

氯化钠对马铃薯淀粉糊化特性的影响

熊小青, 车瑞彬, 李利民, 郑学玲*
(河南工业大学 粮油食品学院, 河南 郑州 450001)

摘要:以马铃薯淀粉为研究对象,研究氯化钠对淀粉糊特性的影响。结果表明:随着氯化钠添加量的增加,马铃薯淀粉起始糊化温度和峰值温度升高,峰值粘度和最终粘度呈现先下降后略微上升的趋势,且淀粉糊的热稳定性提高;氯化钠使淀粉糊的透明度下降,且在添加量为2%时透明度最低;马铃薯原淀粉糊不易凝沉,氯化钠的添加使淀粉糊出现较大的凝沉现象,随着氯化钠添加量的增多凝沉现象加剧,放置时间越长凝沉现象越趋于稳定;氯化钠增大淀粉的溶解度和膨胀度,且不同质量分数的氯化钠对其的影响不同;最后,氯化钠的加入提高淀粉糊的冻融稳定性。

关键词:氯化钠;马铃薯淀粉;粘度特性;糊透明度;冻融稳定性

Effect of Sodium Chloride on Pasting Properties of Potato Starch

XIONG Xiao-qing, CHE Rui-bin, LI Li-min, ZHENG Xue-ling*

(College of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, Henan, China)

Abstract: With the increase of sodium chloride, the initial pasting temperature and peak temperature of potato starch were increased, the values of peak viscosity and final viscosity showed a trend of decreasing at first and then slightly increasing, and the thermal stability of starch paste was improved. The transparency of starch paste was decreased by adding the sodium chloride, and the lowest value was observed when the additive amount was 2%. The retrogradation ability of original potato starch paste was weak. The increasing retrogradation phenomenon of starch paste was attributed to the addition of the sodium chloride. With the increase of the additive amount of sodium chloride, the phenomenon of retrogradation was intensified and tended to be stable due to time extension. The solubility and swelling power of starch were increased by adding sodium chloride, and different concentration of sodium chloride had different effects on the solubility and swelling power. Finally, the addition of sodium chloride improved the freeze-thaw stability of the starch paste.

Key words: NaCl; potato starch; viscosity characteristics; transparency; freeze-thaw stability

引文格式:

熊小青,车瑞彬,李利民,等.氯化钠对马铃薯淀粉糊化特性的影响[J].食品研究与开发,2020,41(14):1-5

XIONG Xiaoqing, CHE Ruibin, LI Limin, et al. Effect of Sodium Chloride on Pasting Properties of Potato Starch[J]. Food Research and Development, 2020, 41(14): 1-5

马铃薯淀粉作为一种重要的植物淀粉,其种类多产量大。与其他植物淀粉相比,马铃薯淀粉具有较高

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31671892);国家自然科学基金资助项目(31671810)

作者简介:熊小青(1996—),女(汉),硕士研究生,研究方向:谷物化学与品质。

*通信作者:郑学玲(1972—),女(汉),博士生导师,研究方向:谷物化学与品质、谷物加工与综合利用。

的峰值粘度和较好的糊透明度,在食品工业上具有广泛的用途。研究指出在鸡脯肉中添加一定量的马铃薯淀粉能够有效改善其凝胶质构特性,使制品弹性增强;在酸奶中添加马铃薯淀粉增加了酸奶的稠度,使其析水率下降^[1]。淀粉的糊化特性决定着淀粉用途,而淀粉在不同添加剂的作用下糊化特性不同。吕振磊等^[2]发现添加蔗糖、卡拉胶、明矾、食盐或苯甲酸钠能够增大马铃薯淀粉的热稳定性、凝沉性和凝胶性。陈学玲

等^[3]指出氯化钠、蔗糖和碳酸钠对芡实淀粉的糊化特性具有显著影响。为进一步探究氯化钠对马铃薯淀粉糊化特性的影响,本试验通过分析氯化钠比例对淀粉糊化特性、糊透明度、溶解度和膨胀度等特性的影响,为马铃薯淀粉在食品工业或其他产品的开发给予一定程度上的理论支持。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

马铃薯淀粉:河南恩苗食品有限公司;氯化钠(分析纯):天津市天力化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

LXJ-IIB型低速大容量离心机:上海安亭科学仪器厂;SHZ-B水浴恒温振荡器:上海博迅医疗生物仪器股份有限公司;FOSS Kjeltec 8400全自动凯氏定氮仪:丹麦FOSS福斯仪器有限公司;布拉班德E型粘度仪:河南一诺佳盛仪器设备有限公司;UV762紫外可见分光光度计:上海仪电分析仪器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 不同种类淀粉基本组分的测定

水分含量测定:GB 5009.3-2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》;粗脂肪含量测定:GB 5009.6-2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》;粗蛋白含量测定:GB 5009.5-2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》;直链淀粉含量测定:GB/T 15683-2008《大米 直链淀粉含量的测定》。

1.3.2 不同种类淀粉糊化特性的测定

淀粉糊化特性采用布拉班德E型粘度仪测定。具体参照GB/T 14490-2008《粮油检验 谷物及淀粉糊化特性测定 粘度仪法》。

1.3.3 不同种类淀粉糊透明度的测定

称取不同种类的淀粉后分别加入蒸馏水配制成质量分数为1%的淀粉乳,在沸水浴中恒温振荡30 min,使其充分糊化后冷却至室温(25℃)。用蒸馏水作参比液,测定淀粉糊在650 nm波长处的透光率。试验结果为测定3次的平均值。配制质量分数为0%、1%、2%、3%、4%、5%的氯化钠溶液,取代蒸馏水与淀粉混合,测定方法一致。

1.3.4 不同种类淀粉糊凝沉性的测定

将质量分数为1%的不同种类的淀粉悬浮液在沸水浴中恒温振荡30 min后冷却至室温(25℃),倒入100 mL带刻度的量筒中,静置,每隔12 h记录一次,观察淀粉糊的凝沉情况,记录沉降刻度,淀粉糊凝沉性大小用凝沉积来表示。配制质量分数为0%、1%、2%、

3%、4%、5%的氯化钠溶液,取代蒸馏水与淀粉混合,测定方法一致。

1.3.5 不同种类淀粉溶解度和膨胀度的测定

具体参照李明菲等^[4]的方法。配制质量分数为0%、1%、2%、3%、4%、5%的氯化钠溶液,取代蒸馏水与淀粉混合,测定方法一致。

1.3.6 不同种类淀粉糊冻融稳定性的测定

称取不同种类的淀粉后分别加入蒸馏水配制成质量分数为3%的淀粉乳,在沸水浴中恒温振荡30 min,使其充分糊化后冷却至室温(25℃)。用50 mL离心管称取相同质量淀粉糊,记录离心管和淀粉糊总质量,置于-18℃冰箱中冷冻,24 h后取出,室温(25℃)下自然解冻。在5 000 r/min条件下离心20 min,弃去上清液,称取此时离心管和沉淀物总质量,计算析水率。试验重复3次,取平均值。配制质量分数为0%、1%、2%、3%、4%、5%的氯化钠溶液,取代蒸馏水与淀粉混合,测定方法一致。

$$\text{析水率}/\% = [(m_2 - m_3) / (m_2 - m_1)] \times 100$$

式中: m_1 为离心管质量,g; m_2 为离心管和淀粉总质量,g; m_3 为弃去上清液后离心管和沉淀物总质量,g。

1.4 数据分析

试验数据的处理与分析均采用SPSS 16.0软件,绘图采用Origin 8.5软件。

2 结果与分析

2.1 马铃薯淀粉的基本组分

马铃薯淀粉的基本组分见表1。

表1 马铃薯淀粉的基本组分

Table 1 The basic components of potato starch

淀粉种类	水分/%	粗脂肪/%	粗蛋白/%	直链淀粉/%
马铃薯淀粉	15.89±0.01	0.59±0.08	0.44±0.00	30.16±0.06

由表1可知,马铃薯淀粉中的水分含量为15.89%,粗脂肪和粗蛋白含量较低,直链淀粉含量较高。脂肪含量高会对淀粉制品的品质造成不良影响,阻碍淀粉与水分子的相互作用,导致淀粉的溶解度和膨胀度下降;蛋白质含量过高同样不利于提高淀粉品质。由于选取的马铃薯淀粉脂肪含量和蛋白质含量较低,故可以忽略其对淀粉糊化和老化过程中的影响。

2.2 不同浓度氯化钠对马铃薯淀粉糊化特性的影响

不同浓度氯化钠对马铃薯淀粉粘度特性的影响见表2。

食盐是食品中重要的组分之一,它的存在影响淀粉糊的性质。由表2可知,随着氯化钠含量的增加,马

表 2 不同浓度氯化钠对马铃薯淀粉黏度特性的影响

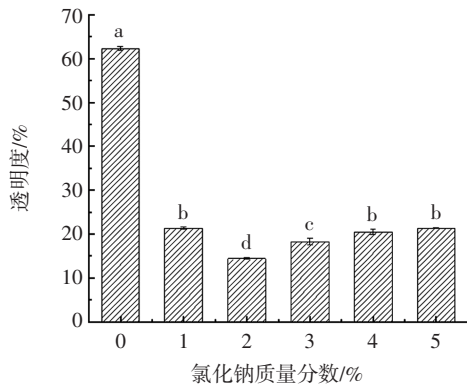
Table 2 Effects of different concentrations of sodium chloride on the viscosity characteristics of potato starch

氯化钠浓度/%	糊化开始温度/℃	峰值温度/℃	峰值粘度/BU	恒温阶段开始粘度/BU	冷却阶段开始粘度/BU	冷却阶段结束粘度/BU	最终粘度/BU	崩解值/BU	回升值/BU
0	63.2	72.8	3 311	1 681	992	1 603	1 620	2 319	611
1	66.6	78.2	1 965	1 312	859	1 410	1 294	1 106	551
2	67.4	80.7	1 892	1 339	884	1 435	1 327	1 008	551
3	67.6	81.1	1 957	1 397	908	1 486	1 350	1 049	578
4	67.8	82.5	2 006	1 440	960	1 561	1 407	1 046	601
5	67.9	82.9	2 032	1 476	1 001	1 615	1 461	1 031	614

铃薯淀粉糊化开始温度和峰值温度呈现上升的趋势,峰值温度由 72.8 ℃ 上升至 82.9 ℃,这与马冰洁等^[9]的研究结果相同;峰值粘度和最终粘度呈现先下降后略微上升的趋势,在添加量为 2 % 时峰值粘度降低了 42.86 %,在添加量为 1 % 时最终粘度降低了 20.12 %;崩解值随食盐添加量的增加而降低,说明食盐的加入提高了淀粉糊的热稳定性。随着氯化钠浓度的增加,糊液中的离子浓度也增加,水分活度进一步下降,更加抑制淀粉分子与水分子之间的相互作用,淀粉颗粒不能自由溶胀导致淀粉糊粘度下降,淀粉颗粒糊化时需要更多的能量,糊化温度上升;另外,Na⁺含量增多后与淀粉分子中的羟基作用,对淀粉糊的粘度也有影响。

2.3 不同浓度氯化钠对马铃薯淀粉糊透明度的影响

不同浓度氯化钠对马铃薯淀粉糊透明度的影响见图 1。



不同小写字母表示 0.05 水平差异显著。

图 1 不同浓度氯化钠对马铃薯淀粉糊透明度的影响

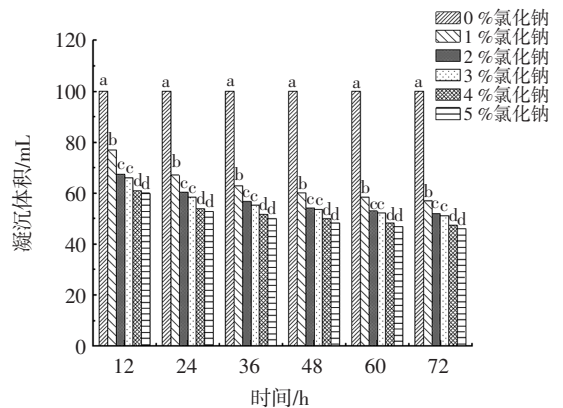
Fig.1 Effects of different concentrations of sodium chloride on the transparency of potato starch paste

透明度表示光线穿过淀粉糊时,淀粉糊对光的折射、反射能力,与颗粒大小、颗粒结构、直链淀粉含量、分子链的长短、膨胀的淀粉颗粒膨胀程度有关^[9]。较好的透明度有利于淀粉基食品色泽和质地,淀粉糊的透明度常用透光率来表示。如图 1 所示,随着氯化钠

浓度的增大,马铃薯淀粉糊的透明度呈现先下降后略微上升的趋势,但与对照组相比,加入氯化钠之后的淀粉糊透明度明显降低。在质量分数为 1 % 时淀粉糊透明度降低了 40.02 %,在质量分数为 2 % 时,淀粉糊透明度最低,达到 14.4 %。这些变化与氯化钠对芡实淀粉^[13]和甘薯淀粉^[7]透明度的影响相似。氯化钠进入淀粉糊体系后,对淀粉颗粒的溶胀有抑制作用,降低了淀粉糊化的程度,对光线的反射、折射作用增强,导致淀粉糊透明度降低。随着氯化钠添加量的增加,Na⁺在糊液中的浓度增大,与淀粉分子羟基的作用增强,使淀粉分子带相同电荷,这对淀粉分子的聚集回生有一定的抑制作用,光线能够通过分子间空隙穿过,导致透明度上升。

2.4 不同浓度氯化钠对马铃薯淀粉糊凝沉性的影响

不同浓度氯化钠对马铃薯淀粉糊凝沉性的影响见图 2。



不同小写字母表示 0.05 水平差异显著。

图 2 不同浓度氯化钠对马铃薯淀粉糊凝沉性的影响

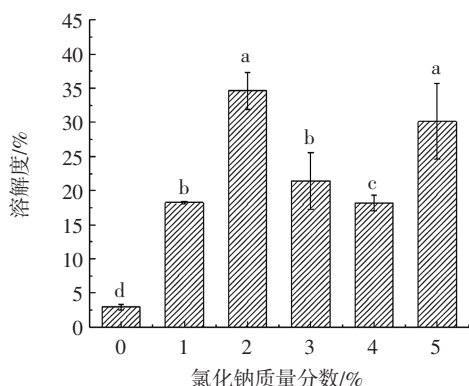
Fig.2 Effects of different concentrations of sodium chloride on the retrogradation of potato starch paste

淀粉的凝沉也叫淀粉的老化、回生,是指淀粉颗粒在过量水中受热糊化后在室温下放置一段时间,直链淀粉和支链淀粉自发地重排形成不溶于水的有序结构的过程^[9]。淀粉糊的凝沉性对淀粉类产品的色泽

和外观具有重要影响^[9]。由图 2 分析可知,氯化钠的添加使淀粉糊出现较大的凝沉现象,上清液与下层沉淀明显分离。由于淀粉糊浓度一样,加入不同质量分数的氯化钠后凝沉体积越小,析出的上清液越多,说明凝沉效果越好。氯化钠的添加增大淀粉糊的凝沉速率,因为带电离子的存在阻碍淀粉颗粒吸水溶胀,离子浓度越大这种抑制作用越强,而未糊化完全的淀粉颗粒也影响老化过程中淀粉链之间的相互作用。即使在放置 72 h 之后,原淀粉糊在没有氯化钠的存在下几乎不发生凝沉,为均一的淀粉糊液,此时凝沉体积为 100 mL。天然的马铃薯支链淀粉的侧链上结合着许多磷酸基团,使淀粉分子间相互排斥,不易聚合凝沉^[10]。放置时间越长,凝沉体积几乎不发生变化,凝沉现象趋于稳定。

2.5 不同浓度氯化钠对马铃薯淀粉溶解度的影响

不同浓度氯化钠对马铃薯淀粉溶解度的影响见图 3。



不同小写字母表示 0.05 水平差异显著。

图 3 不同浓度氯化钠对马铃薯淀粉溶解度的影响

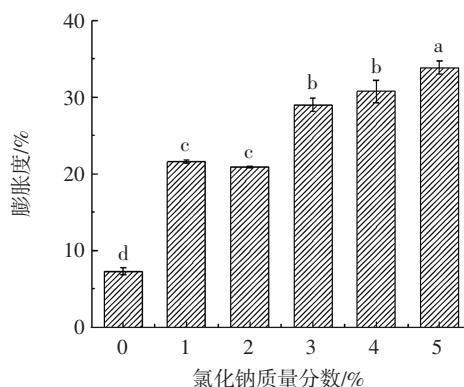
Fig.3 Effects of different concentrations of sodium chloride on the solubility of potato starch

溶解度与淀粉分子本身的性质有关,溶解度越大表示颗粒结构结合越紧密^[11]。从图 3 可以看出,添加氯化钠后马铃薯淀粉的溶解度显著增大,不同质量分数的氯化钠对溶解度的影响不同。未加食盐的马铃薯淀粉溶解度为 2.93%,当氯化钠质量分数为 2%和 5%时,溶解度分别达到 34.60%和 30.15%。溶解度发生显著变化可能是在加热过程中部分氢键被破坏。

2.6 不同浓度氯化钠对马铃薯淀粉膨胀度的影响

不同浓度氯化钠对马铃薯淀粉膨胀度的影响见图 4。

淀粉的膨胀度表示淀粉颗粒在过量的水中受热时,吸水溶胀的能力^[12]。图 4 表明,随着氯化钠添加量的增大,马铃薯淀粉膨胀度呈现增加的趋势。这与氯



不同小写字母表示 0.05 水平差异显著。

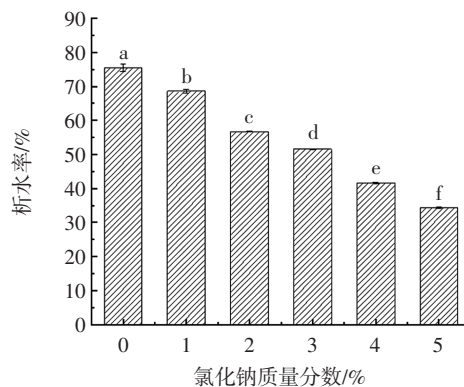
图 4 不同浓度氯化钠对马铃薯淀粉膨胀度的影响

Fig.4 Effects of different concentrations of sodium chloride on the swelling power of potato starch

化钠对芡实淀粉^[3]的研究结果相似,研究指出,氯化钠、蔗糖和碳酸钠的添加均能增大芡实淀粉的膨胀度,并且添加量越多越有利于淀粉颗粒溶胀。未加食盐的马铃薯淀粉膨胀度为 7.30%,2%氯化钠使马铃薯淀粉膨胀度提高到 20.90%,5%氯化钠使膨胀度达到 33.88%。

2.7 不同浓度氯化钠对马铃薯淀粉糊冻融稳定性的影响

不同浓度氯化钠对马铃薯淀粉糊析水率的影响见图 5。



不同小写字母表示 0.05 水平差异显著。

图 5 不同浓度氯化钠对马铃薯淀粉糊析水率的影响

Fig.5 Effects of different concentrations of sodium chloride on the syneresis rate of potato starch paste

冻融稳定性通常以析水率表示,析水率越高说明冻融稳定性越差。由图 5 可知,马铃薯淀粉糊的析水率随着氯化钠添加量的增加呈现逐渐降低的趋势,不同质量分数的氯化钠对马铃薯淀粉糊析水率的影响差异显著;原马铃薯淀粉糊的析水率高达 75.49%,当添加 2%氯化钠时,析水率下降至 56.72%;当添加量

为5%时,析水率下降至34.34%。氯化钠能够有效改善淀粉的冻融稳定性,因为氯化钠使凝胶在低温下可冻结水的含量下降,也就是说以冰晶形式与淀粉凝胶发生相分离的水分减少^[13],抑制淀粉分子重排,回生程度下降,阻碍不溶于水的有序结构的形成,且氯化钠浓度越高,这种抑制作用越强。

3 结论

食盐作为一种常见的调味品,目前已有报道指出其对淀粉的糊化特性和糊粘度有显著的影响。本试验以马铃薯淀粉为研究对象,研究了氯化钠对其粘度特性、糊透明度、溶解度、膨胀度、凝沉性和冻融稳定性的影响,试验结果表明:随着氯化钠添加量的增加,马铃薯淀粉糊化开始温度和峰值温度升高,峰值粘度和最终粘度呈现先下降后略微上升的趋势,淀粉糊的热稳定性提高,说明氯化钠对淀粉的糊化过程有一定的影响;氯化钠使淀粉糊的透明度下降,且在添加量为2%时透明度最低;马铃薯原淀粉糊因含有磷酸基团不易凝沉,氯化钠的添加使淀粉糊出现较大的凝沉现象,随着氯化钠添加量的增多凝沉现象加剧,放置时间越长凝沉现象越趋于稳定;另外,氯化钠会增大淀粉的溶解度和膨胀度,提高淀粉的冻融稳定性,不同质量分数的氯化钠对其的影响不同。

参考文献:

- [1] 张攀峰. 不同品种马铃薯淀粉结构与性质的研究[D]. 广州:华南理工大学, 2012
- [2] 吕振磊,李国强,陈海华. 马铃薯淀粉糊化及凝胶特性研究[J]. 食

- 品与机械, 2010, 26(3): 22-27
- [3] 陈学玲,关键,梅新,等. 氯化钠、蔗糖和碳酸钠对芡实淀粉糊化特性的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(17): 60-65
- [4] 李明菲,刘翀,李利民,等. 湿热处理对小麦粉基本理化特性影响的研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2016, 37(1): 10-15,42
- [5] 马冰洁,唐洪波,马玲. 马铃薯淀粉糊的黏度性质[J]. 东北林业大学学报, 2006(4): 73-75
- [6] 何晋浙,张安强,丁玉庭. 10种淀粉的理化特性研究[J]. 中国粮油学报, 2011, 26(4): 37-41
- [7] 李鑫,赵燕,廖斌,等. 甘薯淀粉糊透明度及凝沉性初探[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(3): 34-37
- [8] KAUR L, SINGH J, SINGH N. Effect of glycerol monostearate on the physico-chemical, thermal, rheological and noodle making properties of corn and potato starches[J]. Food Hydrocolloids, 2005, 19(5): 839-849
- [9] 陈贻芳. 不同盐对马铃薯淀粉特性影响的研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2012
- [10] SINGH N, CHAWLA D, SINGH J. Influence of acetic anhydride on physicochemical, morphological and thermal properties of corn and potato starch [J]. Food Chemistry, 2004, 86(4): 601-608
- [11] 潘治利,张焱,艾志录,等. 马铃薯淀粉糊化和凝胶特性与马铃薯粉品质的关系[J]. 食品科学, 2017, 38(5): 197-201
- [12] WENHAO L. Effects of potassium alum addition on physicochemical, pasting, thermal and gel texture properties of potato starch[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2011, 46(8): 1621-1627
- [13] TENG L Y, CHIN N L, YUSOF Y A. Rheological and textural studies of fresh and freeze-thawed native sago starch-sugar gels. I. Optimisation using response surface methodology [J]. Food Hydrocolloids, 2011, 25(6): 1530-1537

收稿日期:2019-07-11

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