

冻藏速食马铃薯泥品质改良剂的研究

张庭誉, 许华彧, 王璇, 潘峻铭, 张根生*

(哈尔滨商业大学 食品工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150076)

摘要:为改善马铃薯泥在冻藏期间的氧化褐变和淀粉老化,使马铃薯泥的色泽口感更佳。在以感官品质、褐变度为指标确定抗氧化剂的单因素试验中,柠檬酸的最佳添加量为0.2%,抗坏血酸钠的最佳添加量为0.2%;在以感官品质、糊化度为指标确定抗老化剂的单因素试验中,单硬脂酸甘油酯的最佳添加量为0.2%,羧甲基纤维素钠的最佳添加量为0.2%,瓜尔豆胶的最佳添加量为0.3%。试验结果表明添加品质改良剂能够明显改善马铃薯泥在冻藏期间的感官品质达到抗氧化效果抗老化效果。

关键词:马铃薯泥;抗氧化;抗老化;速食食品;改良剂

Study on Quality Improver for Frozen Stored Instant Mashed Potatoes

ZHANG Ting-yu, XU Hua-yu, WANG Xuan, PAN Jun-ming, ZHANG Gen-sheng*

(College of Food Engineering, Harbin University of Commerce, Heilongjiang 150076, Harbin, China)

Abstract: In order to keep good quality (colour and taste) of mashed potato during frozen storage, sensory evaluation, enzymatic browning degree and gelatinisation degree were chosen as indicators in this study. Based on single factor experiment, in order to slow down natural enzymatic browning, the optimum addition of citric acid was 0.2 %, ascorbic acid was 0.2 %. Besides, gelatinisation indicates the degree of starch retrogradation. The optimum amount of adding glycerol monostearate was 0.2 %, sodium carboxymethyl cellulose was 0.2 % and guar gum was 0.3 %. Experiment results showed that the addition of these antioxidants and gelatinisation inhibitors could clearly reduce the natural enzymatic browning and gelatinisation of mashed potato during frozen storage.

Key words: mashed potato; antioxidant; gelatinisation inhibitors; fast food; improvers

基金项目:哈尔滨商业大学国家级大学生创新创业训练项目(201610240011)

作者简介:张庭誉(1995—),女(汉),本科,研究方向:食品科学。

* 通信作者:张根生(1964—),男,教授,硕士,研究方向:食品科学。

- [11] 曾广琳,施瑞城,陈文学,等.不同干燥方式对番木瓜粉品质及抗氧化活性的影响[J].热带作物学报,2018,39(3): 581-587
- [12] 唐文文,李国琴,宋平顺,等.大黄干燥方法研究[J].中草药,2013,14(4): 424-429
- [13] 雷飞益,李国琴,宋平顺,等.干燥方法对川麦冬药材品质的影响[J].中药材,2017,40(5): 1072-1082
- [14] 欧阳伟虹,肖艺,卢秋静,等.不同干燥工艺对铁皮石斛有效成分及抗氧化活性影响[J].药物生物技术,2017,24(2): 133-136
- [15] 张雨婷,郭赛,张莉,等.不同干燥方法对铁皮石斛多糖和甘露糖含量的影响[J].安徽中医药大学学报,2017,36(2): 68-71
- [16] 郭小宁,周林燕,毕金峰,等.干燥方式对超微蒜粉物理特性、营养品质和抗氧化性的影响[J].中国食品学报,2017,17(8): 55-63
- [17] 张娥珍,崔素芬,辛明,等.铁皮石斛超微粉与普通粉物理特性的比较[J].热带作物学报,2014,35(7): 1444-1449
- [18] 王红,吴启南,蒋征,等.干燥方式对芡实功能性成分含量及抗氧化活性的影响[J].食品科学,2015,36(7): 19-25
- [19] 曾俊美,郑启翔,刘杰凤,等.响应面法优化超声波-微波协同提取龙眼壳总黄酮[J].食品工业科技,2018(9): 154-158
- [20] 张文琴,王晓燕,宋高林.不同干燥方式对黄刺玫果粉品质的影响[J].食品与发酵工业,2018,44(7): 218-224
- [21] YU S B, WANG Z Y, SU Z J, et al. Gigantol inhibits Wnt/ β -catenin signaling and exhibits anticancer activity in breast cancer cells[J]. Biomed central complementary & alternative medicine, 2018,18: 59
- [22] 项昭保,伍晓玲,钟雪,等.响应面优化超声波辅助乙醇提取橄榄叶总黄酮的工艺研究[J].食品工业科技,2018,39(10): 211-215
- [23] 陈蓉,吴启南,沈蓓,等.不同产地芡实氨基酸组成分析与营养价值评价[J].食品科学,2011,32(15): 239-244
- [24] 桑迎迎,周国燕,王爱民,等.中药材干燥技术研究进展[J].中成药,2010,32(12): 2140-2143

收稿日期:2018-10-29

引文格式:

张庭誉,许华或,王璇,等.冻藏速食马铃薯泥品质改良剂的研究[J].食品研究与开发,2019,40(16):16-23

ZHANG Tingyu, XU Huayu, WANG Xuan, et al. Study on Quality Improver for Frozen Stored Instant Mashed Potatoes[J].

Food Research and Development, 2019, 40(16): 16-23

马铃薯又称土豆,是茄科一年生草本植物,具有极其丰富的营养价值^[1],其蛋白质质量优于大豆,最接近于动物蛋白,含有丰富的赖氨酸和色氨酸等人体必需的8种氨基酸^[2],还含有淀粉、蛋白质、脂肪、糖类等,以及维生素 B₁、维生素 B₂、维生素 B₆、维生素 C、胡萝卜素、纤维素、钙、磷、铁、钾、钠、碘、镁等元素^[3]。马铃薯营养价值和药用价值很高,一直以来深受人们的喜爱。我国是种植和消费马铃薯最大的国家。近年来我国的马铃薯消费仍一直持续增长^[4-5]。

马铃薯作为一种得到重要推广的主食食品,有着广阔的市场和较好的前景。马铃薯主食化的方向主要为两类食品。一类是居民一日三餐中经常食用的主食产品;另一类是居民“开袋即食”的休闲及功能型产品^[6]。但是关于速食类的马铃薯泥产品研究及开发方面,依然为少数,存在一定程度的空白。且在现有市场上进行出售的速食类马铃薯泥也大多为用马铃薯粉进行冲泡的产品,少有全泥状的速食产品。全泥状的冻藏速食马铃薯泥能够很好的保留马铃薯中的绝大部分营养成分,但在贮藏过程中易发生氧化、老化。马铃薯泥氧化的原因是马铃薯中所含酸性物质遇空气中氧气氧化变黑,老化是由于在糊化过程中,已经溶解膨胀的淀粉分子重新排列组合,形成一种类似天然淀粉结构的物质。

为了改善速食马铃薯泥在冻藏期间的氧化褐变和淀粉老化,本试验主要通过向马铃薯泥中添加抗氧化剂抗老化剂等品质改良剂延缓马铃薯泥在冻藏过程中氧化与老化的程度,从而改善马铃薯泥的色泽风味口感等食用品质。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

马铃薯、白砂糖:市售;盐:中盐东兴盐业股份有限公司;柠檬酸、抗坏血酸钠:天津市天力化学试剂有限公司;单硬脂酸甘油酯:山东莘县飞翔油脂有限公司;羧甲基纤维素钠(carboxymethylcellulose sodium, CMC):百福进出口贸易公司;瓜尔豆胶:郑州亚安农业科技有限公司,以上试剂均为食品级。

5%糖化酶(100 U/mg)、0.1 mol/L 盐酸:西陇化工

股份有限公司;0.1 mol/L 碘液:天津市博迪化工有限公司;0.1 mol/L 氢氧化钠:天津市福晨化学试剂厂;10%硫酸:西陇科学股份有限公司;0.1 mol/L 硫代硫酸钠:天津市科密欧化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

V-5000 型可见分光光度计:上海元仪仪器有限公司;TG-16-WS 型台式高速离心机:上海卢湘仪离心机仪器有限公司;DK-98-II 电热恒温水浴锅:天津市泰斯特仪器有限公司;BS224S 电子天平:赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;YP30000 电子天平:上海越平科学仪器有限公司。

1.3 工艺流程

配料、抗老化剂、抗氧化剂

↓

原料筛选→清洗、去皮→蒸煮熟制→捣碎制泥→调配→冷却→定量包装→冻藏→成品

选用大小合适的马铃薯进行清洗,15%的碱液浸泡去皮后整个蒸煮,蒸煮温度 100℃,蒸煮时间 1 h,熟制后捣碎制泥,捣碎过程中加入抗氧化剂、抗老化剂进行调配,冷却后定量包装成成品冻藏。冻藏后的马铃薯泥经过微波加热后即可食用。

1.4 试验方法

1.4.1 柠檬酸对马铃薯泥冻藏期间品质的影响

向马铃薯泥中添加糖 3%,盐 0.1%,单硬脂酸甘油酯 0.2%,羧甲基纤维素钠 0.2%,瓜尔豆胶 0.3%,抗坏血酸钠 0.2%。根据感官的可接受度分别向样品中添加柠檬酸 0.05%、0.1%、0.15%,同时取一组不添加柠檬酸作为对照。分别在 0、10、20、30、40、50、60、70、80、90 d 时用感官评价、色差仪和分光光度计法分别测量各组样品的品质变化,选出最佳添加量。

1.4.2 抗坏血酸钠对马铃薯泥冻藏期间品质的影响

向马铃薯泥中添加糖 3%,盐 0.1%,单硬脂酸甘油酯 0.2%,羧甲基纤维素钠 0.2%,瓜尔豆胶 0.3%,柠檬酸 0.2%。根据感官的可接受度分别向样品中添加抗坏血酸钠 0.05%、0.1%、0.15%,同时取一组不添加抗坏血酸钠作为对照。分别在 0、10、20、30、40、50、60、70、80、90 d 时用感官评价、色差仪和分光光度计法分别测量各组样品的褐变度,选出最佳添加量。

1.4.3 单硬脂酸甘油酯对马铃薯泥冻藏期间品质的影响

向马铃薯泥中添加糖 3 %,盐 0.1 %,羧甲基纤维素钠 0.2 %,瓜尔豆胶 0.3 %,柠檬酸 0.2 %,抗坏血酸钠 0.2 %。根据感官的可接受度分别向样品中添加单硬脂酸甘油酯 0.1 %、0.2 %、0.3 %,同时取一组不添加单硬脂酸甘油酯作为对照。分别在 0、10、20、30、40、50、60、70、80、90 d 时用感官评价和测量糊化度的方法分别测量各组样品的品质变化,选出最佳添加量。

1.4.4 羧甲基纤维素钠对马铃薯泥冻藏期间品质的影响

向马铃薯泥中添加糖 3 %,盐 0.1 %,单硬脂酸甘油酯 0.2 %,瓜尔豆胶 0.3 %,柠檬酸 0.2 %,抗坏血酸钠 0.2 %。根据羧甲基纤维素钠在水中的溶解度和感官的可接受度分别向样品中添加羧甲基纤维素钠 0.1 %、0.2 %、0.3 %,同时取一组不添加羧甲基纤维素钠作为对照。分别在 0、10、20、30、40、50、60、70、80、90 d 时用感官评价和测量糊化度的方法分别测量各组样品的品质变化,选出最佳添加量。

1.4.5 瓜尔豆胶对马铃薯泥冻藏期间品质的影响

向马铃薯泥中添加糖 3 %,盐 0.1 %,单硬脂酸甘油酯 0.2 %,羧甲基纤维素钠 0.2 %,柠檬酸 0.2 %,抗坏血酸钠 0.2 %。根据瓜尔豆胶在水中的溶解度和感官的可接受度分别向样品中添加瓜尔豆胶 0.2 %、0.3 %、0.4 %,同时取一组不添加瓜尔豆胶作为对照。分别在 0、10、20、30、40、50、60、70、80、90 d 时用感官评价和测量糊化度的方法分别测量各组样品的品质变化,选出最佳添加量。

1.4.6 成品中改良剂效果的检验

90 d 后选出各组最佳添加量的品质改良剂制成品冷冻速食马铃薯泥,同时采用一组不添加品质改良剂的冷冻速食马铃薯泥最为对照组。分别在冻藏前和冻藏 90 d 后用感官评价、色差仪、糊化度、方法检验其品质的变化。

1.4.7 感官评价的测评标准

考虑马铃薯的色泽、风味、组织、口感 4 个指标,评价人员为 10 人,采用加权评分法对马铃薯泥进行感官测评。具体评价标准见表 1。

1.4.8 分光光度计法测定马铃薯泥的褐变指数

取 5.0 g 待测马铃薯泥样品与 20 ℃蒸馏水按 1:10 (g/mL)混合,进行 2 min 的打浆混匀处理,然后进行 20 min 离心,离心强度为 4 500 r/min,取上清液 10 mL,于 25 ℃保温 5 min,最后用分光光度计,在波长

表 1 马铃薯泥的感官评定测评标准

Table 1 Mashed sensory evaluation of mashed potatoes

指标	含义	分值
色泽	乳黄色,色泽均匀	30~21
	成白色状,色泽不均匀	20~11
	成黄褐色,色泽不均匀	10~1
风味	有署香味,酸甜适中,辛香和谐,无异味	20~11
	无署香味,过酸,过甜,过咸	10~1
组织	质地细腻均匀,无块状物	20~11
	质地不均匀,有块状物	10~1
口感	无明显颗粒,不发粘,入口即化,能够轻松咀嚼	30~21
	入口发粘,有颗粒感	20~11
	有颗粒感,有分质感,夹生	10~1

420 nm 处测定其吸光值 A_{420} 。每个数据重复 3 次。其中马铃薯泥褐变度以褐变指数表示,公式如下:

$$\text{褐变指数} = 10 \times A_{420}$$

式中: A_{420} 表示待测样品在 420 nm 处的吸光值。

1.4.9 色差仪法测定马铃薯泥的褐变程度

L^* 值取决于样品表面的反射率,表示样品表面的明度。 a^* 和 b^* 分别代表绿(-)红(+)轴和蓝(-)黄(+)轴的色度。马铃薯泥制成圆饼状,进行色差的测定,对数值进行比较分析^[7-8]。

1.4.10 马铃薯糊化度的测定

参考酶水解法^[9-11]。将马铃薯泥样品 1.0 g 置于 A_1 锥形瓶中,另取 1.0 g 样品置于 A_2 瓶中,另取 B 瓶作为空白。分别加入 50 mL 的水,摇匀后,把 A_1 瓶放在电炉上煮沸 20 min,然后冷却至室温。在各瓶中加入 5 %的糖化酶 5 mL,摇匀后放入 50 ℃恒温水浴锅中保温 1 h,期间要随时摇动。取出后迅速加入 0.1 mol/L 盐酸 2 mL 终止糖化,将各瓶内反应物用容量瓶定容至 100 mL 后过滤。

分别取各滤液 10 mL,置于 3 个 250 mL 的碘量瓶中,准确加入 0.1 mol/L 碘液 10 mL,水 100 mL 及 0.1 mol/L 氢氧化钠溶液 18 mL,盖严放置 15 min。然后迅速加入 10 %硫酸溶液 2 mL。用 0.1 mol/L 硫代硫酸钠滴定至无色,记录所消耗的硫代硫酸钠毫升数。做 3 次平行试验取平均值。

$$D/\% = \frac{(V_0 - V_2) \times 100}{V_0 - V_1}$$

式中:D 表示糊化度,%; V_0 表示滴定空白液所消耗硫代硫酸钠的毫升数,mL; V_1 表示滴定糊化样品所消耗硫代硫酸钠的毫升数,mL; V_2 表示滴定未糊化样品所消耗硫代硫酸钠的毫升数,mL。

2 结果与分析

2.1 柠檬酸对马铃薯泥冻藏期间品质的影响

2.1.1 柠檬酸添加量对马铃薯泥冻藏期间感官品质的影响

柠檬酸添加量对马铃薯泥冻藏期间感官品质的影响见图 1。

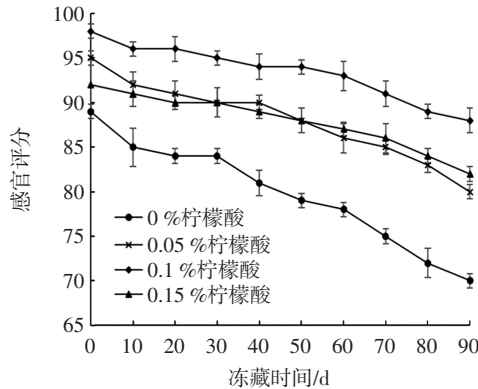


图 1 柠檬酸添加量对马铃薯泥冻藏期间感官品质的影响

Fig.1 Effect of citric acid content on sensory quality of mashed potatoes during frozen storage

表 2 柠檬酸添加量对马铃薯泥冻藏期间抗氧化效果的影响

Table 2 Effect of citric acid addition on antioxidant effect of mashed potatoes during frozen storage

时间/d	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	柠檬酸添加量/%
L^* 值	68.27±0.143	66.54±0.312	65.3±0.110	63.24±0.091	61.78±0.192	59.97±0.096	57.61±0.222	55.11±0.181	54.35±0.216	52.18±0.143	0
	68.66±0.139	67.03±0.207	65.73±0.107	64.05±0.128	62.49±0.214	61.41±0.116	59.27±0.307	57.64±0.119	55.65±0.110	53.75±0.319	0.05
	70.01±0.278	68.28±0.245	66.77±0.091	65.62±0.233	64.14±0.258	62.63±0.0544	61.16±0.349	59.58±0.314	57.64±0.158	56.11±0.279	0.1
	70.41±0.329	68.62±0.263	66.77±0.180	65.5±0.128	64.75±0.196	62.73±0.131	60.84±0.099	59.8±0.230	58.13±0.237	56.26±0.336	0.15
a^* 值	-3.98±0.008	-3.91±0.036	-3.84±0.029	-3.72±0.056	-3.61±0.037	-3.48±0.037	-3.38±0.049	-3.09±0.054	-2.75±0.075	-2.46±0.096	0
	-4.27±0.037	-4.18±0.034	-4.01±0.036	-3.93±0.029	-3.81±0.036	-3.67±0.039	-3.57±0.033	-3.36±0.045	-3.16±0.050	-2.94±0.008	0.05
	-4.54±0.021	-4.42±0.038	-4.25±0.029	-4.11±0.033	-4.00±0.034	-3.91±0.040	-3.86±0.029	-3.62±0.034	-3.5±0.043	-3.43±0.014	0.1
	-4.60±0.034	-4.46±0.041	-4.32±0.037	-4.20±0.050	-4.09±0.039	-3.96±0.041	-3.87±0.049	-3.67±0.037	-3.50±0.060	-3.48±0.045	0.15
b^* 值	7.55±0.144	9.44±0.019	10.39±0.066	12.25±0.081	13.08±0.104	13.37±0.073	15.7±0.086	17.9±0.062	18.79±0.120	19.16±0.099	0
	6.46±0.198	8.15±0.010	9.63±0.127	10.33±0.082	11.56±0.198	12.35±0.0880	14.25±0.099	16.29±0.123	16.75±0.102	17.92±0.116	0.05
	5.30±0.176	6.79±0.173	8.58±0.175	9.68±0.147	10.7±0.131	11.96±0.083	13.39±0.126	14.62±0.096	15.7±0.139	16.85±0.054	0.1
	5.30±0.113	6.46±0.128	8.50±0.109	9.7±0.124	10.81±0.128	11.93±0.045	13.34±0.115	14.74±0.086	15.54±0.184	16.34±0.096	0.15
褐变度/%	0.57±0.022	0.61±0.029	0.66±0.012	0.72±0.009	0.76±0.031	0.84±0.017	0.87±0.016	0.94±0.012	1.04±0.021	1.24±0.012	0
	0.46±0.026	0.50±0.017	0.57±0.012	0.63±0.005	0.69±0.005	0.74±0.008	0.81±0.012	0.86±0.008	0.89±0.012	0.95±0.009	0.05
	0.30±0.005	0.35±0.019	0.42±0.012	0.47±0.021	0.60±0.017	0.65±0.012	0.68±0.012	0.78±0.008	0.82±0.012	0.87±0.008	0.1
	0.27±0.028	0.29±0.016	0.33±0.012	0.38±0.009	0.53±0.012	0.63±0.017	0.66±0.012	0.71±0.012	0.78±0.012	0.86±0.014	0.15

由表 2 可以看出未添加柠檬酸的 L^* 值相比添加柠檬酸明显降低, a^* 、 b^* 值明显增加, 褐变指数明显增加, 说明添加柠檬酸抗氧化效果明显, 柠檬酸能与金属形成惰性的 σ -络合物, 抑制了氢过氧化物的分解, 从而起到了抗氧化的目的。柠檬酸的添加量为 0.15 % 时 L^* 值和褐变指数在冻藏期间一直处于几组中的最大值, a^* 、 b^* 值在冻藏期间一直处于几组中的最小值, 柠檬酸添加量为 0.1 % 时结果与 0.15 % 较接近, 并无

由图 1 可以看出马铃薯泥的感官评分随冻藏时间的延长而下降, 其中不添加柠檬酸感官品质下降明显, 柠檬酸添加量为 0.1 % 的感官品质最好, 冻藏期间在 4 组试验中一直保持相对较好的感官品质且下降不明显, 在柠檬酸的添加量的单因素试验中, 感官品质方面可以确定柠檬酸的最佳添加量为 0.1 %。柠檬酸主要影响了马铃薯泥的色泽和风味, 不添加柠檬酸时, 没有酸的风味, 风味不佳。柠檬酸添加 0.05 % 和 0.15 % 时感官评分较为接近, 初始样品氧化程度较小, 风味为感官评分的主要影响因素, 0.15 % 的柠檬酸过酸, 因此 0.05 % 的柠檬酸感官评分较好。冻藏过程中, 马铃薯泥逐渐氧化, 除了风味色泽也影响着感官评分, 0.15 % 的柠檬酸抗氧化效果更好, 因此在冻藏过程中 0.15 % 的柠檬酸感官评分逐渐超过 0.05 % 的柠檬酸。

2.1.2 柠檬酸添加量对马铃薯泥冻藏期间抗氧化效果的影响

柠檬酸添加量对马铃薯泥冻藏期间抗氧化效果的影响见表 2。

明显差异。原因可能是柠檬酸添加 0.1 % 时抗氧化效果接近饱和, 继续增加柠檬酸添加量, 抗氧化效果不会有明显提高。

2.2 抗坏血酸钠对马铃薯泥冻藏期间品质的影响

2.2.1 抗坏血酸钠添加量对马铃薯泥冻藏期间感官品质的影响

抗坏血酸钠添加量对马铃薯泥冻藏期间感官品质的影响见图 2。

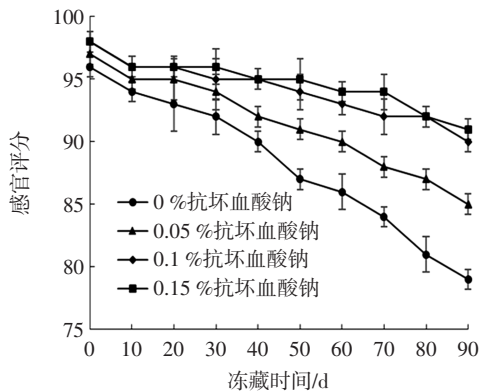


图2 抗坏血酸钠添加量对马铃薯泥冻藏期间感官品质的影响
Fig.2 Effect of sodium ascorbate addition on sensory quality of mashed potatoes during frozen storage

由图2可知,感官评分随着抗坏血酸钠添加量的增加而增加,随着时间的延长整体逐渐降低。其中不添加抗坏血酸钠感官评分下降明显,抗坏血酸钠添加量为0.1%的感官品较好,冻藏期间在4组试验中一直保持相对较好的感官品质且下降不明显,继续增加抗坏血酸钠的添加量,感官评分不会再有明显增加,在抗坏血酸钠的添加量的单因素试验中,在感官品质方面可以确定抗坏血酸钠的最佳添加量为0.1%。

2.2.2 抗坏血酸钠添加量对马铃薯泥冻藏期间抗氧化效果的影响

抗坏血酸钠添加量对马铃薯泥冻藏期间抗氧化效果的影响见表3。

由表3可以看出未添加抗坏血酸钠的 L^* 值相比

表3 抗坏血酸钠添加量对马铃薯泥冻藏期间抗氧化效果的影响

Table 3 Effect of sodium ascorbate on antioxidant activity of mashed potatoes during frozen storage

时间/d	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	V _C -Na 添加量/%
L^* 值	66.42±0.489	65.60±0.039	63.52±0.242	61.56±0.298	60.12±0.090	58.47±0.314	57.72±0.316	55.74±0.215	55.58±0.335	52.53±0.283	0
	68.54±0.200	67.37±0.160	65.76±0.211	65.36±0.224	64.19±0.135	62.63±0.372	62.64±0.212	61.53±0.331	60.97±0.214	58.82±0.250	0.05
	70.39±0.166	69.68±0.151	69.06±0.232	67.49±0.148	65.71±0.108	64.51±0.274	63.45±0.128	62.67±0.186	61.70±0.176	61.02±0.321	0.1
	70.47±0.045	69.63±0.257	69.05±0.216	67.61±0.287	66.24±0.108	64.82±0.529	64.62±0.316	63.52±0.171	62.43±0.201	61.46±0.298	0.15
a^* 值	-3.93±0.034	-3.82±0.029	-3.64±0.025	-3.53±0.039	-3.43±0.033	-3.29±0.029	-3.03±0.049	-2.95±0.021	-2.75±0.048	-2.52±0.040	0
	-4.27±0.045	-4.18±0.053	-3.96±0.034	-3.82±0.057	-3.77±0.033	-3.61±0.037	-3.55±0.033	-3.38±0.053	-3.15±0.026	-2.96±0.034	0.05
	-4.52±0.037	-4.45±0.039	-4.38±0.029	-4.27±0.045	-4.2±0.022	-4.09±0.033	-3.92±0.057	-3.78±0.057	-3.67±0.045	-3.56±0.022	0.1
	-4.66±0.036	-4.55±0.021	-4.47±0.033	-4.40±0.041	-4.33±0.036	-4.14±0.025	-3.98±0.041	-3.85±0.033	-3.73±0.045	-3.57±0.049	0.15
b^* 值	8.39±0.998	8.91±0.103	10.36±0.140	11.8±0.102	12.87±0.031	14.34±0.207	15.58±0.232	17.41±0.226	18.72±0.253	19.32±0.062	0
	7.54±0.249	8.50±0.282	9.3±0.200	10.57±0.204	11.80±0.143	12.67±0.142	14.60±0.241	15.45±0.239	16.68±0.288	17.503±0.184	0.05
	6.63±0.261	7.61±0.191	8.24±0.201	9.50±0.186	10.69±0.140	11.60±0.270	13.74±0.120	14.62±0.158	15.44±0.198	16.38±0.246	0.1
	5.47±0.216	6.46±0.213	7.65±0.195	9.41±0.198	10.53±0.187	11.57±0.179	12.55±0.054	14.67±0.177	15.57±0.143	16.35±0.194	0.15
褐变度/%	0.58±0.008	0.637±0.009	0.68±0.008	0.74±0.009	0.80±0.009	0.85±0.012	0.92±0.008	1.00±0.024	1.13±0.012	1.21±0.012	0
	0.45±0.008	0.46±0.017	0.52±0.014	0.59±0.008	0.66±0.008	0.72±0.008	0.76±0.012	0.91±0.016	0.98±0.009	1.06±0.008	0.05
	0.33±0.012	0.37±0.012	0.39±0.012	0.45±0.012	0.52±0.008	0.56±0.017	0.69±0.012	0.77±0.016	0.87±0.012	0.93±0.008	0.1
	0.27±0.012	0.34±0.008	0.38±0.008	0.44±0.017	0.50±0.008	0.55±0.012	0.68±0.008	0.74±0.008	0.85±0.009	0.91±0.012	0.15

添加抗坏血酸钠明显降低, a^* 、 b^* 值明显增加,褐变指数明显增加,说明添加抗坏血酸钠抗氧化效果明显,抗坏血酸钠被认为是一种较安全可靠有效的抗氧化剂,无副作用。它是强烈还原剂,能够吸收氧,有较佳抗氧化效果。尤其是添加柠檬酸后更有协合效力,减少了过氧化基的生成^[12]。抗坏血酸钠的添加量为0.15%时 L^* 值在冻藏期间一直处于几组中的最大值, a^* 、 b^* 值及褐变指数在冻藏期间一直处于几组中的最小值,抗坏血酸钠添加量为0.1%时结果与0.15%较接近,并无明显差异。原因可能是抗坏血酸钠添加0.1%时抗氧化效果接近饱和,继续增加抗坏血酸钠添加量,抗氧化效果不会有明显提高。

2.3 单硬脂酸甘油酯对马铃薯泥冻藏期间品质的影响

2.3.1 单硬脂酸甘油酯对马铃薯泥冻藏期间感官品质的影响

单硬脂酸甘油酯对马铃薯泥冻藏期间感官品质的影响见图3。

单硬脂酸甘油酯是一种多元醇型非离子型表面活性剂,由于它的结构具有1个亲油的长链烷基和2个亲水的羟基,因而具有良好的表面活性,能够起乳化、起泡、分散、消泡、抗淀粉老化等作用因此单硬脂酸甘油酯影响了马铃薯泥的色泽和口感。由图3可以看出马铃薯泥的感官评分随冻藏时间的延长而下降,其中不添加单硬脂酸甘油酯感官品质下降明显,单硬脂

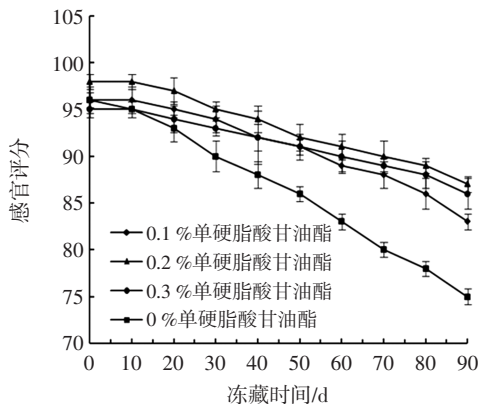


图3 单硬脂酸甘油酯添加量对马铃薯泥冻藏期间感官品质的影响

Fig.3 Effect of glycerol monostearate dosage on sensory quality of mashed potatoes during frozen storage

酸甘油酯加量为0.2%的感官品质最好,冻藏期间在四组试验中一直保持相对较好的感官品质,在单硬脂酸甘油酯的添加量的单因素试验中,在感官品质方面可以确定单硬脂酸甘油酯的最佳添加量为0.2%。

2.3.2 单硬脂酸甘油酯对马铃薯泥冻藏期间抗老化效果的影响

单硬脂酸甘油酯对马铃薯泥冻藏期间抗老化效果的影响见图4。

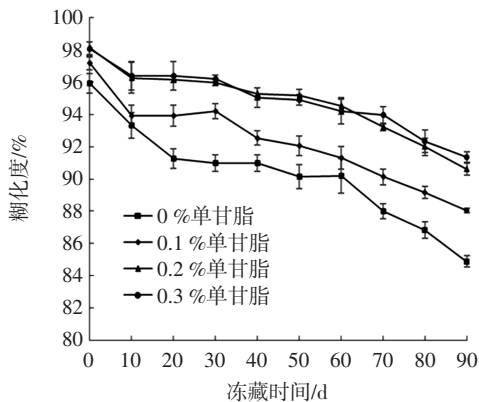


图4 单硬脂酸甘油酯对马铃薯泥冻藏期间抗老化效果的影响

Fig.4 Effect of glycerol monostearate on anti aging effect of mashed potatoes during frozen storage

由图4可看出马铃薯泥的糊化度随冻藏时间的增加而下降,冻藏时间越久,马铃薯泥老化越严重。添加单硬脂酸甘油酯能有效防止马铃薯淀粉老化回生,由图中可看出单硬脂酸甘油酯的最佳添加量为0.2%。添加0.2%与0.3%效果差别不大,原因可能是添加0.2%的单硬脂酸甘油酯已接近饱和,增加单硬脂酸甘油酯的添加量不会再有明显效果。单硬脂酸甘油酯会与直链淀粉作用形成螺旋状复合体。这种复合体将会提高淀粉的糊化温度,并防止已经糊化(α 化)的淀粉分子又自动排列成序,结晶成不溶性的淀粉分子微

束,并从淀粉颗粒内部阻止支链淀粉凝聚,防止淀粉的老化、回生,还可减少淀粉的结合水分流失^[13]。

2.4 羧甲基纤维素钠对马铃薯泥冻藏期间品质的影响

2.4.1 羧甲基纤维素钠对马铃薯泥冻藏期间感官品质的影响

羧甲基纤维素钠对马铃薯泥冻藏期间感官品质的影响见图5。

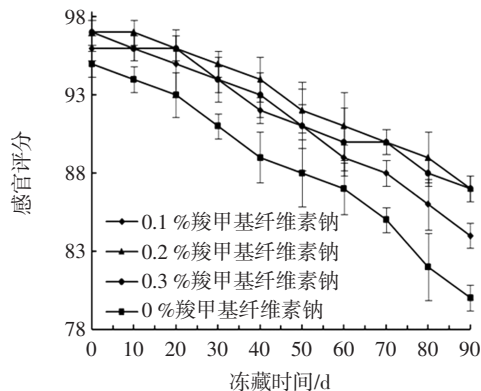


图5 羧甲基纤维素钠对马铃薯泥冻藏期间感官品质的影响

Fig.5 Effect of sodium carboxymethyl cellulose on sensory quality of mashed potatoes during frozen storage

由图5可知添加羧甲基纤维素钠能够改善马铃薯泥的感官品质,随着冻藏时间的延长,马铃薯泥的感官评分逐渐下降,不添加羧甲基纤维素钠的马铃薯泥随冻藏时间延长感官评分下降明显,添加量为0.2%时马铃薯泥的感官品质最好,羧甲基纤维素钠主要影响了马铃薯泥的口感,羧甲基纤维素钠具有水化作用,在含淀粉食品中,可以起到组织改良的作用,而且可以使水分不易挥发,可提高产品产量,增加口感^[14]。可使马铃薯泥的硬度降低,黏性、咀嚼性降低,还可防止淀粉老化回生从而改变马铃薯泥的口感。

2.4.2 羧甲基纤维素钠对马铃薯泥冻藏期间抗老化效果的影响

羧甲基纤维素钠对马铃薯泥冻藏期间抗老化效果的影响见图6。

由图6可看出羧甲基纤维素钠的添加能够有效防止马铃薯泥在冻藏期间的老化,不添加羧甲基纤维素钠马铃薯泥的糊化度随冻藏时间下降明显,羧甲基纤维素钠的添加量为0.2%时糊化度最高且随冻藏时间延长下降不明显,由此可确定羧甲基纤维素钠的最佳添加量为0.2%。羧甲基纤维素钠通过侧链结构抑制淀粉在贮藏过程中的老化。拥有较强淀粉保水、增稠、乳化及悬浮的作用^[15],有一定的亲水性和复水性^[16],溶于水后侧链的羧甲基能抑制直链淀粉在老化过程中形成氢键;且分子链上的羧甲基与钠离子解离后,导

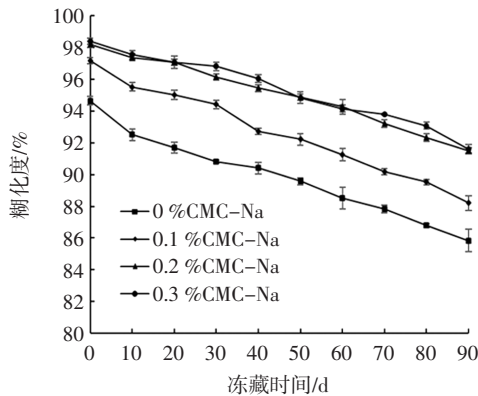


图6 羧甲基纤维素钠对马铃薯泥冻藏期间抗老化效果的影响
Fig.6 Effect of sodium carboxymethyl cellulose on the anti aging effect of mashed potatoes during frozen storage

致分子间静电斥力增强,增加凝胶的溶胀度^[17],因此能够有效的降低马铃薯泥在冻藏期间的老化程度。

2.5 瓜尔豆胶对马铃薯泥冻藏期间品质的影响

2.5.1 瓜尔豆胶对马铃薯泥冻藏期间感官品质的影响

瓜尔豆胶对马铃薯泥冻藏期间感官品质的影响见图7。

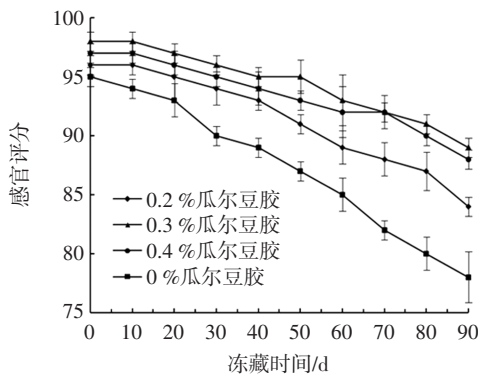


图7 瓜尔豆胶对马铃薯泥冻藏期间感官品质的影响
Fig.7 Effect of guar gum on sensory quality of mashed potatoes during frozen storage

由图7可看出瓜尔豆胶能够明显改善马铃薯泥的感官品质,在马铃薯泥中添加瓜尔豆胶能够改变其组织状态,使马铃薯泥黏度增加,还可以通过防止马铃

薯泥在冻藏过程中的老化从而改善其口感。在感官品质方面,添加0.3%的瓜尔豆胶感官品质最好,瓜尔豆胶添加量小于0.3%易老化口感不好,添加量多于0.3%会造成马铃薯泥过于黏稠,因而影响口感。因此瓜尔豆胶的最佳添加量为0.3%。

2.5.2 瓜尔豆胶对马铃薯泥冻藏期间抗老化效果的影响

瓜尔豆胶对马铃薯泥冻藏期间抗老化效果的影响见图8。

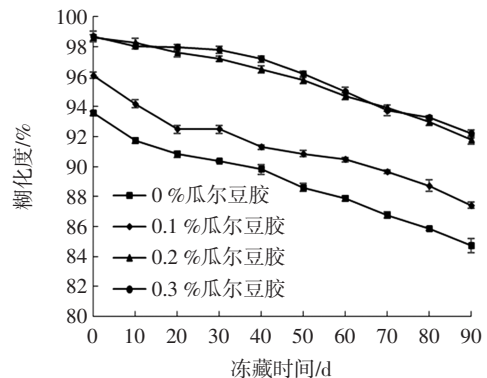


图8 瓜尔豆胶对马铃薯泥冻藏期间抗老化效果的影响
Fig.8 Effect of guar gum on anti aging effect of mashed potatoes during frozen storage

由图8可看出瓜尔豆胶可以有效防止马铃薯泥冻藏期间的老化,最佳添加量为0.2%,添加0.3%的瓜尔豆胶与添加0.2%差异不明显。因瓜尔豆胶是直链大分子,添加如淀粉体系中时,瓜尔豆胶链上的羟基具有提高淀粉凝胶持水力的作用,从而对淀粉凝胶的储藏性及蒸煮特产生影响,一次达到抑制凝胶老化的目的^[15]。瓜尔豆胶作为高分子量的水解胶体多糖其抗老化的原因可能是其分子中的羟基与淀粉链上的羟基及周围的水分子可通过形成大量氢键达到抗老化效果。

2.6 成品中改良剂效果的检验

成品中改良剂效果的检验结果见表4。

表4 成品中改良剂效果的检验
Table 4 Test of modifier effect in finished products

时间/d	是否添加改良剂	感官评分	L^*	a^*	b^*	褐变指数/%	糊化度/%
0	未添加改良剂	92±0.94	66.32±0.09	-3.88±0.08	8.4±0.09	0.61±0.2	92.89±0.08
	添加改良剂	98±0.47	70.47±0.17	-4.58±0.08	5.3±0.09	0.27±0.1	98.19±0.33
90	未添加改良剂	73±0.82	51.31±0.17	-2.41±0.07	19.58±0.11	1.38±0.1	83.72±0.20
	添加改良剂	91±0.47	61.32±0.10	-3.56±0.05	16.35±0.16	0.87±0.1	91.68±0.21

由表4可以看出冻藏前不添加改良剂与添加改良剂的各项评定结果差别相对较小,但在冻藏90d后添

加改良剂的各项评定结果明显优于不添加改良剂,在0d各项指标的差别是由短期氧化和回生造成,90d后

的差别是由长期氧化和回生造成,由此可见添加改良剂的抗氧化效果和抗老化效果显著,能够明显改善马铃薯泥在冻藏期间的感官品质。

3 结论

马铃薯泥的抗氧化试验中,柠檬酸的最佳添加量为 0.2%,抗坏血酸钠的最佳添加量为 0.2%。马铃薯泥的抗老化试验中,单硬脂酸甘油酯的最佳添加量为 0.2%羧甲基纤维素钠的最佳添加量为 0.2%,瓜尔豆胶的最佳添加量为 0.3%,通过单因素试验和成品检验可得知在此条件下的马铃薯泥在冻藏期间能够有效的抗氧化抗老化,且颜色淡黄,口感美味,组织细腻,营养丰富,具有一定的营养价值和市场前景。

参考文献:

- [1] 杨妍. 马铃薯泥品质影响因素的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2007
- [2] 郑捷, 胡爱军. 马铃薯全粉在面包中的应用研究[J]. 粮食与饲料工业, 2005(11): 18-20
- [3] 张丽芝. 巧克力土豆面包的研制[J]. 生物技术世界, 2012, 9(9): 27
- [4] 赠韶西, 王以柔, 刘鸿先. 马铃薯贮藏品质[J]. 植物生理学报, 1991, 17(2): 177-182
- [5] 李玲, 郭衍银. 1-甲基环丙烯联合壳聚糖对鲜切马铃薯保鲜效果的影响[J]. 现代食品科技, 2013, 29(8): 1893-1897, 1790
- [6] 陈萌山, 王小虎. 中国马铃薯主食产业化发展与展望[J]. 农业经

济问题, 2015, 36(12): 4-11

- [7] Holcroft D M, Kader A A. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 1999, 17(1): 19-32
- [8] 何萌, 王丹, 马越, 等. 不同清洗剂对鲜切马铃薯贮藏过程品质变化的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34(15): 328-331
- [9] 赵凯. 淀粉非化学改性技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009
- [10] Shogren R L, Biswas A. Preparation of water-soluble and water-swallowable starch acetates using microwave heating[J]. Carbohydrate Polymers, 2006, 64(1): 16-21
- [11] 孙威, 晏梦婷, 李芳, 等. 糙米质构重组米糊化度的快速检测[J]. 粮食与饲料工业, 2016(3): 26-30
- [12] 王杏珠, 郑福麟, 陆廷龙, 董海. 用 D-导抗坏血酸钠延长多脂鱼冻藏期的研究[J]. 食品科学, 1993(12): 6-10
- [13] 郭桦, 林映华, 万速文, 等. 乳化剂在烘焙食品中的应用[J]. 现代食品科技, 2006, 22(3): 297-298
- [14] 郭玉华, 李钰金. 食品增稠剂的应用技术[J]. 肉类研究, 2009(10): 67-71
- [15] 王充. 绿豆淀粉凝胶的抗老化研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012
- [16] 杨金妹. 羧甲基纤维素钠在食品工业中的应用研究[J]. 农产品加工(学刊), 2014(22): 76-78
- [17] 王瑞斌, 李明, 魏益民. 品质改良剂对绿豆凉粉冻融稳定性及硬度的影响[J]. 中国食品添加剂, 2016(12): 182-188

收稿日期: 2018-10-23

富强、民主、文明、和谐，
自由、平等、公正、法治，
爱国、敬业、诚信、友善。