

基于渗透脱水的草莓魔芋酱加工工艺优化

Optimization on processing technology of strawberry jam with osmotic dehydrated fruit and konjac powder

王中凤¹ 韦田² 刘燕¹ 戴超¹

WANG Zhong-feng¹ WEI Tian² LIU Yan¹ DAI Chao¹

(1. 合肥学院生物与环境工程系, 安徽 合肥 230601; 2. 安徽农业大学茶与食品科技学院, 安徽 合肥 230036)

(1. Department of Biological and Environmental Engineering, Hefei University, Hefei, Anhui 230601, China;

2. College of Tea & Food Science and Technology, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036, China)

摘要:以新鲜草莓为原料,研究其渗透脱水工艺条件和以渗透脱水的草莓为原料制备果酱的工艺与配方。将草莓果一分为四,以果葡糖浆进行渗透处理,在温度 40 ℃,糖液浓度 70 °Brix,常压渗透处理 2 h 条件下,脱水率达 42% (以原始含水量计)。以渗透脱水的草莓果直接打浆,并添加魔芋精粉 25 g/kg、甜蜜素 0.15 g/kg、红曲红 0.03 g/kg,无需熬煮浓缩即可制备出膳食纤维含量高 (3.85%)、含糖量低 (20.41%) 的草莓魔芋果酱。

关键词:渗透脱水;草莓果酱;魔芋;低糖

Abstract: With fresh strawberry as raw material, the osmotic dehydration conditions, and the technological process and the formula for strawberry jam were studied. Each strawberry fruit was cut longitudinally into 4 equal parts, and impregnated in fructose syrup of 70 °Brix at 40 ℃ and atmospheric pressure for 2 h, which could make the water loss by 42% (based on original water content in fresh fruit). The osmotic dehydrated fruits were mashed into jam with 25 g/kg of konjac powder, 0.15 g/kg of sodium cyclamate and 0.03 g/kg of monascus pigment. The strawberry jam with high konjac glucomannan and low sugar was processed without thermal concentration. The final product contained 3.85% of dietary fiber and 20.41% of sugar, which was better than traditional jam.

Keywords: osmotic dehydration; strawberry jam; konjac powder; low sugar

草莓的质构和风味等特点决定其是加工果酱的理想原料。传统果酱生产主要采用打浆、熬煮、浓缩的工艺,并添加果胶、黄原胶、卡拉胶等起增稠、稳定和胶凝作用^[1-2]。未涉

及先将原料进行渗透脱水,再制酱的工艺。新鲜水果中含有大量的水分,未经渗透脱水的原料直接熬煮,需要经历较长时间的高温;胶凝剂的溶解过程也带入了更多的水分。因此,传统果酱制作过程需要长时间加热熬煮浓缩^[3],这会使水果中的营养成分受到破坏,色泽和风味也会受到影响,同时还造成能源的浪费。渗透脱水是利用高浓度糖液产生高渗透压,在非热状态下进行的果肉脱水,是一种高效、节能、环保并对营养成分保持良好的果酱预脱水工艺^[4-5]。草莓果实先进行渗透脱水,再进行打浆制酱,大大缩短了酱体高温浓缩的时间。不仅节能,还能更好地保持产品色香味和营养成分。

虽然国内外有大量研究果蔬渗透脱水的文献^[6-8],但都主要集中在果蔬渗透脱水工艺与条件研究方面^[9-10],以及渗透脱水之后进一步加工成各种干制品的研究^[11-12]。未见有通过渗透脱水与果酱加工相结合的研究报道。魔芋多糖(葡甘聚糖)具有降血糖、预防糖尿病和肥胖症等医用保健作用,同时,还能调节制品的含糖量及含酸量,改善口感。相对于其它增稠稳定剂,魔芋精粉来源天然、价格低廉,应用魔芋精粉生产果酱可大大降低生产成本。本试验旨在探索基于渗透脱水的果酱加工新工艺,为改进传统果酱生产工艺、开发富含魔芋多糖的新品果酱提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 原料与辅料

草莓品种:章姬,采自长丰县草莓种植基地。选择无虫病害、无霉变、无机械损伤、着色良好的果实作为试验原料;

F55 果葡糖浆:食用级,含糖量 71%,合肥锦泰果葡糖浆有限公司;

麦芽糖浆:食用级,含糖量 68%,合肥锦泰果葡糖浆有限公司;

魔芋精粉:食用级,湖北强森魔芋科技有限公司;

基金项目:安徽省科技攻关计划项目(编号:12010302060)

作者简介:王中凤(1963—),女,合肥学院教授,博士。

E-mail: wangzhf@126.com

收稿日期:2015-10-25

黄原胶:食用级,郑州明欣化工产品有限公司;
柠檬酸:食用级,苏州臻豪化工科技有限公司;
红曲红:食用级,郑州皇朝化工产品有限公司。

1.2 试验仪器

手持折光仪:LB80型,上海天垒仪器仪表有限公司;
鼓风干燥箱:GZX-9070MBE型,上海博迅实业有限公司医疗设备厂;
真空干燥箱:DZF-6050型,上海博迅实业有限公司医疗设备厂;
电热恒温水浴锅:DKS-28型,宁波江南仪器厂;
电子天平:RP5002K型,常州锐品精密仪器有限公司;
多功能家用小型电动绞肉机:HA-1000(A)型,深圳市瑞丰电器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 工艺流程

原料选择与整理→洗净、沥干、切分→渗透处理→配料→打浆→排气(85℃,5 min)→装罐(100 g/瓶)→杀菌(85℃,15 min)→冷却→果酱
1.3.2 原料处理 选择成熟度较高、但未软化、中等大小的草莓,去萼片和果梗,洗净,沥干。十字交叉纵切成四块。

1.3.3 渗透脱水工艺优化

(1) 渗透用糖种类的优化:在40℃、糖浆浓度50°Brix条件下渗透处理120 min,比较相同浓度(50°Brix)蔗糖(S)、果葡糖浆F55(F)、麦芽糖浆(M)及其混合糖浆(Mx)(S:F:M=3:4:3)在常压条件渗透处理的脱水率和固形物增加率。

(2) 渗透处理温度的优化:以果葡糖浆为渗透剂,研究不同温度(40,50,60℃)常压渗透120 min的效果。

(3) 渗透处理糖液浓度的优化及真空与常压渗透的比较:以果葡糖浆为渗透剂,于40℃,糖液浓度40,50,60,70°Brix,分别进行真空(绝对压力20 kPa 渗透30 min,再在相同温度下常压渗透90 min,渗透总时间120 min)与常压渗透(时间120 min)。

(4) 草莓切分程度对渗透脱水效果的比较:将大小基本一致的整果(1P)、对称纵切成2块(2P)、十字交叉纵切成4块(4P),以60°Brix 果葡糖浆60℃常压渗透120 min。

以原料中的水分质量为基础,按式(1)计算渗透脱水率(WL);以原料中的干基质量为基础,按式(2)计算固形物增加率(SG)。

$$WL = \frac{W_0 \times M_0 - W_t \times M_t}{W_0 \times M_0} \times 100\%, \quad (1)$$
$$SG = \frac{M_t \times (1 - W_t) - M_0 \times (1 - W_0)}{M_0 \times (1 - W_0)} \times 100\%, \quad (2)$$

式中:
WL——以原料中的水分质量为基础的渗透脱水率,%;
SG——以原料中的干基质量为基础的固形物增加率,%;
 M_0 ——渗透前质量,g;
 M_t ——渗透后质量,g;

W_0 ——渗透前含水率,%;
 W_t ——渗透后含水率,%。

1.3.4 制酱工艺 果块经渗透脱水处理后,沥去糖液(果葡糖浆),备用;取适量渗透处理后的糖液稀释至20°Brix,将魔芋精粉按比例加入,加热煮沸溶化,再加入甜味剂、色素等辅料搅拌均匀;果块与胶液按1.0:0.3的比例混合,以多功能家用搅肉机搅打成酱状;装罐,水浴加热排气,趁热密封。在80~85℃水浴杀菌15~20 min,冷却。

该草莓酱的主要辅料是魔芋精粉、甜蜜素、红曲红、柠檬酸,调整果酱的体态和稳定性、滋味和色泽,在单因素试验的基础上,以魔芋精粉、甜蜜素和红曲红为主要辅料进行3因素3水平的 $L_9(3^1)$ 正交试验,因素水平设计见表1。各处理样品在(30±1)℃放置60 d后进行感观评定。分别对色泽、滋味与口感、组织状态进行感官评分,评分标准见表2。

表1 草莓酱产品主要辅料配方因素水平表
Table 1 Factors and levels of main composition of strawberry jam product g/kg

水平	A 魔芋精粉	B 甜蜜素	C 红曲红
1	15	0.05	0.01
2	20	0.15	0.03
3	25	0.25	0.05

表2 草莓果酱感官评分标准
Table 2 Sensory evaluation standards of strawberry jam

评定项目	标准	分数
色泽	酱体呈紫红色或红色,色泽自然,光泽度好	10
	酱体色泽浅淡或深暗	1
滋味与	具有草莓特有香气和滋味、香气浓郁、甜酸适口	10
口感	草莓香气和滋味平淡、有异味	1
组织状态	酱体均匀、粘稠、稳定、久置无析水	10
	酱体过稠或过稀、有汁液析出或分层	1

1.3.5 不同工艺制备的草莓酱比较 试验分别采用下列3种工艺流程制备草莓酱,并对其产品进行感观评分和部分成分的检测比较。

A:草莓鲜果→配料→打浆→加热排气→装罐→密封→杀菌→冷却→原浆果酱(RJ)

B:草莓打浆→加热浓缩→配料→加热排气→装罐→密封→杀菌→冷却→原浆浓缩果酱(CJ)

C:草莓渗透脱水→配料→打浆→加热排气→装罐→密封→杀菌→冷却→渗透脱水果酱(OJ)

3种工艺在配料时采用相同的配方:魔芋精粉25 g/kg、甜蜜素0.15 g/kg 和红曲红0.03 g/kg,其中C以渗透脱水后的果重为基础添加辅料;A和B以原料果重为基础。各处理均以高浓度的柠檬酸溶液调pH到3.0。

1.3.6 测定方法

- (1) 含水量:按GB 5009.3—2010的直接干燥法执行。
- (2) 总可溶性固形物含量:按GB/T 10786—2006执行。
- (3) Vc含量:按GB/T 6195—1986执行。
- (4) 膳食纤维含量:按GB/T 5009.88—2008执行。

2 结果与分析

2.1 糖的种类对渗透脱水率的影响

试验所用 4 种糖溶液中,F 所得 WL 和 SG 均高于其它糖液,不论是 WL 还是 SG,各种糖液之间差异均达到极显著水平($P\leq 0.01$)。WL 高低顺序为: $F>M_x>S>M$,SG 高低顺序为: $F>S>M>M_x$,见图 1。F 的构成成分果糖与葡萄糖都是单糖,相同浓度下单糖所产生的渗透压大于双糖,因此,F 产生的 WL 高于 S 和 M; M_x 里除了蔗糖和麦芽糖,还有部分单糖,所以其脱水率仅次于 F。与 S 相比,M 脱水率更低,这是因为 M 里边还有少量糊精,糊精分子更大,产生的渗透压更低。单糖分子透过细胞质膜向果肉组织内部移动的速度也更快。F 在提高 WL 的同时,也提高了果肉中的 SG。对于特别需要避免产品糖分增加的渗透脱水工艺,采用果葡糖浆与蔗糖或麦芽混合制成的糖溶液作为渗透脱水剂既可以获得较高的 WL,又可避免后续产品中含糖量太高。

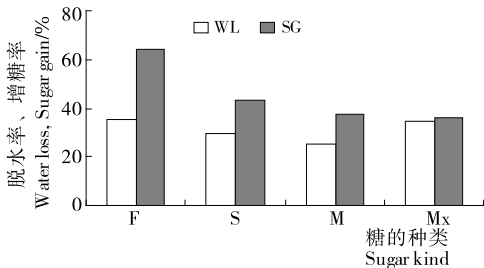


图 1 糖的种类对草莓渗透脱水效果的影响
Figure 1 Effects of sugar species on strawberry osmotic dehydration

2.2 温度对渗透脱水的影响

在 50 °Brix 果葡糖浆溶液中,渗透处理的温度在 40 ~ 50 °C,WL 和 SG 均无显著差异,50 ~ 60 °C,WL 和 SG 均显著提高,且 SG 增长的幅度比 WL 更大(图 2)。这可能是温度达到足够高时,细胞质膜膨长,渗透液中的溶质更容易向内部扩散。因此,从节能和控制糖分子渗入的角度,无需使用太高的渗透温度。草莓以 40 °C 渗透处理即可。

2.3 糖液浓度与真空处理对渗透脱水的影响

草莓在不同浓度果葡糖浆渗透液中进行真空与常压渗透的比较(图 3),结果表明:在 40 ~ 70 °Brix 时,常压与真空渗透的 WL 均随糖液浓度提高而增加;常压渗透的 WL 均显著高于真空渗透($P\leq 0.05$)。常压处理的 SG,在糖浓度低于

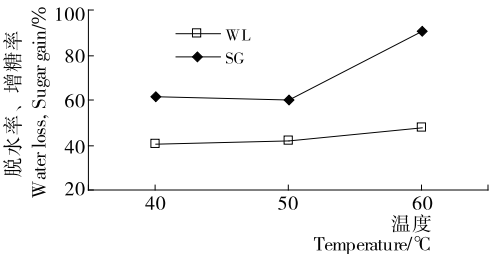


图 2 温度对草莓渗透脱水效果的影响
Figure 2 Effects of temperature on strawberry osmotic dehydration

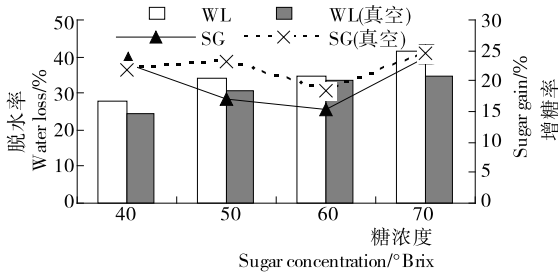
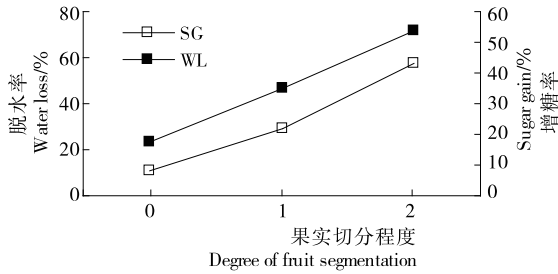


图 3 糖液浓度及真空处理对草莓渗透脱水效果的影响
Figure 3 Effects of sugar concentration and vacuum pressure on strawberry osmotic dehydration

60 °Brix 时,随糖浓升高而下降,糖浓度超过 60 °Brix 时,又呈显著的上升趋势。真空处理的 SG 随糖浓度的变化趋势不明显,但真空处理的 SG 总体高于常压 SG。该结果说明真空处理阻碍渗透过程的水分脱除,并能在一定程度上提高固形物渗入率。因此,在不希望过多增加产品中含糖量的情况下,采用高浓度的糖液进行常压渗透脱水更可取。

2.4 草莓切分程度与渗透脱水效果的关系

由于草莓表皮有一定的阻隔性,整果渗透的脱水率很低,切分越细,WL 和 SG 也越高(见图 4)。60 °Brix 果葡糖浆 60 °C 常压渗透 120 min,整果 WL 仅有 17.27%,SG 10.27%;纵切一分为四的 WL 53.81%,SG 57.52%。因此,要想提高草莓渗透脱水的效率,必须进行切分、表面划缝或刺孔等处理。



图中横坐标 0 表示未切分,1 表示纵切一分为二,2 表示纵切一分为四
图 4 切分对渗透脱水效果的影响

Figure 4 Effects of cutting on strawberry osmotic dehydration

2.5 渗透脱水草莓酱的色泽影响因素

草莓鲜艳的色泽由花色苷所赋予,花色苷是一类水溶性色素,渗透脱水草莓酱加工过程中,渗透处理温度与时间、糖液浓度、打浆程度、杀菌温度与时间都可能影响草莓果或酱产品的色泽。由表 3 可知:① 渗透处理过程,温度越高,时间越长,草莓中的花色苷脱落越多。渗透温度达到 60 °C、时间 2 h,渗透液出现较明显的红色,说明草莓果实中的花色苷有少量溶解于糖液中,但这对产品色泽的感官可接受性影响不明显;糖液浓度对产品感官色泽没有显著影响;真空渗透比常压渗透的果肉更有光泽、透明度高,但打浆后与常压处理无异。② 打浆时间越长打浆越细酱体色泽越浅淡,这一现象非常明显。这或许是果肉内部花色苷含量低、着色浅,越到中心颜色越淡,果实被打细以后表面的色泽被稀释。成熟度高、着色好的草莓果实受打浆程度的影响相对较小。是否

表 3 加工工艺对草莓果(酱)色泽影响的感官评定结果

Table 3 Sensory evaluation results of strawberry jam color at different processing technical parameters

因素	水平	色泽评分*
渗透温度	40 ℃	9.83
	50 ℃	9.75
	60 ℃	7.54
渗透糖浓度	40 °Brix	9.21
	50 °Brix	9.35
	60 °Brix	9.16
	70 °Brix	9.23
	60 min	9.68
渗透时间	90 min	8.86
	120 min	7.82
	20 kPa	9.75
渗透压力	常压	9.66
	2 min	9.28
打浆时间	3 min	8.57
	4 min	7.29
	80 ℃	9.76
杀菌温度 (时间 20 min)	90 ℃	8.92
	100 ℃	7.24
	10 min	9.69
杀菌时间(85 ℃)	15 min	9.87
	20 min	8.65

* 色泽评分是在各项处理结束当时进行的。

还有别的物理化学原因,值得进一步研究。③ 在杀菌时间相同的条件下,杀菌温度越高,对草莓酱颜色影响越大,随贮藏时间延长这种影响更加突出。85 ℃,15 min 既能有较好的防腐效果,也能获得色泽较好的草莓酱制品。

2.6 产品配方对感官品质的影响

经过渗透脱水、打浆、调配、罐装、杀菌、冷却所得的草莓酱,色泽不如直接加糖熬煮所得的产品鲜艳,色泽的稳定性也更低,其原因还有待进一步研究。通过添加天然色素红曲红,可以较好地保持颜色的稳定性。为了保持产品的低糖化,所选择的渗透脱水工艺,虽然脱除了部分水分,并没有到达理想的甜度,所以本试验选择了甜蜜素补充甜度。对魔芋精粉、甜蜜素和红曲红 3 种配料进行了正交组合试验,所得果酱体态、滋味和色泽单项评分和综合得分及其统计分析结果见表 4。由表 4 可知,直观的综合得分是 5 号处理(A₂B₂C₃)的最高;因素水平分值统计结果显示 A₃B₂C₂ 为最优组合。但 A₂ 与 A₃、C₂ 与 C₃ 的统计总分之间差异不显著。通过验证实验结果表明,两者差异不显著。为了提高产品中魔芋葡甘聚糖的含量,减少红曲色素的含量,在感官综合评价较好的前提下,选定 A₃B₂C₂ 组合为最优配方,即魔芋精粉 2.5%、甜蜜素 0.15 g/kg 和红曲红 0.03 g/kg。提高魔芋精粉添加量,相应提高了产品的葡甘聚糖含量,并增强了产品的保健功能。

表 4 产品配方正交试验结果[†]

Table 4 The results of orthogonal test of product formulations

序号	A	B	C	质构	滋味	色泽	综合得分
1	1	1	1	7.32	5.81	4.84	17.96
2	1	2	2	7.07	9.03	8.71	24.82
3	1	3	3	7.56	6.13	9.03	22.72
4	2	1	2	8.05	6.45	8.71	23.21
5	2	2	3	8.54	9.03	8.71	26.28
6	2	3	1	8.78	8.39	3.87	21.04
7	3	1	3	9.27	5.48	9.03	23.78
8	3	2	1	9.51	8.39	4.19	22.09
9	3	3	2	9.27	6.45	9.35	25.07
K ₁	65.50	64.96	61.09				
K ₂	70.53	73.19	73.10				
K ₃	70.95	68.84	72.79				
R	5.45	8.23	12.01				

[†] 表中数据为贮藏 60 d 以后的评定结果

红曲红属于天然色素,稳定性较差,随着贮藏时间延长,其色彩逐渐暗淡。以相对低剂量的红曲红,配合微量胭脂红可以提高草莓酱色泽稳定性。

2.7 不同工艺制备的草莓酱比较结果

原料果经过渗透脱水与未脱水的草莓酱和打浆后加热浓缩的果酱比较,OJ 工艺制备的果酱不仅在质构和香气方面优于 RJ 和 CJ,其 Vc、总可溶性固形物、膳食纤维含量也更高(表 5)。

表 5 不同工艺制备的草莓酱感官及部分成分比较

Table 5 The results of sensory evaluation and components of strawberry jam prepared by different technology

果酱	质构	色泽	香气	Vc/ (10 ⁻² mg·g ⁻¹)	总可溶性 固形物/%	膳食纤 维/%
RJ	6.52	8.58	7.66	22.65	15.23	3.11
CJ	8.96	7.56	6.83	20.33	18.63	3.25
OJ	9.65	8.24	8.36	27.36	20.41	3.85

3 结论

草莓经过适当的切分才能达到较好的渗透脱水效果;渗透脱水率随温度和糖液浓度升高而升高;温度升高更有利于糖分子向果肉内部扩散;相同浓度(50 °Brix)下,果葡糖浆比蔗糖和麦芽糖有更好的脱水效果;常压渗透比真空渗透脱水率高。以渗透脱水的草莓加工草莓酱,避免了传统的加热浓缩过程,热敏性成分保持更好。

但是,渗透脱水过程伴随着草莓中部分花色苷溶解于糖液中。渗透处理温度越高,糖液颜色越红艳。如何避免花色苷的流失,或者从糖液中分离回收花色苷,有待进一步探索。

参考文献

[1] 陈琛. 魔芋草莓酱的制作工艺研究[J]. 安徽农学通报, 2008, 14(11): 172-174.

春: 吉林农业大学, 2007: 1-2.

[6] 曹静, 刘高强, 王晓玲, 等. 可食真菌 β -葡聚糖的生物功能及检测技术[J]. 食品与机械, 2014, 30(2): 247-268.

[7] 王伟娟, 冯翠萍, 常明昌, 等. 姬松茸多糖对铅中毒雄性大鼠的抗氧化作用[J]. 中国食品学报, 2013, 13(6): 16-19.

[8] 王斌, 连宾. 食药用真菌多糖的研究与应用[J]. 食品与机械, 2005, 21(6): 96-100.

[9] 郑亚凤, 黄志伟, 陈瑞庆, 等. 姬松茸多糖的抗肿瘤活性[J]. 福建农林大学学报: 自然科学版, 2010, 39(4): 409-412.

[10] 樊廷俊, 钱冠兰, 杜玉堂, 等. 姬松茸提取物组分体外抗病毒感染活性的研究[J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2008, 38(5): 775-780.

[11] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[S]. 北京: 化学工业出版社, 2010.

[12] 胡中慧, 胡晓青. 泡腾片的研究进展[J]. 中华临床医药, 2004, 5(9): 109-110.

[13] 王晓丽, 杨永建, 陈勇, 等. 异叶青兰总黄酮片剂制备及处方优化[J]. 时珍国医国药, 2014, 25(8): 1 878-1 880.

[14] 谢向阳, 邢传峰, 李银科, 等. 琥珀酸美托洛尔缓释微丸型片剂的制备与体外释放度考察[J]. 解放军药科学学报, 2014, 30(4): 299-302.

[15] 程新德. 复合辅料用于阿司匹林分散片制备的研究[D]. 山东: 山东大学, 2013: 17-18.

[16] 卢小凤. 凯乐泡腾片的制备工艺及质量标准研究[D]. 广东: 广州中医药大学, 2012: 5.

[17] 周小雅, 黄欣碧, 陈华海, 等. 苦丁茶泡腾片制备工艺的研究[J]. 西北药学杂志, 2012, 27(5): 452-454.

[18] 宿迷菊, 毛志方, 施海根, 等. 食用泡腾片的制备及研究概况[J]. 中国茶叶加工, 2008(2): 20-23.

[19] 郭勤涛, 张令弥, 费庆国. 用于确定性计算仿真的响应面法及其试验设计研究[J]. 航空学报, 2005, 27(1): 55-61.

[20] 廖红强, 邱勇, 杨侠, 等. 对应用层次分析法确定权重系数的探讨[J]. 机械工程师, 2012(6): 22-25.

[21] 王淑华, 林永强. 泡腾片的常用辅料及制备方法[J]. 食品与药品, 2006, 8(3): 70-72.

[22] 乐龙, 覃艳, 王志祥. 响应曲面法优化超声提取辣椒中辣椒红色素的工艺研究[J]. 中国药科大学学报, 2011, 42(6): 573-577.

[23] 张泽志, 韩春亮, 李成未. 响应面法在试验设计与优化中的应用[J]. 河南教育学院学报: 自然科学版, 2011, 20(4): 34-37.

(上接第 218 页)

[2] 王育红, 赵雨, 张长付, 等. 低糖颗粒型草莓酱的研制与工业化生产的探讨[J]. 农产品加工: 学刊, 2009(12): 70-72.

[3] 祝战斌. 果酱类产品加工技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 123-126.

[4] 王中风, 韦田, 张敏, 等. 真空处理对酥梨渗透脱水率和固形物增加率的影响[J]. 食品与机械, 2014, 30(2): 53-56.

[5] Shi X Q, Fito P, Chiralt A. Influence of vacuum treatment on mass transfer during osmotic dehydration of fruits[J]. Food Research International, 1995, 28(5): 445-454.

[6] Yadav KA, Singh SV. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review[J]. Journal of Food Science and Technology, 2012, 22(1): 1-20.

[7] Azarpazhooh E, Ramaswamy H S. Microwave-osmotic dehydration of apples under continuous flow medium spray conditions: comparison with other methods[J]. Drying Technology, 2009, 28(1): 49-56.

[8] Silva KS, Fernandes M A, Mauro M A. Osmotic dehydration of pineapple with Impregnation of sucrose, calcium, and ascorbic acid[J]. Food and Bioprocess Technology, 2014, 7(2): 385-397.

[9] 李辉, 吴巧梅, 林福兴, 等. 响应面法优化番木瓜渗透脱水工艺[J]. 热带作物学报, 2015, 36(3): 611-616

[10] 赵金红, 胡锐, 刘冰, 等. 渗透脱水前处理对芒果冻结速率和品质的影响[J]. 农业机械学报, 2014, 45(2): 220-227.

[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] 何金兰, 肖开恩, 张艳红, 等. 低糖南瓜果脯加工工艺研究[J]. 食品与机械, 2007, 23(4): 143-147.

(上接第 222 页)

[5] 张守文, 富校秩. 面粉酵母添加剂在面包加工过程中相互关系的研究[J]. 中国粮油学报, 2006, 15(3): 22-27.

[6] 杨秀琴, 邹奇波, 黄卫宁. 酵母菌对自然发酵面团面包中风味物质影响的研究[J]. 食品与机械, 2006, 22(3): 37, 40-43.

[7] Gänzle Michael G, Loponen Jussi, Gobbetti Marco. Proteolysis in sourdough fermentations: mechanisms and potential for improved bread quality[J]. Trends in Food Science & Technology, 2008, 19(10): 513-521.

[8] Scanlon M G, Zghal M C. Bread properties and crumb structure[J]. Food research international, 2001, 34(10): 841-864.

[9] 孙国娟, 崔泰花, 王禹, 等. 乳酸菌发酵面包工艺研究[J]. 食品与机械, 2011, 27(1): 143-145.

[10] 周伟轩, 葛银行. 水果明珠—葡萄[J]. 福建农业, 2007(8): 38.

[11] 王晨, 房经贵, 刘洪, 等. 葡萄与葡萄酒的营养成分[J]. 江苏林业科技, 2009, 36(4): 38-40.

[12] 王小华. 葡萄与葡萄酒[J]. 葡萄栽培与酿酒, 1998(2): 53-56.

[13] 赵金海. 葡萄干酿制白葡萄酒生产工艺研究[J]. 农产品加工, 2011(6): 76-78.

[14] 涂雅俊, 黄田苗, 赵宝, 等. 发酵葡萄干对面包烘焙特性及风味的影响[J]. 食品工业科技, 2013(5): 80-84.

[15] 宋一恒, 谢定, 钟海雁. 响应面法优化酵母富硒优化条件[J]. 食品与机械, 2009, 25(6): 125-130.

[16] 肖冬光, 刘青, 李静. 面包酵母发酵力测定方法的研究[J]. 食品工业科技, 2004(11): 61-63.

[17] 王钦德, 杨坚. 食品试验设计与统计分析[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002: 227-232.

[18] 陈维. 探究温度对酵母菌种群数量的影响[J]. 生物学通报, 2008, 43(12): 46-48.

[19] 杨秀炯, 李晨. 影响酵母菌发酵因素[J]. 中国酿造, 2008(11): 76-77.

[20] 赵硕. 耐高渗(高糖)酵母菌株的选育[D]. 安徽: 安徽农业大学, 2010: 1-3.