

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2019.10.027

预处理对变温压差膨化干燥紫色马铃薯脆片品质的影响

Effect of different pretreatments methods on the product quality of explosion puffing drying for purple potato crisps

王 兰¹ 邓 波² 邓放明²

WANG Lan¹ DENG Bo² DENG Fang-ming²

(1. 长沙学院, 湖南 长沙 410022; 2. 湖南农业大学, 湖南 长沙 410128)

(1. Changsha University, Changsha, Hunan 410022, China;

2. Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China)

摘要:以紫色马铃薯膨化干燥产品含水率、色泽、硬度、复水比、表现密度和花青素含量为品质评价指标,探讨切片厚度、柠檬酸浓度、热烫时间、预干燥时间和冻融处理对各指标的影响。结果表明:紫色马铃薯切片厚度2 mm, 0.2%柠檬酸护色20 min,热烫1 min,冷却, -18℃冻融12 h,自然解冻,在膨化温度80~90℃、抽空温度60~70℃条件下所制备的紫色马铃薯膨化产品含水率4.04%,硬度327.28 g,△E值33.21,复水比3.85,表现密度0.76 g/mL,花青素含量291.60 mg/100 g(以干基计),产品色泽、酥脆性和口感都较好。

关键词:紫色马铃薯;变温压差膨化干燥;花青素;冻融

Abstract: The objective was to investigate the effect of pretreatment methods on the characteristic of purple potato by explosion puffing drying. The effects were analyzed, from the slice thickness, concentration of citric acid solution, blanching time, freeze-thaw treatment and pre-drying time on moisture content, color difference, hardness, rehydration ratio and apparent density of explosion puffing drying purple potato. Results showed that the appropriate pretreatment conditions were as followed: slice thickness of 2 mm, color protection time by 0.2% citric acid solution for 20 min, water boiled at 100℃ for 1 min, freezing at -18℃ for 12 h. At room temperature of 20℃ for natural thawing, puffing purple potato was prepared at the puffing conditions at puffing temperature 80~90℃, the vacuum drying temperature of 60~70℃. At this puffing condition, the dehydration purple

potato was of good color, crispness and taste which had the moisture content of 4.04%, hardness of 327.28 g, △E of 33.21, rehydration ratio of 3.85, apparent density of 0.76 g/mL, and anthocyanin content of 291.60 mg/100 g (dry content). Results showed that the combination pretreatment of color protection, blanching and freeze-thaw can significantly improve the quality of purple potato puffed products.

Keywords: purple potato; explosion puffing drying; anthocyanin; freeze-thaw

紫色马铃薯又名紫土豆、黑马铃薯、黑土豆,属茄科一年生草本植物,果皮和果肉均为紫色,富含花青素、酚类物质、V_C及类胡萝卜素等,是杂交育种出的马铃薯新品种,具有丰富的营养功能和抗氧化防癌等保健功能。目前,中国对紫色马铃薯的研究多集中在花青素的提取和抗氧化性方面,许娟妮等^[1]采用60%乙醇浸提紫色马铃薯花青素,提取量为127 mg/100 g。齐美娜^[2]研究得出紫色马铃薯花色苷总还原力和清除DPPH自由基能力与V_C相当。而对紫色马铃薯加工制品研究^[3]极少,紫色马铃薯加工制品主要有淀粉、全粉、饮料、醋、果酒等,膨化产品尚未报道。试验拟利用变温压差膨化干燥技术^[4]开发一种新型、营养、非油炸可直接食用的膨化紫色马铃薯脆片,克服传统薯片含油量高,营养少、能耗大等问题,丰富紫色马铃薯深加工产品品种,提高其产品的附加值。

变温压差膨化干燥前对果蔬原料进行预处理不仅可以防止原料在加工过程中色泽发生改变,同时还可以改善产品的膨化效果。如学者^[5-8]对甘薯原料进行糖煮、糖渍、冻融等预处理及组合预处理发现,经过预处理后的膨化产品酥脆性、复水率和色泽均有明显改善,且组合预

基金项目:湖南省研究生科研创新项目(编号:CX2015B263)

作者简介:王兰,女,长沙学院助教,硕士。

通信作者:邓波(1991—),男,湖南农业大学助理实验师,硕士。

E-mail:984221606@qq.com

收稿日期:2019-05-29

处理效果最佳;黄宗海等^[9]发现经过预处理后得到的膨化胡萝卜色泽亮丽、口感酥脆;毕金峰等^[10]研究发现哈密瓜经热烫预处理后,其膨化产品的膨化度和色泽均有提高;程莉莉等^[11]研究发现护色预处理有利于苹果膨化产品色泽的改善。前期预试验发现,鲜切紫色马铃薯极易褐变,直接膨化的薯片色泽暗淡、口感偏硬。

试验拟以紫色马铃薯膨化后的含水率、硬度、色差(ΔE)、复水比、表观密度和花青素含量为评价指标,选择最佳的组合预处理方式,为开发一种品质较优的膨化紫色马铃薯产品提供理论和技术支撑。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

紫色马铃薯:黑金刚品种,鸡蛋大小,水分含量 79.8%,花青素含量 94.39 mg/100 g,长沙地泰农业开发有限公司;

柠檬酸:食用级,广州穗欣化工有限公司。

1.1.2 仪器与设备

电热鼓风干燥箱:101-2AB 型,天津市泰斯特仪器有限公司;

质构仪:TA.XT Plus 型,英国 Stable Micro System 公司;

色差计:CR-400 型,日本美能达公司;

可见分光光度计:WF J 7200 型,尤尼柯(上海)仪器有限公司;

变温压差膨化果蔬干燥机:QDPH-V5 型,天津市勤德新材料科技有限公司。

1.2 方 法

1.2.1 工艺流程

新鲜紫色马铃薯→清洗→去皮→切片→护色→热烫→冷却→冻融→变温压差膨化干燥→冷却→分级→包装→膨化脆片

1.2.2 操作要点

(1) 切片:新鲜紫色马铃薯清洗去皮后切成不同厚度(1,2,3,4,5 mm)薄片。

(2) 护色:将紫色马铃薯薄片放入不同浓度的柠檬酸溶液(0,0.1%,0.2%,0.3%,0.4%)中护色 20 min。

(3) 热烫:将护色的紫色马铃薯薄片放入沸水中热烫不同时间(0,1,2,3,4 min)。

(4) 冻融:将热烫的紫色马铃薯薄片冷却后,置于-18℃下冷冻 12 h,再置于室温自然解冻完全。

(5) 预干燥:将解冻完全的紫色马铃薯薄片置于 60℃干燥箱中,干燥不同时间(0,1,2,3,4 h)。

(6) 变温压差膨化工艺参数:膨化温度 80~90℃,停滞时间 10 min,抽空温度 60~70℃,压力差 0.3 MPa,抽空时间 120~130 min。

1.2.3 对照组 将新鲜紫色马铃薯清洗、去皮和切片后,直接进行变温压差膨化干燥(干燥条件同试验组),对膨化干燥产品进行品质分析。

1.2.4 指标测定

(1) 水分含量:根据 GB 5009.3—2010 直接干燥法测定。

(2) 硬度:采用质构仪测定。取形状、大小尽量一致的膨化紫色马铃薯脆片测定硬度,重复 10 次,取平均值,测试模式参考文献^[12]。

(3) 色泽:根据文献^[13]修改如下:取过 60 目筛的膨化紫色马铃薯粉测定色泽,重复 3 次,取平均值,并以仪器白板色泽为标准。按式(1)计算色差值。

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

式中:

$L^*/L, a^*/a, b^*/b$ ——标准白色板和样品的亮度、红绿值、黄蓝值(红+蓝=紫);

ΔE ——样品与标准白色板的色差值(ΔE 值越小代表样品褐变程度越小,色泽与鲜紫色马铃薯色泽越接近,即色泽越好)。

(4) 复水比:根据文献^[14]修改如下:称取 5.0 g 膨化紫色马铃薯脆片,放入 300 mL 烧杯中,加入 100 mL 蒸馏水完全浸没脆片,静置 30 min 后取出置竹筛上,自然沥水 5 min,称重,重复 3 次,取平均值。按式(2)计算复水比。

$$m = \frac{m_1}{m_0}, \quad (2)$$

式中:

m ——复水比, g/g;

m_1 ——复水后样品的质量, g;

m_0 ——复水前样品的质量, g。

(5) 表观密度:参照文献^[5-6]。

(6) 花青素:根据文献^[15]修改如下,称取样品约 1.0 g,加入提取剂 30 mL(1% HCl:95%乙醇=40:60),60℃水浴 20 min,取出冷却至室温,超声 30 min,再 60℃水浴 10 min,取出冷却至室温,4 000 r/min 离心 15 min。吸取 1.0 mL 上清液,分别加入 pH 1.0,4.5 缓冲液定容至 10 mL,静置 2 h 后,分别在 525,700 nm 处测其吸光值。按式(3)、(4)计算样品中花青素含量。

$$A = (A_{525} - A_{700})_{\text{pH } 1.0} - (A_{525} - A_{700})_{\text{pH } 4.5}, \quad (3)$$

$$X = \frac{A \times M_{\text{tw}} \times DF}{\epsilon \times L \times W_i}, \quad (4)$$

式中:

A ——吸光度值;

X ——花青素含量, mg/mL;

M_{tw} ——矢车菊-3-葡萄糖苷的分子质量, 449.2;

DF ——稀释因子;

ϵ ——矢车菊-3-葡萄糖苷的摩尔吸光系数,26 900;

L ——光程,1 cm;

W_i ——取样体积,mL。

1.2.5 产品质量评价方法 含水率5%,硬度在[300,500]范围, ΔE 值在[29,38]范围内且越小,复水比越高,表观密度越低,花青素含量越高,则膨化紫色马铃薯脆片的质量越好。各项指标评价的先后顺序为色泽、硬度、花青素含量、含水率、表观密度、复水比。

1.3 统计分析

采用 SPSS 17.0 进行分析;各处理间差异采用 Duncan 新复极差比较法分析。

2 结果与分析

2.1 切片厚度对膨化产品的影响

由表1可知,随着紫色马铃薯切片厚度的增加,膨化产品的含水率呈上升趋势,切片厚度为1,2 mm的膨化产品含水率 $<5\%$,且差异不显著,切片厚度为3,4,5 mm的膨化产品含水率 $>5\%$,口感软,不符合膨化果蔬脆片含水率的基本要求。在其他条件相同的情况下,膨化马铃薯脆片的硬度在2 mm时最大, ΔE 值最小,复水比和表观密度适中,花青素含量最高,干燥品质最佳。故确定紫色马铃薯最佳切片厚度为2 mm。

表1 切片厚度对膨化产品品质的影响[†]

Table 1 Effect of slice thickness on the quality of explosion puffed purple potato crisps

切片厚度/mm	含水率/%	硬度/g	ΔE	复水比	表观密度/ ($g \cdot mL^{-1}$)	花青素含量/ ($0.01 mg \cdot g^{-1}$)
1	3.12 \pm 0.08 ^d	221.70 \pm 44.32 ^a	37.67 \pm 0.42 ^b	3.77 \pm 0.06 ^a	1.10 \pm 0.31 ^a	287.18 \pm 19.89 ^b
2	3.93 \pm 0.14 ^d	348.23 \pm 30.28 ^b	36.57 \pm 0.51 ^b	3.48 \pm 0.08 ^b	0.92 \pm 0.20 ^b	300.01 \pm 18.39 ^a
3	9.48 \pm 0.78 ^e	164.20 \pm 60.04 ^c	39.91 \pm 1.02 ^a	3.06 \pm 0.13 ^c	0.90 \pm 0.18 ^b	271.31 \pm 15.74 ^b
4	15.23 \pm 0.86 ^b	—	—	2.52 \pm 0.04 ^d	0.89 \pm 0.22 ^b	—
5	20.51 \pm 0.94 ^a	—	—	1.85 \pm 0.05 ^e	0.89 \pm 0.17 ^b	—

[†] 字母不同表示在0.05水平上差异显著。

2.2 柠檬酸护色浓度对膨化产品品质的影响

由表2可知,柠檬酸对膨化产品的含水率、硬度、表观密度及复水比影响较小,主要对其色泽和花青素含量影响较大。随着柠檬酸浓度的增加,膨化产品的 ΔE 值呈先下降后上升的趋势,经过0.2%柠檬酸护色的紫色马铃薯片与其他浓度护色的紫色马铃薯片 ΔE 值差异显著,且柠檬酸浓度为0.2%时膨化紫色马铃薯脆片的色差值最低,色泽最好。酸性条件可以抑制酶的活性,从而抑制酶促褐变,并且柠檬酸还可同物料中的铜离子螯合,降低酚酶的活性。当浓度为0.2%时,铜离子基本全部被螯合,继续增加柠檬酸浓度对物料的护色作用影响不大;当

加入0.1%柠檬酸溶液护色时,膨化产品花青素含量明显提高,当柠檬酸浓度继续增加时,花青素含量增加不明显。综上所述,紫色马铃薯最佳柠檬酸护色浓度为0.2%。

2.3 热烫时间对膨化产品品质的影响

由表3可知,随着热烫时间的增加,膨化产品的含水率呈下降趋势,说明适当增加热烫时间可以加快物料的失水速率;随着热烫时间的增加,膨化产品的硬度总体呈上升趋势,热烫处理和未热烫处理得到的膨化产品的硬度差异显著,热烫处理使细胞中果胶甲酯酶活性钝化,从而抑制果胶分解作用,使果胶中甲醇含量减少,自由羧

表2 柠檬酸浓度对膨化产品品质的影响[†]

Table 2 Effect of concentration of citric acid on the quality of explosion puffed purple potato crisps

柠檬酸 浓度/%	含水率/%	硬度/g	ΔE	复水比	表观密度/ ($g \cdot mL^{-1}$)	花青素含量/ ($10^{-2} mg \cdot g^{-1}$)
0.0	3.13 \pm 0.14 ^a	452.48 \pm 30.76 ^a	35.09 \pm 0.66 ^c	3.40 \pm 0.02 ^a	0.89 \pm 0.10 ^a	247.98 \pm 20.67 ^b
0.1	3.21 \pm 0.16 ^a	447.85 \pm 33.28 ^{ab}	31.78 \pm 0.52 ^b	3.19 \pm 0.03 ^b	0.88 \pm 0.23 ^a	300.64 \pm 19.01 ^a
0.2	3.14 \pm 0.25 ^a	448.18 \pm 35.72 ^{ab}	29.01 \pm 0.89 ^a	3.55 \pm 0.04 ^a	0.88 \pm 0.15 ^a	301.54 \pm 19.65 ^a
0.3	3.27 \pm 0.19 ^a	453.08 \pm 45.67 ^a	31.87 \pm 1.12 ^b	3.27 \pm 0.09 ^b	0.89 \pm 0.19 ^a	301.67 \pm 17.86 ^a
0.4	3.32 \pm 0.22 ^a	453.07 \pm 49.13 ^a	32.67 \pm 0.90 ^b	3.37 \pm 0.06 ^{ab}	0.88 \pm 0.11 ^a	300.78 \pm 19.32 ^a

[†] 字母不同表示在0.05水平上差异显著。

表 3 热烫时间对膨化产品品质的影响[†]

Table 3 Effect of blanching time on the quality of explosion puffed purple potato crisps

热烫时间/ min	含水率/%	硬度/g	ΔE	复水比	表观密度/ ($\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	花青素含量/ ($10^{-2} \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)
0	4.55±0.05 ^a	225.60±39.99 ^a	43.15±1.41 ^a	2.87±0.03 ^b	1.10±0.31 ^a	317.12±19.33 ^a
1	4.13±0.14 ^a	497.03±37.14 ^b	31.15±2.49 ^b	3.43±0.04 ^a	0.92±0.20 ^b	288.71±18.20 ^b
2	3.76±0.15 ^b	492.30±30.86 ^b	32.37±0.85 ^b	3.59±0.06 ^a	0.90±0.18 ^b	256.13±20.54 ^b
3	3.52±0.25 ^b	587.10±40.53 ^b	32.38±1.99 ^b	3.65±0.04 ^a	0.89±0.22 ^b	218.92±17.69 ^c
4	3.13±0.36 ^b	521.45±26.39 ^b	32.92±0.34 ^b	3.87±0.07 ^a	0.89±0.17 ^b	170.49±17.17 ^c

[†] 字母不同表示在 0.05 水平上差异显著。

基明显降低,并且抑制了与钙、镁等金属离子交联作用,保持了果蔬组织结构的硬度,由此说明热烫可以明显提高产品的硬度;随着热烫时间的增加,膨化产品的 ΔE 值呈先下降后上升的趋势,当热烫 1 min 时,膨化产品的色差值最低,色泽最好;热烫时间过长,细胞壁破裂,又会使物料中花青素遭到更大的损失,故 1 min 左右热烫最佳;随着热烫时间的增加,膨化产品的复水比呈上升趋势,可能是膨化产品的含水率低,有利于提高复水能力。综上所述,当热烫 1 min 时,膨化产品的硬度可达到较好的水平,色泽最好,花青素含量相对较高。结合能耗、成本等

方面,选择热烫 1 min 为宜。

2.4 冻融处理对膨化产品品质的影响

由表 4 可知,未经冻融处理的膨化产品含水率 $>5\%$,口感硬,色泽暗淡,复水比低,表观密度大;而经冻融处理的膨化产品各指标都明显改善,含水率降低,硬度适中,色差变小,色泽明亮,复水比变大,表观密度变小,花青素含量变化不大。说明冻融处理有利于提高膨化产品的品质。对物料进行低温处理,固化了物料内部的纤维结构同时也使其细胞透性增强,从而有利于干燥脱水 and 保持产品形状。

表 4 冻融处理对膨化产品品质的影响

Table 4 Effect of freeze-thaw treatment on the quality of explosion puffed purple potato crisps

处理方式	含水率/%	硬度/g	ΔE	复水比	表观密度/ ($\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	花青素含量/ ($10^{-2} \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)
冻融处理	4.06±0.33	448.49±29.00	33.47±1.14	3.62±0.05	0.86±0.09	289.18±12.14
未冻融处理	5.43±0.59	575.64±41.57	38.54±1.57	2.95±0.07	1.08±0.24	300.14±15.72

2.5 预干燥时间对膨化产品品质的影响

由表 5 可知,随着预干燥时间的增加,膨化产品的含水率呈下降趋势,均 $<5\%$;随着预干燥时间的增加,膨化产品的硬度总体呈上升趋势,预干燥 3,4 h 的膨化产品硬度 $>500 \text{g}$,口感较硬;随着预干燥时间的增加,膨化产品的 ΔE 值呈上升趋势,未预干燥的膨化产品的 ΔE 值最

小,色泽最鲜艳;预干燥时间超过 2 h 时,膨化产品发生焦糊,感官色泽差,花青素含量明显下降,预干燥处理使紫色马铃薯的组织遭到不同程度的破坏,导致花青素流失,含量下降,同时也发生了一定程度的褐变,从而使产品色泽变差;随着预干燥时间的增加,膨化产品的复水比呈下降趋势,0 h 的复水比最高;随着预干燥时间的增加,膨化

表 5 预干燥时间对膨化产品品质的影响[†]

Table 5 Effect of pre-drying time on the quality of explosion puffed purple potato crisps

预干燥时间/h	含水率/%	硬度/g	ΔE	复水比	表观密度/ ($\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	花青素含量/ ($10^{-2} \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)
0	4.04±0.39 ^a	398.68±33.83 ^d	36.21±0.32 ^c	4.55±0.07 ^c	0.84±0.50 ^c	291.43±17.81 ^a
1	3.73±0.41 ^b	479.00±45.90 ^c	37.19±0.20 ^b	4.06±0.04 ^{bc}	0.85±0.29 ^c	260.71±15.64 ^b
2	3.50±0.27 ^b	501.23±49.13 ^{bc}	39.08±0.55 ^a	3.78±0.06 ^b	0.90±0.17 ^b	220.88±18.19 ^c
3	3.38±0.12 ^b	605.50±63.82 ^a	39.22±0.92 ^a	3.03±0.07 ^a	0.99±0.09 ^b	201.15±13.66 ^c
4	3.17±0.11 ^b	557.20±77.61 ^a	39.87±1.07 ^a	2.95±0.05 ^a	1.17±0.14 ^a	180.37±17.14 ^c

[†] 字母不同表示在 0.05 水平上差异显著。

产品的表观密度呈上升趋势,即膨化度呈下降趋势,由于长时间的干燥使原料含水率过低,导致缺乏足够的膨化动力使产品膨化效果变差。综上所述,紫色马铃薯无需经过预干燥处理,可直接进行变温压差膨化,且得到的膨化产品品质较好。

2.6 最佳预处理工艺条件的验证

根据单因素试验结果,可以确定紫色马铃薯最佳组合预处理条件为切片厚度 2 mm, 0.2% 柠檬酸护色 20 min, 热烫 1 min, -18 °C 下冻融 12 h。与对照组相比,紫色马铃薯经最佳预处理工艺处理后,在相同的膨

化工艺参数下进行膨化干燥,所得产品品质分析结果见表 6。

由表 6 可知,原料未经预处理制备的膨化产品含水率 > 5%, 硬度 > 500 g, $\Delta E > 38$, 复水比小, 表观密度大, 花青素含量低, 感官为口感硬, 色泽差, 膨化效果差; 而经最佳预处理工艺制备的膨化产品含水率、硬度、 ΔE 值、表观密度均小于对照组, 复水比和花青素含量大于对照组, 产品的感官品质较好。由此说明, 紫色马铃薯在变温压差膨化干燥前, 经过适当的护色、热烫以及冻融等组合预处理可明显提高膨化产品的品质。

表 6 最佳预处理条件的验证实验结果

Table 6 Validation results of the optimal pretreatment conditions

试验组	含水率/%	硬度/g	ΔE	复水比	表观密度/ (g · mL ⁻¹)	花青素含量/ (10 ⁻² mg · g ⁻¹)
最佳预处理工艺	4.04±0.32	327.28±30.56	33.21±0.62	3.85±0.08	0.76±0.15	291.60±20.26
对照组	6.01±0.45	602.00±47.92	40.05±0.51	2.66±0.07	1.56±0.22	253.47±17.77

3 结论

研究表明,最佳预处理工艺为紫色马铃薯切片厚度 2 mm, 不需要预干燥处理, 0.2% 柠檬酸护色 20 min, 热烫 1 min, 冷却, -18 °C 下冻融 12 h, 再自然解冻后直接进行膨化。该条件下制备的非油炸膨化产品绿色天然, 营养丰富, 口感酥脆, 品质较好。后续可对变温压差膨化干燥工艺进行优化, 从而生产出品质更好的非油炸膨化紫色马铃薯脆片。

参考文献

- [1] 许娟妮, 曾钰婷, 白玛玉珍, 等. 紫马铃薯花青素提取工艺研究[J]. 农产品加工, 2017(12): 29-31.
- [2] 齐美娜. 紫色马铃薯中花色苷的提取、产品研制及其抗氧化活性的研究[D]. 东北: 东北农业大学, 2013: 50-53.
- [3] 王兰, 邓放明, 赵玲艳, 等. 紫色马铃薯保健功效及其利用研究进展[J]. 中国酿造, 2015, 34(7): 117-120.
- [4] 暴悦梅, 胡彬. 新型果蔬干燥技术研究进展[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(16): 222-224.
- [5] 郭婷, 邓放明, 何新益. 预处理方式对甘薯变温压差膨化干燥产品品质的影响[J]. 食品与机械, 2012, 28(6): 202-205.
- [6] 郭婷. 冻融对甘薯变温压差膨化干燥品质影响及机理研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2014: 14-20.
- [7] 孙芳. 甘薯原料预处理及压差膨化工艺研究[D]. 西安: 陕西科技大学, 2014: 38-42.
- [8] 余彬, 周文化, 何新益. 组合预处理对提高甘薯压差膨化干燥产品品质的影响研究[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(18): 6-9.
- [9] 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产品品质的影响[J]. 食品与机械, 2011, 27(1):

124-126.

- [10] 毕金峰, 方芳, 丁媛媛, 等. 预处理对哈密瓜变温压差膨化干燥产品品质的影响[J]. 食品与机械, 2010, 26(2): 15-18.
- [11] 程莉莉, 何新益, 郭飞飞, 等. 护色处理和膨化干燥工艺对苹果脆片品质的影响[J]. 食品与机械, 2011, 27(1): 127-129.
- [12] 毕金峰, 魏益民. 马铃薯片变温压差膨化干燥影响因素研究[J]. 核农学报, 2008, 22(5): 661-664.
- [13] HAWLADER M N A, PERERA C O, TIAN M, et al. Drying of guava and papaya: Impact of different drying methods[J]. Drying Technology, 2006, 24(1): 77-87.
- [14] NIMMANPIPUG N, THERDTHAI N, DHAMVITHEE P. Characterisation of osmotically dehydrated papaya with further hot air drying and microwave vacuum drying[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2013, 48(6): 1 193-1 200.
- [15] 崔璐璐, 林长彬, 徐怀德, 等. 紫马铃薯全粉加工技术研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(5): 221-224.