

朝鲜蓟果脯真空糖渍工艺优化及品质评价

张溟,梁珀溶,范方宇*,陈成,梁文斌,毕会敏
(西南林业大学 生命科学学院,云南 昆明 650224)

摘要: 为丰富朝鲜蓟产品,采用真空糖渍技术制备朝鲜蓟果脯。该文以感官评分为指标,通过正交试验优化朝鲜蓟果脯的真空糖渍工艺,并对产品的营养成分及微生物进行测定。结果表明:朝鲜蓟果脯的最佳制备工艺为柠檬酸浓度 0.7%、护色时间 40 min、蒸煮时间 10 min、真空度 0.05 MPa、糖渍时间 10 h、糖液浓度 35%、60 °C 干燥 3 h,该条件下的朝鲜蓟果脯色泽透亮,甜度适中,饱满度好,总酚和总黄酮含量分别为 2.87、4.48 mg/g,且产品理化指标及微生物指标均符合国家标准相关要求。

关键词: 朝鲜蓟;果脯;真空糖渍;工艺优化;品质

Optimization of Vacuum Sugar Permeability Technology and Quality Evaluation of Preserved Artichoke Fruits

ZHANG Hao, LIANG Porong, FAN Fangyu*, CHEN Cheng, LIANG Wenbin, BI Huimin
(College of Life Science, Southwest Forestry University, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract: The preserved artichoke fruits were prepared by the vacuum sugar permeability technology to enrich artichoke products. With the sensory quality score as the indicator, the vacuum sugar permeability process of preserved artichoke fruits was optimized by the orthogonal experiment, and the nutritional components and microorganisms of the product were determined. The results showed that the optimum preparation processes of preserved artichoke fruits were 0.7% citric acid, color fixation for 40 min, cooking for 10 min, vacuum degree of 0.05 MPa, vacuum permeation with 35% sugar for 10 h, and baking at 60 °C for 3 h. The finished product had a bright color, moderate sweetness, and good plumpness, with the total polyphenols and flavonoids being 2.87 mg/g and 4.48 mg/g, respectively. The physical, chemical and microbial indicators of the product met the requirements of the relevant national standard.

Key words: artichoke; preserved fruit; vacuum sugar permeability; process optimization; quality

引文格式:

张溟,梁珀溶,范方宇,等. 朝鲜蓟果脯真空糖渍工艺优化及品质评价[J]. 食品研究与开发, 2024, 45(6): 184-189.

ZHANG Hao, LIANG Porong, FAN Fangyu, et al. Optimization of Vacuum Sugar Permeability Technology and Quality Evaluation of Preserved Artichoke Fruits[J]. Food Research and Development, 2024, 45(6): 184-189.

朝鲜蓟(*Cynara scolymus* L.)为菊科多年生蓟类植物,原产于地中海沿岸、欧洲南部及北非等地,是一种营养丰富的蔬菜,其食用部分为肉质花托及花托的肥嫩苞片^[1-2]。朝鲜蓟具有很高的营养价值以及多种功效。研究表明,朝鲜蓟富含多酚,如洋蓟酸、绿原酸等物质,具有抗氧化、抗菌活性;此外,朝鲜蓟还可有效改善消化不良、痛风等症状^[3-4]。Rondanelli 等^[5-6]研究发现,朝鲜蓟提取物具有降血糖作用;Menghini 等^[7]和

Yasukawa 等^[8]的研究表明,朝鲜蓟提取物可有效抑制恶性肿瘤的增长。目前,有关朝鲜蓟的产品种类较少,以饮品和鲜食为主,食用范围有限。为开拓朝鲜蓟产品,创新朝鲜蓟产品开发具有重要意义。

果脯为我国传统美食,可保留食品的大部分营养价值和风味成分,深受广大群众喜爱,开发以朝鲜蓟为原料的果脯可为朝鲜蓟的利用提供参考。真空糖渍是果脯加工的常见方式,其工艺参数与产品质量有着密

基金项目:2021年西南林业大学科技创新基金项目(KJ21007);云南省“万人计划”青年拔尖人才专项资助项目(YNWR-QNBJ-2018-046)

作者简介:张溟(2001—),男(汉),本科在读,研究方向:食品加工。

*通信作者:范方宇(1979—),男(汉),教授,博士,研究方向:农林食品加工。

切的关系。真空糖渍是通过抽真空将果实内的气体排出,降低果实组织对糖分渗透的阻力,利用细胞膜的半渗透性,使水分快速转移到渗透液中,最大程度保留果蔬的组织结构和风味物质^[9]。与传统糖渍工艺相比,真空糖渍技术能够缩短果脯生产周期,提高糖液的渗透效率^[10]。

基于此,本文探讨影响朝鲜蓟果脯真空糖渍工艺的条件,利用正交试验优化朝鲜蓟果脯制备工艺参数,通过感官评价分析果脯品质,并对最优工艺条件下的果脯营养成分及微生物指标进行测定,旨在开发一种可口的新型果脯产品,以期为朝鲜蓟产业的发展提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

朝鲜蓟产自云南曲靖。柠檬酸、蔗糖(均为食品级):河南万邦化工科技有限公司;无水乙醇、葡萄糖:广东光华科技股份有限公司;亚硝酸钠、氢氧化钠、硫酸:天津市风船化学试剂科技有限公司。除特殊标明,其余试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

UV-2600 紫外可见分光光度计:岛津仪器(苏州)有限公司;TG16-WS 离心机:湖南迈克尔实验仪器有限公司;DP43C 真空干燥箱:重庆雅马拓科技有限公司;SC-80 轻便色彩色差计:北京康光光学仪器有限公司;101-2AB 电热鼓风干燥箱:天津市泰斯特仪器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 工艺流程

新鲜朝鲜蓟→护色→切块→蒸煮→真空糖渍→干燥→成品→包装。

1.3.2 操作要点

1)护色:用清水冲洗植株表面的泥垢、灰尘等杂质,切除根茎部分,剥落外叶约4~5层。剥落剩余苞片,迅速浸入到预先配好的柠檬酸护色液[料液比为1:10(g/mL)]中40 min。

2)切块:护色后,将苞片切成约20 mm×30 mm

块状。

3)蒸煮:将处理后的朝鲜蓟放入沸水中煮一定时间,进一步护色,同时将朝鲜蓟煮熟,以利于果脯的食用。

4)真空糖渍:煮后的朝鲜蓟以1:12(g/mL)的料液比放入一定浓度的蔗糖溶液中,于真空干燥箱糖渍,完成后,沥去糖液。

5)干燥:糖渍后的朝鲜蓟放入电热鼓风干燥箱,均匀铺开,60℃干燥3 h。

1.3.3 单因素试验

以护色时间40 min、干燥温度60℃、干燥时间3 h为固定参数,考察柠檬酸浓度(0.3%、0.5%、0.7%、0.9%、1.1%)、蒸煮时间(0、5、10、15、20 min)、真空度(0.04、0.05、0.06、0.07、0.08 MPa)、糖渍时间(6、8、10、12、14 h)、糖液浓度(30%、35%、40%、45%、50%)5个因素对朝鲜蓟果脯感官品质的影响。

1.3.4 正交试验设计

为进一步优化朝鲜蓟果脯真空糖渍工艺,在单因素试验基础上选取柠檬酸浓度(A)、真空度(B)和糖液浓度(C)3个因素进行 $L_9(3^3)$ 正交试验,优化工艺参数。正交试验因素与水平如表1所示。

表1 正交试验因素与水平

Table 1 Factors and levels of the orthogonal experiment

水平	因素		
	A 柠檬酸浓度/%	B 真空度/MPa	C 糖液浓度/%
1	0.5	0.04	35
2	0.7	0.05	40
3	0.9	0.06	45

1.3.5 朝鲜蓟果脯感官评价

感官评价标准的建立参照NY/T 436—2018《绿色食品 蜜饯》,选食品专业学生(5男5女)品尝朝鲜蓟果脯,根据感官评分标准打分。采用百分制对果脯色泽、组织状态、滋味、气味和杂质5个项目逐一打分,果脯感官评分为5个项目的总分(满分为100),小组成员打分平均值为最终感官评分。感官评分标准如表2所示。

表2 朝鲜蓟果脯感官评分标准

Table 2 Sensory evaluation criteria of preserved artichoke fruits

项目	评分等级			权重/%
	一级(12~20)	二级(6~<12)	三级(1~<6)	
色泽	嫩绿色,均匀一致,有光泽	嫩绿色,少部分发黑,有一定光泽	大面积发黑,无光泽	20
组织状态	渗糖均匀,不黏牙,软硬适中	有点黏牙,较软或较硬	很黏牙,过软或过硬	20
滋味	甜度适中	甜味较浓或较淡	甜味过浓或没有味道	20
气味	有淡淡香气,无异味	有少部分异味	异味严重	20
杂质	无肉眼可见杂质	有微小杂质	有大量杂质	20

1.3.6 朝鲜蓟果脯总糖含量的测定

参照 SN/T 4260—2015《出口植物源食品中粗多糖的测定 苯酚-硫酸法》中的方法测定总糖含量,以葡萄糖计标准曲线 $y=0.9529x+0.0022$ ($R^2=0.9992$)。

1.3.7 朝鲜蓟果脯水分含量的测定

参照 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》中的直接干燥法测定朝鲜蓟果脯的水分含量。

1.3.8 朝鲜蓟果脯色泽的测定

采用轻便色彩色差计测定朝鲜蓟果脯色泽,多角度测量色泽,取平均值。朝鲜蓟果脯与鲜朝鲜蓟的色差值(ΔE)的计算公式如下。

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

式中: L 为鲜朝鲜蓟亮度值; L_0 为朝鲜蓟果脯亮度值; a 为鲜朝鲜蓟红度值; a_0 为朝鲜蓟果脯红度值; b 为鲜朝鲜蓟黄度值; b_0 为朝鲜蓟果脯黄度值。

1.3.9 总酚和总黄酮含量的测定

参照王振帅^[11]的方法测定朝鲜蓟果脯的总酚、总黄酮含量。以没食子酸计总酚标准曲线 $y=0.0572x+0.0187$ ($R^2=0.9972$),以芦丁计总黄酮标准曲线 $y=0.0112x-0.0108$ ($R^2=0.9985$)。

1.3.10 朝鲜蓟果脯微生物指标的测定

菌落总数测定参照 GB 4789.2—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》中的方法;大肠菌群计数参照 GB 4789.3—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠菌群计数》中的方法;霉菌和酵母计数参照 GB 4789.15—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 霉菌和酵母计数》中的方法。

1.4 数据处理

采用软件 Origin 8.0 对试验数据进行绘图,利用软件 IBM SPSS Statistics 20 对试验数据进行显著性分析 ($P<0.05$),结果以平均值 \pm 标准差表示。

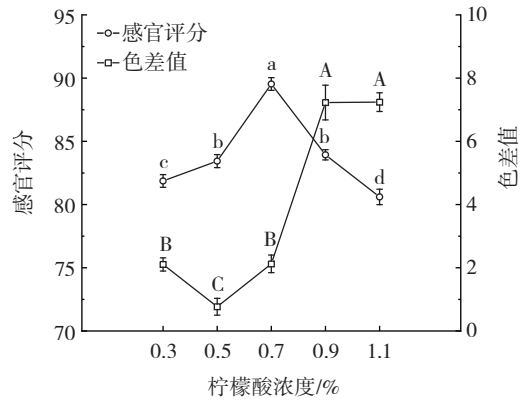
2 结果与分析

2.1 单因素试验结果分析

2.1.1 柠檬酸浓度对朝鲜蓟果脯品质的影响

柠檬酸影响产品色泽,同时对产品的酸度会产生一定影响,从而影响产品口感和风味,因此,本文将同时完成果脯的酸味调整及护色。柠檬酸浓度对朝鲜蓟果脯品质的影响如图 1 所示。

由图 1 可知,柠檬酸浓度为 0.3%~0.7% 时,感官评分随柠檬酸浓度的增加而升高,继续增加柠檬酸浓度时,感官评分降低,柠檬酸浓度为 0.7% 时,感官评分最高。感官评分的变化主要原因是一定浓度的柠檬酸能保证朝鲜蓟果脯的色泽,同时可以为果脯提供一定



不同小写字母表示感官评分具有显著性差异, $P<0.05$; 不同大写字母表示色差值具有显著性差异, $P<0.05$ 。

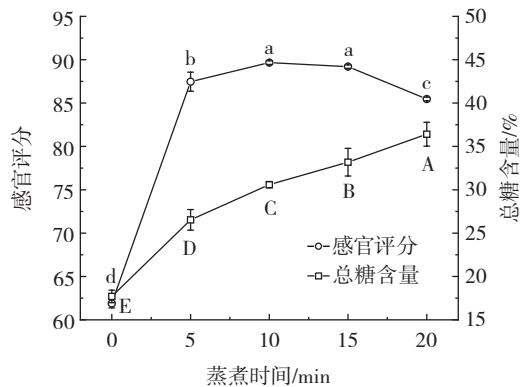
图 1 柠檬酸浓度对朝鲜蓟果脯品质的影响

Fig.1 Effect of citric acid concentration on the quality of preserved artichoke fruits

的酸味。色差值随柠檬酸浓度的增加而减小,在柠檬酸浓度为 0.5% 时,色差值最小,随后色差值逐渐升高。柠檬酸的加入可降低溶液中的溶解氧含量,其分子中的羰基又能螯合铜离子,二者共同作用抑制了多酚氧化酶引起的褐变。但随着柠檬酸浓度的增加,溶液 pH 值下降,使溶液中羰基螯合铜离子受到影响,导致护色效果下降^[12],且高浓度柠檬酸会破坏朝鲜蓟组织细胞,影响产品组织结构和口感^[13]。柠檬酸浓度为 0.3%~0.7% 时,朝鲜蓟果脯颜色透亮,浓度为 0.9%~1.1% 时,朝鲜蓟果脯颜色开始变黑。因此,选择柠檬酸浓度 0.5%~0.9% 为制备朝鲜蓟果脯的护色浓度进行正交试验。

2.1.2 蒸煮时间对朝鲜蓟果脯品质的影响

蒸煮时间对朝鲜蓟果脯品质的影响如图 2 所示。



不同小写字母表示感官评分具有显著性差异, $P<0.05$; 不同大写字母表示总糖含量具有显著性差异, $P<0.05$ 。

图 2 蒸煮时间对朝鲜蓟果脯品质的影响

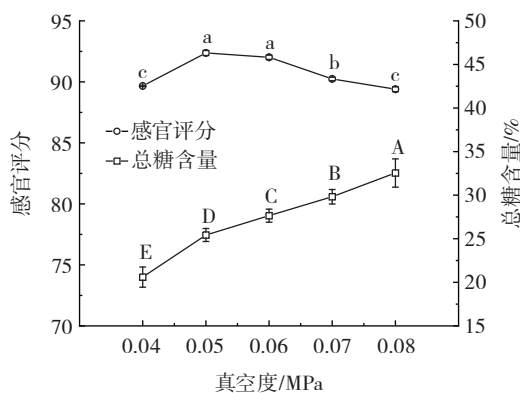
Fig.2 Effect of cooking time on the quality of preserved artichoke fruits

由图 2 可知,随蒸煮时间延长,果脯总糖含量随之增加,感官评分呈现先升高后降低的趋势,蒸煮时间为

10 min 时,感官评分最高。蒸煮可灭酶护色,破坏朝鲜蓟组织结构,水解朝鲜蓟中的纤维素,组织结构打开,促使营养物质的释放,有利于摄入后的消化吸收,同时可加快果脯的糖渍和干燥速度^[14],且煮熟后的朝鲜蓟口感较好。蒸煮时间过长,营养物质损失多^[15],朝鲜蓟的苞片会变得软烂,糖渍时朝鲜蓟果脯干瘪,严重影响口感和外观。未蒸煮的朝鲜蓟果脯感官评分最低,口感粗糙,难以咀嚼,含糖量低。因此,选择蒸煮时间 10 min 为制备朝鲜蓟果脯的适宜蒸煮时间。

2.1.3 真空度对朝鲜蓟果脯品质的影响

真空度影响糖液的渗透效率以及果脯总糖含量,此外过高的真空度也会使生产成本增加。真空度对朝鲜蓟果脯品质的影响如图 3 所示。



不同小写字母表示感官评分具有显著性差异, $P < 0.05$; 不同大写字母表示总糖含量具有显著性差异, $P < 0.05$ 。

图 3 真空度对朝鲜蓟果脯品质的影响

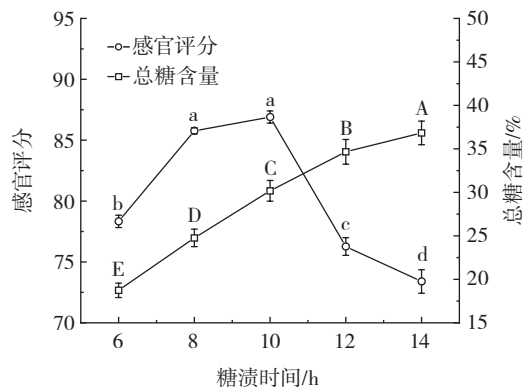
Fig.3 Effect of vacuum degree on the quality of preserved artichoke fruits

由图 3 可知,随着真空度增加,总糖含量逐渐增加,感官评分先升高后降低,真空度为 0.05 MPa 时,感官评分最高。真空糖渍的特点是渗糖效率高、能保持果脯的色泽和风味、果脯营养成分损失少^[16],可减少营养物质与空气中氧分子接触,降低多酚氧化酶活性,较大程度地保持原果风味^[17]。当真空度较低时,糖液渗透不足,口感清淡;真空度过大会导致果蔬含糖量高,且果坯饱满度下降^[10],影响感官评分。因此,真空度选择 0.04~0.06 MPa 为朝鲜蓟果脯糖渍真空度进行正交试验。

2.1.4 糖渍时间对朝鲜蓟果脯品质的影响

糖渍时间对朝鲜蓟果脯品质的影响如图 4 所示。

由图 4 可知,糖渍时间为 6~10 h 时,感官评分随糖渍时间的延长而升高,在 10 h 时,感官评分最高;继续延长糖渍时间,感官评分随糖渍时间的延长而降低。总糖含量是影响果脯口感的一个重要评价指标。真空渗糖能够加快果脯渗糖速度,是保证果脯品质的关键工艺^[18]。糖渍时间短,糖液渗透不足,糖渍时间过长,



不同小写字母表示感官评分具有显著性差异, $P < 0.05$; 不同大写字母表示总糖含量具有显著性差异, $P < 0.05$ 。

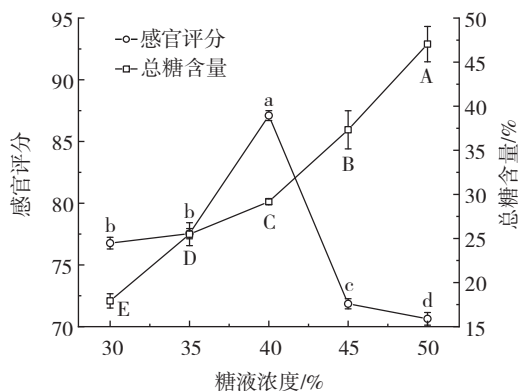
图 4 糖渍时间对朝鲜蓟果脯品质的影响

Fig.4 Effect of vacuum sugar permeation time on the quality of preserved artichoke fruits

糖渗透过量,均会影响感官评分,同时过长时间的糖渍后,糖分含量高,容易出现返砂现象。因此,选择糖渍时间 10 h 为朝鲜蓟果脯适宜糖渍时间。

2.1.5 糖液浓度对朝鲜蓟果脯品质的影响

糖液浓度对朝鲜蓟果脯品质的影响如图 5 所示。



不同小写字母表示感官评分具有显著性差异, $P < 0.05$; 不同大写字母表示总糖含量具有显著性差异, $P < 0.05$ 。

图 5 糖液浓度对朝鲜蓟果脯品质的影响

Fig.5 Effect of sugar concentration on the quality of preserved artichoke fruits

由图 5 可知,感官评分随糖液浓度的增加而升高,糖液浓度为 40% 时,感官评分最高,糖液浓度超过 40% 后开始下降;总糖含量随糖液浓度的增加而增加。糖液浓度越高,水分析出越快,糖渗透到朝鲜蓟组织内速率越快^[19],产品甜腻,果肉饱满度降低,口感偏硬,感官品质下降^[18]。因此,选择糖液浓度 35%~45% 为朝鲜蓟果脯适宜糖液浓度进行正交试验。

2.2 正交试验结果分析

以 A(柠檬酸浓度)、B(真空度)、C(糖液浓度)为因素,产品感官评分为指标,采用正交试验,优化工艺参数。正交试验结果与分析见表 3。

表3 正交试验结果与分析

Table 3 Results of the orthogonal experiment

编号	A	B	C	感官评分
1	1	1	1	85.90
2	1	2	3	87.57
3	1	3	2	86.23
4	2	1	3	87.90
5	2	2	2	92.27
6	2	3	1	84.47
7	3	1	2	83.90
8	3	2	1	94.10
9	3	3	3	85.20
K ₁	259.70	257.71	264.47	
K ₂	264.64	273.93	262.40	
K ₃	263.20	260.67	260.67	
k ₁	86.57	85.90	88.16	
k ₂	88.21	91.31	87.47	
k ₃	87.73	86.89	86.89	
R	1.64	5.41	1.27	

由表3可知,影响朝鲜蓟果脯感官评分的大小顺序为 B>A>C,即真空度>柠檬酸浓度>糖液浓度;正交试验得朝鲜蓟果脯的最优工艺组合为 A₂B₂C₁,即真空度 0.05 MPa、柠檬酸浓度 0.7%、糖液浓度 35%。对最优组合工艺进行验证试验,结果发现该工艺下制得的朝鲜蓟果脯感官评分较高,为 96.50,高于正交试验中 9 组试验结果。

2.3 朝鲜蓟果脯产品指标

2.3.1 朝鲜蓟果脯营养成分

朝鲜蓟果脯营养成分见表 4。

表4 朝鲜蓟果脯营养成分

Table 4 Nutrient content in preserved artichoke fruits

水分含量/%	总糖含量/%	总酚含量/(mg/g)	总黄酮含量/(mg/g)
16.83±0.36	24.34±2.32	2.87±0.17	4.48±0.40

由表4可知,朝鲜蓟果脯总糖含量 24.34%,水分含量 16.83%,符合 GB/T 10782—2021《蜜饯质量通则》的规定。朝鲜蓟果脯总酚含量为 2.87 mg/g,总黄酮含量为 4.48 mg/g。

2.3.2 朝鲜蓟果脯微生物指标

朝鲜蓟果脯微生物指标结果如表 5 所示。

表5 朝鲜蓟果脯微生物指标

Table 5 Microbial indicators of preserved artichoke fruits

指标	国家标准/(CFU/g)	检测数据/(CFU/g)	是否合格
菌落总数	m=10 ³ ;M=10 ⁴	<10	合格
大肠菌群	m=10;M=10 ²	<10	合格
霉菌和酵母	≤50	<10	合格

注:m表示微生物指标可接受水平限量值;M表示微生物指标的最高安全限量值。

由表5可知,朝鲜蓟果脯的微生物检测结果符合 GB 14884—2016《食品安全国家标准 蜜饯》中对果脯的要求。

3 结论

朝鲜蓟易褐变发黑,在加工过程中,若护色不到位,会严重影响果脯的色泽。蒸煮工艺能改善产品口感并抑制朝鲜蓟的褐变发黑,使果脯变得透亮,但在一定程度上会加快营养物质流失,使产品的营养价值大大降低。本研究以朝鲜蓟为原料,通过真空糖渍开发营养丰富的朝鲜蓟果脯,以感官评分为指标,通过单因素试验和正交试验,确定了朝鲜蓟真空糖渍的最优工艺:柠檬酸浓度 0.7%、护色时间 40 min、蒸煮时间 10 min、真空度 0.05 MPa,糖渍时间 10 h,糖液浓度 35%,60℃干燥 3 h。所得成品色泽透亮,甜度适中,饱满度好,营养丰富,且各项指标和微生物指标均符合国家标准。

参考文献:

- 宋曙辉,何洪巨,武兴德,等.朝鲜蓟的营养成分分析[J].营养学报,2006,28(3):273-274.
SONG Shuhui, HE Hongju, WU Xingde, et al. Analysis of the nutritional composition of artichoke[J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2006, 28(3): 273-274.
- DOMINGO C S, ROJAS A M, FISSORE E N, et al. Rheological behavior of soluble dietary fiber fractions isolated from artichoke residues[J]. European Food Research and Technology, 2019, 245(6): 1239-1249.
- 刘昆言,禹双双,段惠,等.朝鲜蓟研究进展[J].中国野生植物资源,2021,40(8):48-52.
LIU Kunyan, YU Shuangshuang, DUAN Hui, et al. Progress in research on artichoke[J]. Chinese Wild Plant Resources, 2021, 40(8): 48-52.
- ABU-REIDAH I M, ARRÁEZ-ROMÁN D, SEGURA-CARRETERO A, et al. Extensive characterisation of bioactive phenolic constituents from globe artichoke (*Cynara scolymus* L.) by HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS[J]. Food Chemistry, 2013, 141(3): 2269-2277.
- RONDANELLI M, GIACOSA A, ORSINI F, et al. Appetite control and glycaemia reduction in overweight subjects treated with a combination of two highly standardized extracts from *Phaseolus vulgaris* and *Cynara scolymus*[J]. Phytotherapy Research, 2011, 25(9): 1275-1282.
- RONDANELLI M, OPIZZI A, FALIVA M, et al. Metabolic management in overweight subjects with naive impaired fasting glycaemia by means of a highly standardized extract from *Cynara scolymus*: A double-blind, placebo-controlled, randomized clinical trial [J]. Phytotherapy Research, 2014, 28(1): 33-41.
- MENGHINI L, GENOVESE S, EPIFANO F, et al. Antiproliferative, protective and antioxidant effects of artichoke, dandelion, turmeric and rosemary extracts and their formulation[J]. International Journal of Immunopathology and Pharmacology, 2010, 23(2): 601-610.
- YASUKAWA K, AKIHISA T, OINUMA H, et al. Inhibitory effect of taraxastane-type triterpenes on tumor promotion by 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate in two-stage carcinogenesis in mouse

- skin[J]. *Oncology*, 1996, 53(4): 341-344.
- [9] 余洋洋, 毛雅莹, 余元善. 菠萝真空渗糖工艺的优化及其对品质的影响[J]. *农产品加工*, 2019(15): 38-42.
YU Yangyang, MAO Yaxuan, YU Yuanshan. Optimization of vacuum sugar infiltration process of pineapple and its effect on quality[J]. *Farm Products Processing*, 2019(15): 38-42.
- [10] 李勤勤, 李佳慧, 马晓敏, 等. 果脯渗糖工艺研究进展[J]. *食品工业*, 2021, 42(6): 362-366.
LI Qinqin, LI Jiahui, MA Xiaomin, et al. Research progress in sugar permeation technology of preserved fruits[J]. *The Food Industry*, 2021, 42(6): 362-366.
- [11] 王振帅. 不同干燥工艺朝鲜蓟粉的品质研究[D]. 重庆: 西南大学, 2020.
WANG Zhenshuai. Study on the quality of artichoke powder with different drying technology[D]. Chongqing: Southwest University, 2020.
- [12] 刘广平, 李定宴, 王凯, 等. 山丹干无硫护色工艺研究[J]. *延安大学学报(自然科学版)*, 2020, 39(2): 76-80.
LIU Guangping, LI Dingyan, WANG Kai, et al. Study on sulphur-free color protection technology of dried lily[J]. *Journal of Yanan University (Natural Science Edition)*, 2020, 39(2): 76-80.
- [13] 熊素琴, 李丹, 杨森, 等. 川明参无硫护色工艺[J]. *食品工业*, 2020, 41(5): 68-72.
XIONG Suqin, LI Dan, YANG Sen, et al. The non-sulfur color protection technology of *Chuanmingshen violaceum*[J]. *The Food Industry*, 2020, 41(5): 68-72.
- [14] 孙海涛, 邵信儒, 姜瑞平, 等. 长白山野生软枣猕猴桃低糖果脯真空渗糖工艺优化[J]. *食品研究与开发*, 2015, 36(14): 67-70.
SUN Haitao, SHAO Xinru, JIANG Ruiping, et al. Optimization of vacuum sugar permeability process for Changbai Mountain wild *Actinidia arguta* low-sugar preserved fruit[J]. *Food Research and Development*, 2015, 36(14): 67-70.
- [15] 吴佩佩, 谭强, 曾文红, 等. 改善低糖菠萝果脯质量的研究[J]. *保鲜与加工*, 2019, 19(3): 78-83.
WU Peipei, TAN Qiang, ZENG Wenhong, et al. Study on improving the quality of low-sugar pineapple preserved fruits[J]. *Storage and Process*, 2019, 19(3): 78-83.
- [16] 蒋变玲, 华碧禾, 孙雪洁, 等. 姜味低糖番茄果脯加工工艺研究[J]. *兰州文理学院学报(自然科学版)*, 2019, 33(3): 53-56.
JIANG Bianling, HUA Bihe, SUN Xuejie, et al. Study on processing technology of ginger-flavored low-sugar preserved tomato[J]. *Journal of Lanzhou University of Arts and Science (Natural Science Edition)*, 2019, 33(3): 53-56.
- [17] 邓茹月, 曾海英, 叶双全, 等. 真空糖渍对刺梨果脯品质及风味的影响[J]. *食品与机械*, 2014, 30(4): 220-223.
DENG Ruyue, ZENG Haiying, YE Shuangquan, et al. Effect of vacuum sugar permeability technology on flavors and quality of *Rosa roxburghii* Tratt fruit[J]. *Food & Machinery*, 2014, 30(4): 220-223.
- [18] 隋勇, 施建斌, 蔡沙, 等. 响应面法优化低糖甘薯果脯制作工艺[J]. *食品工业*, 2021, 42(5): 83-87.
SUI Yong, SHI Jianbin, CAI Sha, et al. Optimization of processing conditions for low-sugar preserved sweet potato using response surface methodology[J]. *The Food Industry*, 2021, 42(5): 83-87.
- [19] 李莎, 吴民富, 潘丽媚. 真空渗糖加工低糖雪梨果脯工艺研究[J]. *中国果菜*, 2019, 39(8): 7-11.
LI Sha, WU Minfu, PAN Limei. Processing technology of low sugar le-ping melon preserved by vacuum conserve permeability [J]. *China Fruit & Vegetable*, 2019, 39(8): 7-11.

加工编辑:张昱

收稿日期:2022-10-06

(上接第 173 页)

- 艺[J]. *食品研究与开发*, 2019, 40(12): 164-169.
CAO Miao, HUA Zhixiu, TONG Bin, et al. Optimization of preparation technology of tamarind sponge cake by response surface methodology[J]. *Food Research and Development*, 2019, 40(12): 164-169.
- [13] CHAN P N A. Chemical properties and applications of food additives: Flavor, sweeteners, food colors, and texturizers[M]//CHEUNG P, MEHTA B. *Handbook of Food Chemistry*. Berlin: Springer, 2015: 101-129.
- [14] 王玉娇, 陈晓红, 李伟, 等. 青梅汁酸凝豆腐质构优化及显微结构分析[J]. *食品科学*, 2014, 35(6): 40-43.
WANG Yujiao, CHEN Xiaohong, LI Wei, et al. Textural properties and microstructure of tofu coagulated by plum juice[J]. *Food Science*, 2014, 35(6): 40-43.
- [15] VYAS D, UWIZEYE A, MOHAMMED R, et al. The effects of active dried and killed dried yeast on subacute ruminal acidosis, ruminal fermentation, and nutrient digestibility in beef heifers[J]. *Journal of Animal Science*, 2014, 92(2): 724-732.
- [16] 冷越, 王学东, 吕庆云, 等. 不同酵母在发酵面制品中的应用研究[J]. *中国粮油学报*, 2018, 33(11): 20-25.
LENG Yue, WANG Xuedong, LÜ Qingyun, et al. Application of different yeasts on flour fermented foods[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2018, 33(11): 20-25.
- [17] 楚炎沛. 高糖高活性干酵母的发酵力及烘焙特性研究[J]. *现代面粉工业*, 2015, 29(3): 30-34.
CHU Yanpei. Study on fermentation ability and baking characteristics of dry yeast with high sugar content and high activity[J]. *Modern Flour Milling Industry*, 2015, 29(3): 30-34.
- [18] 何贝. 几种典型面食酵母的发酵适应性研究[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2015.
HE Bei. Research on fermentative adaptability of several typical yeast used in wheat food[D]. Wuhan: Wuhan Polytechnic University, 2015.
- [19] LIU H L, SUN B G. Effect of fermentation processing on the flavor of Baijiu[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2018, 66(22): 5425-5432.
- [20] SAERENS S M G, VERBELEN P J, VANBENEDEN N, et al. Monitoring the influence of high-gravity brewing and fermentation temperature on flavour formation by analysis of gene expression levels in brewing yeast[J]. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2008, 80(6): 1039-1051.
- [21] ZHU W H, LUAN H W, BU Y, et al. Flavor characteristics of shrimp sauces with different fermentation and storage time[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2019, 110: 142-151.

加工编辑:孟琬星

收稿日期:2022-08-09