘焙阶段进行工艺参数进行优化。试验结果表明: 黄桃脆片的最佳生产工艺为流化温度 55 °C、流化风速 300 m³/h; 微波功率 400 W、微波时间 600 s, 流化和微波转换时黄桃水分含量约 20%; 烘焙温度 65 °C、烘焙时间为 35 min。在该工艺下研发的黄桃脆片口味甚佳, 色泽较好, 感官评分为 91 分, 脆度值为 469 g。该研究为非油炸果蔬脆片的加工提供了理论依据, 也为果蔬类干制产品的开发拓宽了思路。

关键词: 黄桃脆片; 非油炸; 流化干燥; 微波; 烘焙

文章编号: 1673-9078(2020)02-186-193

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.2.027

Processing Technology of Non-fried Yellow Peach Chips

JIN Li-mei, LIAO Zi-zhao, SUI Shi-you, CHEN Wen-lu, LI Ting, HU Ya-guang, WEI Chun-hong

(School of Food Science, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China)

Abstract: In order to develop non-fried fruit and vegetable chips, the fluidization-microwave-baking combination processing technology to prepare yellow peach chips with yellow peach as the raw material was studied. The color difference, vitamin C content, sensory score and brittleness were set as evaluation indexes, and the yellow peach qualities affected by the factors including fluidization temperature, fluidization wind speed, microwave power, microwave time, baking temperature and time were evaluated, using single factor and orthogonal experiment to optimize the experimental parameters for each stage. The experimental results showed that the best parameters were fluidization temperature 55 °C, fluidization wind speed 300 m³/h; The microwave power 400 W, microwave time 600 s and water content of yellow peach about 20% during fluidization and microwave conversion; Baking temperature 65 °C and baking time 35 min. The yellow peach chips obtained by this process had good taste and color, while the sensory score was 91 and brittleness reached 469 g. This research provides a theoretical basis for the processing of non-fried fruit vegetable chips and broadens the idea for the development of fruit and vegetable dry products.

Key words: yellow peach chips; non-fried; fluidization drying; microwave; baking

大多数果蔬普遍存在旺季产量过剩, 不耐贮藏等特点。我国果蔬贮运加工能力薄弱, 损耗严重, 提高果蔬深加工的能力和水平具有重要的现实意义。近年来, 果蔬脆片以其营养健康、口感酥脆等特点, 逐渐成为休闲食品的潮流^[1]。黄桃具有降血糖、降血脂、抗自由基等作用, 对人体具有良好的营养保健价值^[2-4]。我国的黄桃种植面积广、产量高, 但贮藏期短(低温 2~4 周), 市场上常见的黄桃加工产品有桃汁、桃罐头等, 品种较单一^[5]。因此, 加强黄桃脆片产品的研发, 对于提升桃产品的价值, 延伸桃果的产业链, 满足人们日益增长的消费需求具有重要意义。

我国从 20 世纪 80 年代中期引进了真空低温油炸

工艺用于生产果蔬脆片^[6]。然而, 该工艺生产的产品仍存在缺少果蔬生鲜风味、含油率较高(约 10~20%)、不耐贮存且对人体有潜在健康隐患等问题^[7,8], 因而逐渐被健康绿色的非油炸果蔬脆片产品取代。非油炸技术主要包括热风干燥、低温真空膨化、真空冷冻干燥、微波真空干燥、变温气流(压差)膨化等^[9,10]。传统的热风干燥过程效率低, 产品的色泽、复水率等品质较差, 限制了其在果蔬干制加工中的推广和应用^[11]; 而微波干燥和气流膨化均易引起物料表面焦糊、表面硬化等现象^[6]; 真空冷冻干燥虽然能最大程度地保留物料的色泽、风味物质等营养成分^[10,12], 但该过程能耗大、生产成本低。由此可见, 单一干燥技术普遍存在产品优质品率低、质量参差不齐以及能耗高等各种问题, 采取联合干燥工艺生产果蔬脆片势在必行, 例如微波-压差膨化、光波与微波联合干燥^[13]、冷冻干燥与真空微波联合干燥^[14]、热风-真空联合干燥等^[15]。

收稿日期: 2019-08-14

基金项目: 黑龙江省大学生创新创业训练计划项目资助(201810223007)

作者简介: 金丽梅(1972-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 聚合物膜的制备及膜技术在水处理中的应用

果蔬干燥过程一般包含前期的恒速阶段和后期的降速阶段, 尽管不同果蔬的含水率和组织状态差别很大, 但在干燥前期均需除去大量非结合水份。而流化干燥区别于传统的热风干燥在于实现了热空气从下部引入并穿过物料床层, 使床层处于松散状态, 热风与物料的接触面积增大从而缩短干燥时间, 有利于有效保持干燥产品的品质^[11]。目前流化干燥主要用于粮食等颗粒或粉状物料的干燥^[16], 在果蔬脆片加工的研究中还比较少见。为提高干燥后期的干燥速度, 采取微波干燥则可实现物料内、外同时加热, 利于去除物料内部的结合水分。为进一步提高果蔬脆片的脆度, 减少微波干燥时间过长造成的表面局部区域的焦糊现象, 在微波后衔接焙烤工艺可进一步提高果蔬脆片的品质。

本文以黄桃为试验材料, 采取流化干燥、微波干燥和焙烤三段结合的方式进行黄桃脆片加工工艺研究, 并以色差、Vc 含量等为主要评价指标, 采用正交实验优化各段工艺参数, 开发非油炸型黄桃脆片, 为其工业化生产提供参考。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

黄桃(市售), 选择大小相近, 果肉紧致且无损伤的新鲜成熟黄桃; 柠檬酸, 上海乐欧食品有限公司; D-抗坏血酸钠, 诸城华源生物工程有限公司, 以上试剂均为食品级, 实验用去离子水由食品学院中试车间提供。

1.2 主要仪器设备

本试验所用仪器和设备主要有 YZS8-60 流化干燥操作实验装置, 天津大学化工基础实验中心; ORWO8S-2Z 微波真空干燥杀菌设备, 南京澳润微波科技有限公司; CR-41 色差仪, 日本柯尼卡美能达电子控股株式会社; TPA-CT3 质构仪, Brookfield Company; 智能型超级恒温水槽, 常州荣华仪器制造有限公司; 水果切片机, 永康日灿日用品有限公司; 电烤箱, 青岛汉尚电器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 工艺流程

原料挑选→清洗→去果皮、核→切片→分组→护色→吸干表面水分→流化干燥→微波干燥→烘焙→冷却→检验评价→贴标、装袋

1.3.2 操作方法

将黄桃清洗切半去核后切成 3 ± 0.3 mm 的薄片, 置于 0.5% D-抗坏血酸钠与 1% 柠檬酸的混合护色液中处理 20 min, 取出并吸干表面水分。将上述黄桃切片送到流化干燥室中, 设定流化温度和流化风速, 每隔 5 min 从干燥室中取样测色差值并称重, 然后放到 60 °C 干燥箱内烘至恒重, 计算其含水率和失水速率, 描绘干燥曲线。将流化后的黄桃片均匀分散平摊在微波干燥装置中, 设定微波处理的功率和时间, 启动微波加热, 以 Vc 含量和色差值作为指标, 进行单因素实验, 研究微波功率、微波干燥时间、流化干燥转入微波干燥时的含水率三个因素对评价指标的影响, 并在此基础上安排 $L_9(3^3)$ 正交实验, 优化微波干燥的工艺参数。将微波处理后的桃片放入烤箱中, 在一定烘焙温度下处理一定时间, 以感官评分和脆度为评定指标, 优化烘焙参数。

1.4 相关理化指标测定

1.4.1 含水率的测定

常压烘箱干燥法, 参照 GB 5009.3-1985 食品中水分的测定方法, 物料的绝干质量可用 105 °C 烘干法测定。

1.4.2 色差值

采用色差仪进行色度测定, 并计算黄桃片的色差值 ΔE , 为了减少试验偏差, 样品经打碎后测量均值, 计算公式为:

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

式中: $\Delta L=L^*-L_0^*$, $\Delta a=a^*-a_0^*$, $\Delta b=b^*-b_0^*$, L_0^* 、 a_0^* 、 b_0^* 分别为新鲜桃片的亮度、红度和黄度测定值, L^* 、 a^* 、 b^* 分别为干燥后黄桃片的亮度、红度和黄度测定值。其中 $L=0$ 表示黑色, $L=100$ 表示白色。L 越大则说明亮度越大, b 越大则黄色程度大^[17]。

1.4.3 Vc 含量测定

Vc 的测定采用 2,6-二氯酚法^[18]。

1.4.4 脆度测定

本实验采用 CT3 质构仪对黄桃脆片进行测定, 选用 TA11/1000 探头、TA-RT 夹具; 目标值: 1 mm; 触发点负荷: 10 g; 测试速度: 1 mm/s; 在此条件下测定黄桃脆片的脆度。

1.4.5 感官评价

邀请食品专业背景的 10 人(5 男 5 女)作为感官评定者, 对黄桃脆片的外观状态、脆片质地、风味口感做出综合评定, 标准见表 1。

表1 黄桃脆片感官评分标准

Table 1 The sensory scoring standard of flavored yam chips

指标/分	状态	分值
外观 (40分)	呈黄色, 与鲜桃色泽接近, 表面平整	40~30
	呈黄色或浅黄色, 表面较平整	30~20
	呈黄褐色, 表面有褶皱	20~10
质地 (30分)	口感酥脆, 膨化适中	30~20
	口感酥脆, 膨化不佳	20~10
	柔软不脆	10~0
风味 (30分)	酸甜适口, 具有较浓郁的黄桃香味	30~20
	酸甜味不佳, 具有较淡的黄桃香味, 无异味	20~10
	无黄桃香味, 有焦糊味或其他异味	10~0

1.5 数据处理

实验数据采用Excel 2010进行处理, 用Origin Pro 8.5进行图表的绘制, 用SPSS 19.0软件对实验数据进行显著性分析。

2 结果与讨论

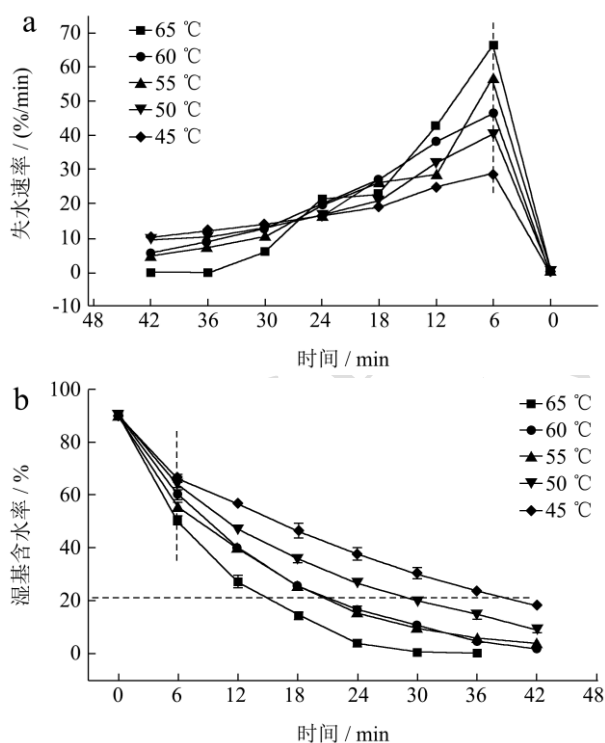


图1 黄桃脆片的流化干燥曲线

Fig.1 The fluidized drying curve of yellow peach chips

注: (a) 干燥曲线; (b) 干燥速率曲线。

2.1 流化干燥工艺参数优化

流化风速和流化温度是影响干燥速率的主要因素。由于果蔬中的热敏物质如 Vc 在长时间高温下易分解^[19], 故本研究中将流化干燥阶段的温度设置较

低, 使得果蔬中的 Vc 不会造成太大的损失, 因此在流化阶段仅以色差值作为黄桃脆片的品质指标。

2.1.1 温度对流化干燥速率的影响

在流化风速为 300 m³/h, 干燥温度对黄桃脆片的湿基含水率和失水速率的影响, 如图 1 所示。

由图 1a 可见, 当温度由 45 °C 升高到 65 °C, 干燥时间为 30 min 左右时, 黄桃的含水率由 30% 降到几乎为 0, 即干燥温度越低, 则桃片达到相同水分含量所需的时间越长。由图 1b 可见, 在最初的 0~6 min 时间内, 黄桃处于预热阶段, 失水速率迅速增加。温度越高, 黄桃的失水速率越大。黄桃在流化干燥过程中恒速阶段不明显, 当时间大于 6 min 以后, 则进入降速干燥阶段, 这是由于空气与物料的表面接触充分而迅速将其自由水分带走, 从而较早地转入降速段。由上述流化干燥曲线, 可以确定一定温度下含水率和对时间的对应关系, 如干燥温度为 65 °C 和 55 °C 时, 黄桃含水率达到 20% 时所对应的时间分别为 15 min 和 20 min 左右, 图 1 为查找流化干燥时黄桃含水率和对时间的对应关系提供依据。

2.1.2 温度和风速对黄桃脆片色差的影响

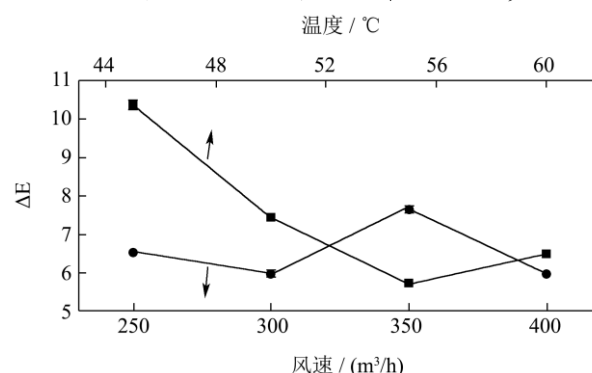


图2 流化风速和温度对黄桃脆片的色差影响

Fig.2 The influence of fluidization wind speed and temperature on color difference of yellow peach chips

固定流化风速为 400 m³/h, 研究当流化温度分别

为 45 °C、50 °C、55 °C、60 °C 时，对黄桃脆片色差值的影响。以及固定干燥温度为 60 °C，研究当流化风速分别为 250 m³/h、300 m³/h、350 m³/h 和 400 m³/h 时，对黄桃脆片色差值的影响，进一步优化流化温度和流化风速，不同处理温度下的流化时间是在图 1 干燥曲线中查找含水率为 20% 时相应的时间，结果如图 2 所示。

流化风速和温度对黄桃色泽都有影响，变色的主要原因是由于类胡萝卜素的非酶褐变引起的，与干燥温度、物料种类和含水量变化有关，且较难控制^[20]。一般来说，色差值越低则脆片的色泽越好^[21]。由图 2 可知，流化风速在 250~400 m³/h 区间变化时黄桃片的色差值变化不大，风速为 300 m³/h 时色差值达到最低值 6；而流化温度升高时，流化处理的时间越短，相应的黄桃色差值下降，55 °C 时对应的色差值达最低点为 5.6 左右，继续升高温度时色差值反而上升，因此流化干燥的处理条件可确定为风速为 300 m³/h、温度为 55 °C。

2.2 微波干燥

2.2.1 含水率对黄桃脆片品质的影响

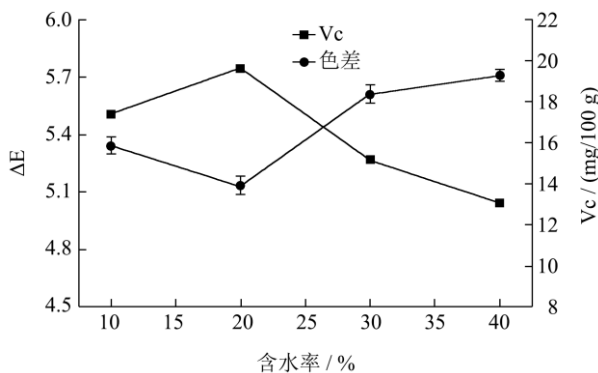


图 3 含水率对黄桃脆片的品质的影响

Fig.3 The effect of water content on properties of yellow peach chips

微波干燥前的黄桃脆片含水率，对微波阶段的黄桃脆片品质的影响较大，因此有必要通过实验，确定流化和微波干燥之间的含水率转换点，以确保在微波时能达到黄桃脆片的最佳品质。固定微波功率为 600 W，微波时间 600 s，微波干燥的初始含水率对黄桃脆片的色差和 Vc 含量的影响如图 3 所示。

由图 3 可知，随着含水率的增大，黄桃脆片的色差值呈现先下降后上升的趋势。当含水率为 20% 时色差值最小为 5.12。此外，随含水率增大，黄桃脆片的 Vc 含量呈先上升后下降的趋势，当含水率为 20% 时，Vc 含量最大值为 19.62 mg/100 g，此时 Vc 含量保持得最好。当黄桃含水率越高，则极性水分子在微波的

作用下旋转较剧烈，使物料内部及表面温度迅速升高，Vc 的氧化速度加快^[22]，综上，由流化干燥转入微波干燥时，黄桃含水率为 20% 时为最佳参数，以下单因素试验中黄桃的初始含水率均为 20%。由图 1 (a) 可知，当流化风速为 300 m³/h、温度为 55 °C 时，黄桃含水率达 20% 所对应的干燥时间约 22 min。

2.2.2 微波功率对黄桃脆片品质的影响

固定微波时间为 600 s，研究微波功率分别为 300 W、400 W、500 W 和 600 W 时，对黄桃脆片品质的影响，结果如图 4 所示。

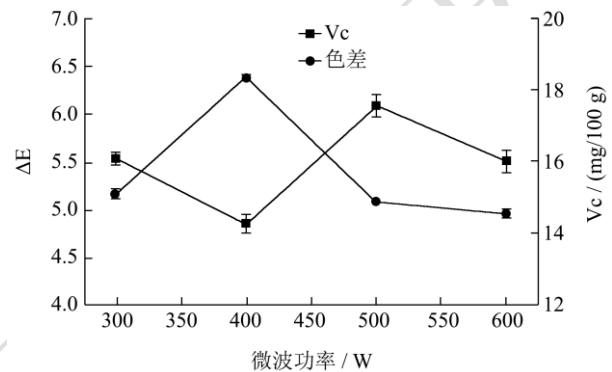


图 4 微波功率对脆片品质的影响

Fig.4 The effect of microwave power on properties of yellow peach chips

由图 4 可知，随着微波功率的增大，黄桃脆片的色差值呈现先下降后上升再下降的趋势。当微波功率为 400 W 时色差值达到最小值 4.85，此时色差值较佳。Vc 的含量随微波功率的增大呈先上升后下降的趋势，这是由于微波功率越大，Vc 降解率也会加快。当微波的功率为 400 W 时 Vc 含量达到最大值 18.36 mg/100 g。综上，当微波功率为 400 W 时，黄桃脆片的品质较佳。

2.2.3 微波时间对黄桃脆片品质的影响

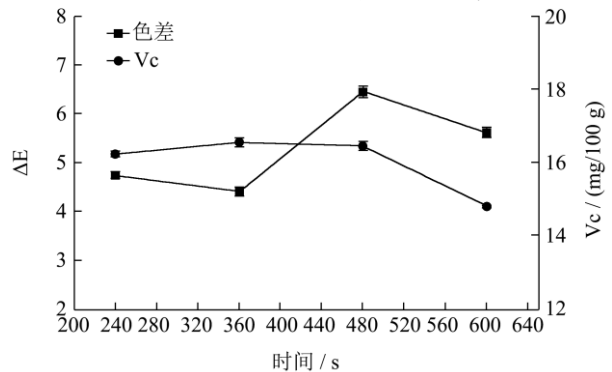


图 5 微波时间对脆片品质的影响

Fig.5 The effect of microwave time on properties of yellow peach chips

固定微波功率为 400 W，研究微波时间为分别为 240 s、360 s、480 s 和 600 s 时对黄桃脆片品质的影响，

结果如图 5 所示。由图 5 可知,随着微波时间的延长,黄桃脆片的色差值呈现先下降后上升再下降的趋势。当微波时间为 360 s 时色差值达到最小值,为 4.38;当微波时间为 480 s 时色差值为最大值。随着微波时间的增加,脆片的色差值逐渐增加,这可能是由于膨化时间较长,脆片内部的可溶性糖等物质的反应程度加剧,使得色泽变得暗淡^[23],由于色差值越低色泽度越好,故当微波时间为 360 s 时黄桃脆片色泽最好。

随着微波时间的延长,黄桃脆片的 Vc 含量整体呈现下降的趋势。当微波时间为 360 s 时 Vc 含量达到最大值,为 16.54 mg/100 g; 480 s 时,黄桃脆片的 Vc

含量仍保持在较高水平;而微波时间为 600 s 时, Vc 含量为最小值 14.86 mg/100 g。综上,当微波时间为 360 s 时,黄桃脆片的微波品质较佳。

2.2.4 微波干燥正交实验

表2 正交实验因素水平

Table 2 The factors and levels of orthogonal experiment

水平	因素		
	初始含水率/%	微波功率/w	微波时间/s
1	40%	600	600
2	30%	500	480
3	20%	400	360

表3 正交实验结果与直观分析表

Table 3 The orthogonal experimental results and intuitive analysis

编号	因素			$\Delta E Y_1$	Vc 含量 Y_2 / (mg/100 g)
	含水率(A)/%	微波功率(B)/W	微波时间(C)/S		
1	1(40%)	1(600w)	1(600s)	5.77±0.18 ^b	11.75±0.41 ^{de}
2	1	2(500w)	2(480s)	7.67±0.36 ^a	13.14±0.44 ^{bc}
3	1	3(400w)	3(360s)	3.7±0.19 ^d	14.18±0.89 ^a
4	2(30%)	1	3	5.48±0.39 ^{bc}	12.55±0.82 ^e
5	2	2	1	4.88±0.29 ^c	13.37±0.60 ^{ab}
6	2	3	2	5.52±0.66 ^{bc}	11.22±0.95 ^e
7	3(20%)	1	2	5.43±0.24 ^{bc}	12.19±1.02 ^c
8	3	2	3	5.87±0.54 ^b	12.23±1.31 ^c
9	3	3	1	4.17±0.22 ^d	14.81±0.43 ^a
k_1	5.71	5.56	4.94		
k_2	5.29	6.14	6.21		
k_3	5.16	4.46	5.02		
极差 R	0.55	1.68	1.27		
主次因素	B>C>A				
最佳组合	A ₃ B ₃ C ₁				
k_1	13.02	12.16	13.31		
k_2	12.38	12.91	12.18		
k_3	13.08	13.40	12.99		
极差 R	0.7	1.24	1.13		
主次因素	B>C>A				
最佳组合	A ₃ B ₃ C ₁				

注: 同列数据后不同字母表示差异显著($p < 0.05$), 相同字母表示差异不显著($p > 0.05$)。

在单因素实验的基础上,选取微波功率、微波时间、初始含水率为实验因素,以 Vc 含量和色差值为指标,采用 $L_9(3^3)$ 正交表进行优化实验,具体的实验设计见表 2。若微波干燥前初始含水率过低,则微波处理过程中桃片将出现严重的焦糊现象,因此表 2 中初始含水率最小值从 20% 开始。正交实验结果分析见表 3。

两项指标中色差值越小, Vc 含量越大,则产品品

质越好。由表 3 可知,微波干燥时各因素对色差和 Vc 的影响顺序都是微波功率>微波时间>含水率,相应的最佳工艺都是 $A_3B_3C_1$,恰为正交实验第 9 组,该组合对应的色差值为 4.17, Vc 含量为 14.81 mg/100 g,基本为所有组合中两项指标的最优值。因此,可确定微波阶段的最佳因素水平组合为 $A_3B_3C_1$,即含水率为 20%,微波功率 400 W,微波时间 600 s。在上述条件下进行验证试验,得到黄桃片的色差值为 4.14, Vc

含量为 15.04 mg/100 g。

2.2.5 正交最优结果验证

为进一步研究优化工艺的可靠性和合理性,将已确定的微波黄桃脆片的最佳实验条件(含水率 20%,微波功率 400 W,微波时间 600 s)对黄桃脆片进行验证,重复 3 次。在该条件进行实验,最终得出黄桃脆片的色差值为 3.92 ± 0.21 , Vc 含量为 15.17 ± 0.41 mg/100 g,两项评分都优于正交实验结果中的 $A_3B_3C_1$ 组合,验证结果表明,优化后的脆化条件结果稳定、可靠。

2.3 焙烤

焙烤温度和时间对产品颜色、酥脆性和表面平整度等风味和外观影响非常显著^[24],由于前期黄桃脆片基本去除掉大部分水分,温度过高则会加速美拉德反应使产品焦糊,故本研究中烘焙温度的三个水平确定为 60 °C、65 °C 和 70 °C,焙烤时间分别为 25 min、30 min 和 35 min。将烤箱温度与焙烤时间进行两因素方差分析,然后对试验结果进行显著性分析。最后以感官评分和脆度值为评定指标,确定较优的焙烤时间和烤箱温度。质构仪探头第一次冲向样品过程中,测试曲线图中出现的一个明显的峰,此峰值所对应的克数大小即为脆度,该值越小表示脆度越好^[25]。

2.3.1 温度和时间对脆度值的影响

不同温度和时间下,黄桃脆片的脆度值测定结果见表 4。

表4 黄桃烘焙后脆度值

Table 4 Brittleness value of yellow peach after baking

脆度/g	温度		
	60 °C	65 °C	70 °C
25 min	568±12.49 ^a	508±20.88 ^{bc}	547±37.04 ^{ab}
30 min	529±10.44 ^{ab}	502±20.52 ^{bc}	574±34.04 ^a
35 min	506±16.64 ^{bc}	469±26.00 ^c	565±55.51 ^a

注:同列数据后不同字母表示差异显著($p < 0.05$),相同字母表示差异不显著($p > 0.05$)。表 6 同。

表5 以脆度值为指标的两向分组的方差分析

Table 5 Analysis of variance of two-way grouping with brittleness value as index

因素来源	偏差平方和 S _j	自由度 f	均方和 S _j	F	显著性
烤箱温度	7234.889	2	3617.444	7.406*	0.045
焙烤时间	1270.889	2	635.444	1.301*	0.367
误差	1953.778	4	488.444		
总和	10459.556	8			

注: * $p < 0.05$, 差异显著。

将表 4 数据通过 SPSS 分析软件进行方差分析,

结果如表 5 所示。

由表 5 可知,烤箱温度和烘焙时间两因素的显著性分别为 0.045 和 0.367,其温度的显著性小于 0.05,表明烤箱温度对黄桃脆片的脆度值具有显著性影响。即在实验选择的水平范围内,烤箱温度的影响大于烘焙时间的影响。再由邓肯多重比较可知,在烘焙温度为 65 °C,烘焙时间为 35 min 时,所对应的黄桃脆片的最优脆度值为 469 g。

2.3.2 温度和时间对感官评分的影响

脆片烘焙后的感官评分结果见表 6。将表 6 数据通过 SPSS 分析软件进行方差分析,结果如表 7 所示。

表6 烘焙脆片的感官评分的测定数据

Table 6 Sensory score data of baked crisps

感官评分/分	温度		
	60 °C	65 °C	70 °C
25min	83±3.61 ^{bcd}	84±3.46 ^{bc}	76±2.65 ^{de}
30min	79±3.61 ^{cd}	87±5.29 ^{ab}	72±2.00 ^e
35min	81±2.00 ^{bc}	91±1.73 ^a	81±2.65 ^{bcd}

表7 以感官评价为指标的两向分组的方差分析

Table 7 Analysis of variance of two-way grouping with sensory evaluation as index

因素来源	偏差平方和 S _j	自由度 f	均方和 S _j	F	显著性
烤箱温度	182.889	2	91.444	10.619**	0.025
烘焙时间	38.889	2	19.444	2.258*	0.221
误差	34.444	4	8.611		
总和	256.222	8			

注: * $p < 0.05$, 差异显著; ** $p < 0.01$, 差异极显著。

由表 7 可知,温度和时间因素的显著性分别为 0.025 和 0.221,其中温度的显著性 0.025 小于 0.05,表明烘焙温度对黄桃脆片的感官评价具有显著性影响。即在实验选择的水平范围内,不同烘焙温度的影响大于烘焙时间的影响。再由邓肯多重比较可知,烤箱温度为 65 °C,烘焙时间为 35 min 时感官评分达到最佳水平 91 分。

3 结论

本研究优化了非油炸黄桃脆片的干燥工艺,即先将黄桃脆片进行 1% 柠檬酸和 0.5% D-抗坏血酸钠护色,接下来进行流化—微波—焙烤三段式联合干燥,得到结论如下:

3.1 流化阶段的优化工艺参数是流化温度 55 °C、流化风速 300 m³/h;

3.2 真空微波阶段工艺条件为微波功率 400 W、微波时间 600 s,由流化干燥转入微波干燥时的含水率可控

制在 20%左右;

3.3 焙烤阶段较优的操作参数是烤箱温度为 65 °C、焙烤时间为 35 min。在上述条件下,制备出的黄桃脆片脆度值为 469 g,感官评分为 91 分,所得的黄桃脆片口感好、品质佳。

参考文献

- [1] 康三江,张永茂,王来,等.浅议我国果蔬脆片生产现状与发展趋势[J].农业工程技术(农产品加工业),2009,9:24-27
KANG San-jiang, ZHANG Yong-mao, WANG Lai, et al. Discussion on the production status and development trend of fruit and vegetable crisp in China [J]. Agricultural Engineering Technology (Agricultural Product Processing Industry), 2009, 9: 24-27
- [2] 田建保,宋火茂,李志平,等.桃种质资源[M].北京:中国农业出版社,2006:88-112
TIAN Jian-bao, SONG Huo-mao, LI Zhi-ping, et al. Germplasm Resources of Peach [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2006: 88-112
- [3] 赵海山,曹彦清.不同品种黄桃软罐头加工工艺的研究[J].保鲜与加工,2013,13(5):34-37
ZHAO Hai-shan, CAO Yan-qing. Study on processing technology of different varieties of yellow peach soft cans [J]. Preservation and Processing, 2013, 13(5): 34-37
- [4] 赵海山,曹彦清.4种黄桃罐头加工工艺的研究[J].农产品加工(学刊),2013,(12):13-15
ZHAO Hai-shan, CAO Yan-qing. Research on the processing technology of 4 kinds of yellow peach cans [J]. Agricultural Products Processing (Journal of Science), 2013, (12): 13-15
- [5] 吕健.桃脆片加工工艺优化及品质评价研究[D].北京:中国农业科学院,2013
LYU Jian. Research on the processing optimization and quality evaluation for explosion puffing dried peach chips [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2013
- [6] 葛邦国,吴茂玉,和法涛,等.我国果蔬脆片研究现状及发展趋势[J].中国果菜,2009,8:46-48
GE Bang-guo, WU Mao-yu, HE Fa-tao, et al. Research status and development trend of fruit and vegetable chips in China [J]. Chinese Fruits and Vegetables, 2009, 8: 46-48
- [7] 刘敦华,徐桂花.真空低温膨化苹果脆片的研制[J].宁夏农学院学报,2000,21(2):85-87
LIU dun-hua, XU Gui-hua. Development of vacuum puffed-apple crisp [J]. Journal of Ningxia Agricultural University, 2000, 21(2): 85-87
- [8] 李定金,段振华,张志.风味山药脆片脆化工艺的优化[J].食品工业科技,2018,11(5):155-160
LI Ding-jin, DUAN Zhen-hua, ZHANG Zhi. et al. Embrittleness process optimization of flavor yam crisp [J]. Food Industry Science and Technology, 2018,11(5):155-160
- [9] 韩清华,李树君,马季威.微波真空干燥膨化苹果脆片的研究[J].农业机械学报,2006,37(8):155-158,167
HAN Qing-hua, LI Shu-jun, Ma Ji-wei. Study on microwave vacuum drying pureed apple crisp [J]. Journal of Agricultural Machinery, 2006, 37(8): 155-158, 167
- [10] 王浩,张明,王兆升.干制技术对果蔬干制品品质的影响研究进展[J].中国果蔬,2018,38(11):15-20
WANG Hao, ZHANG Ming, WANG Zhao-sheng, et al. Research progress on the effect of dry technology on the quality of fruits and vegetables [J]. Chinese Fruits and Vegetables, 2018, 38(11): 15-20
- [11] 金丽梅,潘志强,孙旭蕊.流化床干燥甘蓝的研究[J].食品研究与开发,2010,31(12):59-62
JIN Li-mei, PAN Zhi-qiang, SUN Xu-rui et al. Study on fluidized bed dried cabbage [J]. Food Research and Development, 2010, 31(12): 59-62
- [12] 唐秋实,刘学铭,池建伟.不同干燥工艺对杏鲍菇品质和挥发性风味成分的影响[J].食品科学,2016,37(4):25-30
TANG Qiu-shi, LIU Xue-ming, CHI Jian-wei. Effects of different drying processes on the quality and volatile flavor components of *Pleurotus albatroides* [J]. Food Science, 2016, 37(4): 25-30
- [13] 吴鹏,王恒鹏,许志诚.基于光波微波炉的胡萝卜脆片膨化工艺开发[J].食品与发酵工业,2017,43(11):180-185
WU Peng, WANG Heng-peng, XU Zhi-cheng, et al. Development of expansion process of carrot crisp based on light-wave microwave oven [J]. Food and Fermentation Industry, 2017, 43(11): 180-185
- [14] JIANG Ning, LIU Chun-quan, LI Da-jing, et al. Evaluation of freeze drying combined with microwave vacuum drying for functional okra snacks: antioxidant properties, sensory quality, and energy consumption [J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 82: 216-226
- [15] 李秀平,吴清怡,张艳来.热风-真空联合干燥对火龙果品质的影响[J].广东农工商职业技术学院学报,2018,34(3):6-8, 48
LI Xiu-ping, WU Qing-yi, ZHANG Yan-lai. Effect of combined hot-air-vacuum drying on the quality of pitaya fruit [J]. Journal of Guangdong Agricultural and Industrial College of Technology, 2018, 34(3): 6-8, 48
- [16] 辛继红,杨文敏,谢方平,等.谷物流化床干燥技术的初步研

- 究[J].农业技术与装备,2011,8:31-32
- XIN Ji-hong, YANG Wen-min, XIE Fang-ping, et al. Preliminary research on fluidized bed drying technology of grain [J]. Agricultural Technology and Equipment, 2011, 8: 31-32
- [17] Varadan V K, Gardner J W. Smart tongue and nose. Proceedings of SPIE, smart structures and materials [J]. Smart Electronics and MEMS, 1999, 3673: 67-76
- [18] 吕健,桃脆片加工工艺优化及品质评价研究[D].北京:中国农业科学院,2013
- LYU Jian. Study on processing process optimization and quality evaluation of peach crisp [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2013
- [19] 金阳海,刘冠民,谭兴和.不同工艺处理对果脯质量的影响[J].食品与机械,1993,3:34
- JIN Yang-hai, LIU Guan-min, TAN Xing-he. Effects of different processing technologies on the quality of preserved fruits [J]. Food and Machinery, 1993, 3: 34
- [20] 徐庆,赵彤,刘品达,等.青豆在狭缝型分布板流化床中的干燥特性[J].化工装备技术,2018,39(3):20-25
- XU Qing, ZHAO Tong, LIU Pin-da, et al. Drying characteristics of green beans in slits distribution plate fluidized bed [J]. Chemical Equipment Technology, 2008, 39(3): 20-25
- [21] 吕健,毕金峰,刘璇,等.桃变温压差膨化干燥工艺研究 [J].农产品加工(学刊),2013,11:4-8
- LYU Jian, BI Jin-feng, LIU Xuan et al. Expansion drying process of peach fruit with variable temperature and pressure difference [J]. Processing of Agricultural Products (Journal of Science), 2013, 11: 4-8
- [22] 张宝辉.浆果微波辅助泡沫干燥品质和过程模拟研究[D].沈阳:东北农业大学,2014
- ZHANG Bao-hui. Study on microwave assisted foam drying quality and process simulation of berry [D]. Shenyang: Northeast Agricultural University, 2014
- [23] 陈秀惠.微波膨化处理对苹果脆片品质及营养素的影响研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2017
- CHEN Xiu-hui. Study on the Effect of microwave extrusion on the quality and nutrients of apple crisp [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2017
- [24] 于新,徐文兴,冯彤.非油炸芋头脆片加工工艺的研究[J].广州食品工业科技,2004,20(4):64-68
- YU Xin, XU Wen-xing, FENG Tong. Techniques research of backing *Colocasia esculenta* schott chip [J]. Guangzhou Food Science and Technology, 2004, 20(4): 64-68
- [25] 刘宗博,李大婧,李德海,等.3种预处理方式对双孢菇干制品品质的影响[J].食品科学,2015,36(19):72-76
- LIU Zong-bo, LI Da-jing, LI De-hai, et al. The effects of three pretreatments on the quality of dried products of *Agaricus bisporus* [J]. Food Science, 2015, 36(19): 72-76

(上接第17页)

- [7] LI Xiao-Jun, MU Yun-Mei, LI Ting-Ting, et al. *Gynura procumbens* reverses acute and chronic ethanol-induced liver steatosis through MAPK/SREBP-1c-dependent and -independent pathways [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2015, 63: 8460-8471
- [8] Huang Xia-Ling, Li Xiao-Jun, Qin Qiu-Fang, et al. Anti-inflammatory and antinociceptive effects of active ingredients in the essential oils from *Gynura procumbens*, a traditional medicine and a new and popular food material [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2019, 239: 111916
- [9] Mahmood A A, Mariod A A, Albayaty F, et al. Anti-ulcerogenic activity of *Gynura procumbens* leaf extract against experimentally-induced gastric lesions in rats [J]. Journal of Medicinal Plants Research, 2010, 4(8): 685-691
- [10] 张冰冰,齐越,贾冬,等.2,4,6-三硝基苯磺酸诱导溃疡性结肠炎大鼠模型的建立及评价[J].中华中医药学刊,2015,8: 1834-1836
- ZHANG Bing-Bing, QI Yue, JIA Dong, et al. Establishment and evaluation of rat model of ulcerative colitis induced by 2,4,6-trinitrobenzenesulfonic acid [J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine, 2015, 8: 1834-1836
- [11] Wirtz S, Popp V, Kindermann M, et al. Chemically induced mouse models of acute and chronic intestinal inflammation [J]. Nature Protocols, 2017, 12(7):1295-1309