

海藻糖添加量对糯米粉理化性质影响研究

The impacts of trehalose on the characteristics of glutinous rice powders

张 喻^{1,2} 章丽琳^{1,2} 张 琼^{1,2}
ZHANG Yu^{1,2} ZHANG Li-lin^{1,2} ZHANG Qiong^{1,2}
吴双琦³ 马雪林³ 吴晓红³
WU Shuang-qi³ MA Xue-lin³ WU Xiao-hong³

(1. 湖南农业大学食品科技学院, 湖南 长沙 410128; 2. 食品科学与生物技术湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410128; 3. 湖南农业大学东方科技学院, 湖南 长沙 410128)

(1. Food Science and Technology College, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China;
2. Key Laboratory for Food science and Biotechnology of Hunan Province, Changsha, Hunan 410128, China;
3. Orient Science and Technology College, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China)

摘要:研究海藻糖添加量对糯米粉糊化特性、冻融稳定性、高温持水能力等理化性质的影响。结果表明,随海藻糖添加量的增加,糯米粉糊化温度升高,峰值黏度、谷值黏度、最终黏度先增大后减小,在添加量为 1.0% 时达到最大值,热稳定性先增强后减弱,在海藻糖添加量为 1.5% 时最强,凝胶性逐渐降低;透明度先减小后增大,最终趋于稳定,在海藻糖添加量为 1.0% 时呈最小值,且常温下粉糊的透明度大于 4℃ 下粉糊的透明度;冻融稳定性逐渐增强;沉降性逐渐减弱;高温持水能力逐渐增强,后趋于稳定。

关键词:海藻糖;糯米粉;糊化特性;冻融稳定性;高温持水能力

Abstract: The glutinous rice powders were used to study the impacts of different trehalose content on the characteristics of glutinous rice powders. The results showed that with the increase of trehalose content, the pasting temperature was not significantly impacted. The peak viscosity, valley viscosity and final viscosity increased at first then decreased and when the content was up to the maximum 1.0%. The thermal stabilities strengthened integrally and with the increased of the content, the thermal stabilities strengthened at first then attenuated. When the content was 1.5%, the thermal stabilities were the strongest. The gelling capabilities attenuated with the increased of the content. The transparency decreased at first then increased and steadied at last. The transparency was lowest when the content was

1.0% and highest when the content was 1.5%. The transparencies of powders at 25℃ were higher than that at 0℃. The freeze-thaw stability increased gradually with the increase of the content. The retrogradations weakened gradually while the high temperature water-binding capacity increased gradually with the increase of the content then steadied.

Keywords: trehalose; glutinous rice powder; pasting properties; freezing thawing stability; water reserve capacity

海藻糖是一种天然糖类,广泛存在于自然界可食用动植物及微生物体内^[1],由两个葡萄糖分子以 α 、 α -1,1糖苷键构成,自身性质非常稳定^[2],具有良好的持水性、抑制淀粉老化及保护生物活性物质等功能,在食品加工业中,除可作为天然甜味剂外,还可作为食品添加剂,以防止食品劣化、保持食品新鲜风味、提升食品品质等^[3]。目前,海藻糖在食品加工中应用较为广泛,其中在点心类食品中的应用最多。

糯米粉被广泛应用于中国传统糕点的制作中^[4]。但糯米糕点在存放及运输过程中容易出现老化、水分流失、变硬等现象,严重影响糕点的营养价值和感官品质,并缩短货架期^[5]。有研究^[6]探讨海藻糖对中式糯米糕点品质影响,发现海藻糖对中式糯米糕点的持水性、口感、硬度等有一定改善,并可在一定程度上抑制淀粉老化,延长糕点的保质期。但并未有研究深入探讨海藻糖对糯米粉的糊化特性、高温持水能力、冻融稳定性等理化性质影响。而原料的糊化特性、高温持水能力、冻融稳定性等理化性质对糯米产品的品质具有决定性影响。本研究将不同量的海藻糖添加于糯米粉中,拟探讨海藻糖添加量对糯米粉糊化特性、冻融稳定性等理化性质的影响,以为海藻糖在糯米粉制品加工中应用提供理论依

基金项目:湖南农业大学东方科技学院大学生研究性学习和创新性实验计划项目(编号:DFCXY201411)

作者简介:张喻,女,湖南农业大学教授,博士。

通讯作者:吴晓红(1994—),女,湖南农业大学在读本科生。

E-mail: 1296895111@qq.com

收稿日期:2016-03-25

据,并希望得到海藻糖在糯米粉制品中适宜添加量。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

糯米粉:泰国初兴米粉厂有限公司;
海藻糖:湖南津之源食品有限公司。

1.2 主要仪器设备

快速黏度分析仪:RVA-S/N2112681 型,北京波通瑞华科学仪器有限公司;
离心机:LXJ-IIB 型,上海安亭科学仪器厂;
保温箱:250B 型,常州华普达教学仪器有限公司;
电子天平:TP-5200B 型,湘仪天平仪器设备有限公司;
分光光度计:WFJ7200 型,上海尤尼柯仪器有限公司;
恒温水浴锅:HH-6 型,常州澳华仪器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 样品制备 称取一定量的海藻糖与糯米粉混合,制备海藻糖添加量为 0.0%,0.5%,1.0%,1.5%,2.0%,2.5%糯米粉样品。

1.3.2 糊化特性的测定 用 RVA 快速黏度仪对糯米粉的糊化特性进行测定,称取 3.00 g 左右的样品放入专用铝筒中,然后加入 25 mL 蒸馏水,放入仪器中进行测定。采用升温/降温循环糊化程序,50 ℃保持 1 min,4 min 内加热至 95 ℃并保持 5.5 min,4 min 内冷却至 50 ℃并保持 4 min,旋转浆在起始 10 s 内旋转速度为 960 r/min,后保持 160 r/min 至结束^[7]。

1.3.3 透明度的测定 称取一定量样品配制 50 mL 质量分数为 0.5%糯米粉乳,在沸水浴中不断加热搅拌 15 min,并保持糯米粉糊原体积,冷却至 25 ℃和 4 ℃,以蒸馏水为参照,在波长 650 nm 下测定糯米粉糊的透光率,并将 2 种温度下的糯米粉糊放置 24,48,72 h,分别测定透光率^[8]。

1.3.4 冻融稳定性的测定 称取 3 g 样品加水配制质量分数为 6%糯米粉乳,沸水浴中充分糊化后装入恒重(m_0)离心管中,称量离心管与糯米粉乳的总重量为 m_1 ,置于-25 ℃冰箱中冷冻 24 h,取出放置在 40 ℃水浴锅中解冻 2 h,冷却至室温,在转速为 3 000 r/min 的离心机中离心 15 min,滤去多余的水分后,称量离心管和沉淀物质量记作 m_2 ,再次将离心管放入冰箱中,放置 24 h 后进行解冻测定析水率,反复冻融 4 个循环^[9]。析水率按式(1)计算:

$$X=\frac{m_1-m_2}{m_1-m_0}\times 100\%,$$

(1)

式中:

X ——析水率,%;
 m_0 ——恒重后离心管质量,g;
 m_1 ——离心管和糯米粉总质量,g;
 m_2 ——离心后离心管和沉淀物总质量,g。

1.3.5 沉降曲线的测定 称取样品加水制备质量分数为 1%糯米粉乳,沸水浴中搅拌加热至糊化,冷却后取 100 mL 放入具塞刻度试管中,摇匀后静置,每 24 h 记录沉淀体积,共记录 4 次^[10]。

1.3.6 高温持水能力的测定 准确称取 0.10 g 样品加入恒重(m_0)离心管中,加蒸馏水定容至 10 mL,分别在 70,80,90 ℃恒温水浴锅中搅拌加热 25 min,然后在转速 3 000 r/min离心机中离心 15 min,弃去上清液,称重 m_1 ^[11]。高温持水能力按式(2)计算:

$$R=\frac{m_1-m_2}{0.1},$$

(2)

式中:

R ——高温持水能力,g/g;
 m_0 ——恒重后离心管质量,g;
 m_1 ——离心后离心管和沉淀物总质量,g。

2 结果与分析

2.1 海藻糖添加量对糯米粉糊化特性的影响

由表 1 可知,随海藻糖添加量的增大,糯米粉糊化温度逐渐增大;峰值黏度、谷值黏度及最终黏度先增加后减小,在海藻糖添加量为 1.0%时呈最大值,这可能是海藻糖能与糯米粉分子竞争性结合水,减少了糯米粉周围的水分,使得黏度增大,当海藻糖添加量继续增大,海藻糖与糯米粉分子键相互结合,形成一定结构体系,使得黏度降低;衰减值呈先减小后增大趋势,在海藻糖添加量为 1.5%时呈最小值,衰减值越小,表明颗粒膨胀过程中强度越大,越不易破裂^[12],说明海藻糖的添加能够增大糯米粉的热稳定性,添加量在 1.5%时,糯米粉的热稳定最好,可能是海藻糖能与大分子表面的水结合,使分子结构更紧密,构象更稳定,可以抵御外界极端环境^[13];回生值逐渐减少,回生值反映粉糊的老化趋势,说明海藻糖能够减弱糯米粉发生老化,可能是海藻糖溶液能够紧密地包住相邻的分子,形成一种碳水化合物玻璃体,其扩散系数很低,分子运动和分子变性非常微弱^[14]。

表 1 海藻糖添加量对糯米粉糊化特性的影响[†]

Table 1 Effect of addition of trehalose on pasting properties of glutinous rice powder

海藻糖添加量/%	糊化温度/℃	峰值黏度/cP	最低黏度/cP	最终黏度/cP	衰减值/cP	回生值/cP
0.0	80.00±1.68 ^a	371.33±24.58 ^d	215.67±12.66 ^a	365.33±16.65 ^a	155.67±11.93 ^f	149.67±4.04 ^e
0.5	80.02±0.52 ^a	390.00±53.03 ^b	264.00±21.63 ^c	389.00±18.25 ^c	126.00±32.19 ^e	125.00±13.75 ^d
1.0	80.07±0.53 ^b	397.67±96.02 ^a	280.33±95.06 ^e	402.00±37.03 ^d	117.34±14.29 ^d	121.67±66.76 ^c
1.5	80.15±0.03 ^c	372.33±12.66 ^c	276.00±6.56 ^d	389.00±22.52 ^c	96.33±6.11 ^a	113.00±27.18 ^b
2.0	80.20±0.48 ^d	369.33±10.21 ^f	259.67±8.14 ^b	370.00±7.21 ^b	109.67±3.21 ^b	110.33±3.21 ^a
2.5	80.35±0.44 ^e	368.33±14.50 ^e	257.00±23.64 ^b	366.33±90.58 ^a	111.33±11.24 ^c	109.33±74.90 ^a

[†] 小写字母代表同一列数据的显著性差异(P<0.05)。

2.2 海藻糖添加量对糯米粉糊透明度的影响

透明度反映颗粒在水中的分散程度,透明度越大,说明分散程度越大,分散越均匀^[15]。由表 2 可知,随海藻糖添加量的增加,糯米粉糊的透明度先降低后增加,最终趋于稳定,可能是少量的海藻糖与糯米粉竞争性吸水,导致糯米粉颗粒分散程度降低,当海藻糖添加量增加,海藻糖能够与相邻分子形成氢键,代替空间结构所必须的水分子^[16],使糯米粉的分散程度增大,透明度增加;且随放置时间的增大,糯米粉的透明度呈微弱增大趋势,可能是放置时间越长,糯米粉的分散程度越好;常温条件下糯米粉糊的透明度大于 4 ℃ 条件下糯米粉糊透明度,温度较高,淀粉分散速度较快,且 4 ℃ 条件下,淀粉易发生老化,影响透明度。

表 2 海藻糖添加量对糯米粉透明度的影响[†]
Table 2 Effect of addition of trehalose on transparency of glutinous rice powder

海藻糖添 加量/%	0 h		24 h		48 h		72 h	
	4 ℃	25 ℃	4 ℃	25 ℃	4 ℃	25 ℃	4 ℃	25 ℃
0.0	0.629 ^b	0.699 ^e	0.696 ^e	0.758 ^b	0.724 ^e	0.843 ^c	0.742 ^e	0.898 ^c
0.5	0.615 ^b	0.668 ^d	0.637 ^c	0.745 ^b	0.663 ^d	0.822 ^b	0.692 ^d	0.867 ^b
1.0	0.548 ^a	0.607 ^{ab}	0.580 ^a	0.629 ^a	0.611 ^a	0.702 ^a	0.629 ^a	0.671 ^a
1.5	0.665 ^d	0.612 ^c	0.649 ^d	0.927 ^d	0.657 ^c	0.944 ^f	0.679 ^c	0.952 ^f
2.0	0.650 ^c	0.611 ^{bc}	0.630 ^b	0.922 ^d	0.640 ^b	0.932 ^e	0.670 ^b	0.939 ^e
2.5	0.654 ^{cd}	0.588 ^a	0.632 ^{bc}	0.907 ^c	0.636 ^b	0.912 ^d	0.672 ^b	0.915 ^d

† 小写字母代表同一列数据的显著性差异(P<0.05)。

2.3 海藻糖添加量对糯米粉糊冻融稳定性影响

冻融稳定性是淀粉的重要特性之一,常用淀粉糊析水率的大小来衡量,析水率越小,冻融稳定性越好。由图 1 可知,随海藻糖添加量的增大,糯米粉糊的冻融析水率逐渐降低,说明海藻糖能够增大糯米粉的冻融稳定性,这可能是海藻糖有良好的持水性且能够与淀粉分子表面的水结合,使分子间结合更加紧密,抑制其失水^[17];随着冻融次数的增加,糯米粉糊的冻融析水率增大,可能是反复冻融会加速淀粉老化,增大析水量^[18]。

2.4 海藻糖添加量对糯米粉糊沉降性能影响

由图 4 可知,随时间延长,糯米粉糊的沉降体积变化幅

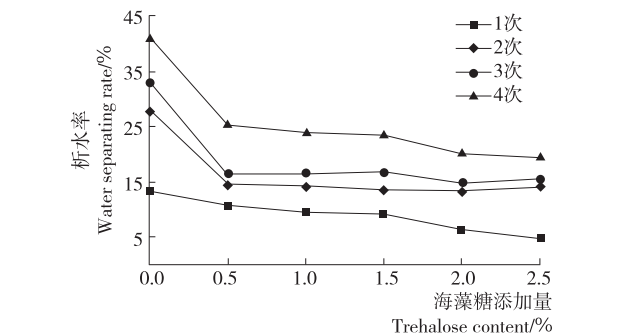


图 1 海藻糖添加量对糯米粉糊冻融稳定性的影响
Figure 1 Influences of trehalose content on the freeze-thaw stabilization of glutinous rice powder

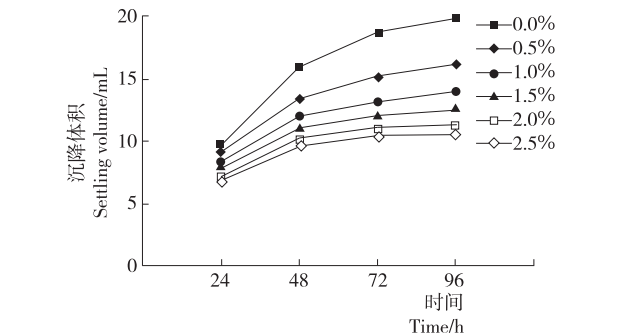


图 2 海藻糖添加量对糯米粉沉降性的影响
Figure 2 Influences of trehalose content on the settle-ability of glutinous rice powder

度减小;随海藻糖添加量的增加,相同时间下,糯米粉糊的沉降体积减小;且海藻糖添加量越大,糯米粉糊沉降曲线越快趋于平缓。说明添加海藻糖能够抑制糯米粉糊发生沉降,且添加量越大,抑制效果越好,原因可能是海藻糖能够存在于糯米粉分子间,阻碍了分子间接触,分子不易凝聚,从而抑制了沉降。

2.5 海藻糖添加量对糯米粉高温持水能力影响

淀粉的持水能力与淀粉颗粒的大小、结构的紧密程度等条件有关,一定的持水量对产品的品质至关重要,所以研究糯米粉的高温持水能力具有很重要的意义。由图 3 可知,随海藻糖添加量的增加,糯米粉高温持水能力逐渐提高,在海藻糖添加量为 1.5% 达到最大值,之后趋于稳定;且随温度的升高,糯米粉持水能力逐渐增大。说明添加海藻糖能够提高糯米粉的高温持水能力,使其具有较好的保水性,原因可能是海藻糖具有良好的持水性且能与糯米分子间形成致密结构,增大了持水力。

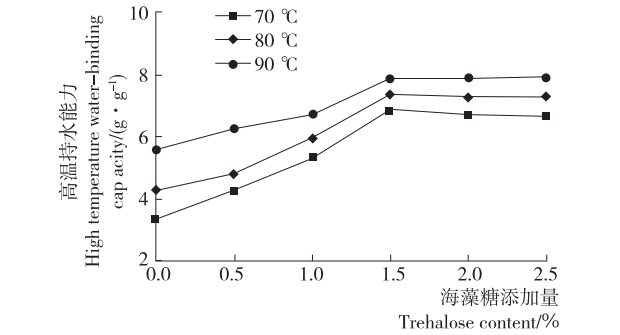


图 3 海藻糖添加量对糯米粉高温持水能力的影响
Figure 3 Influences of trehalose content on high temperature water-binding capacity of glutinous rice powder

3 结论

研究表明,随海藻糖添加量的增加,糯米粉的糊化温度逐渐增大,凝胶性逐渐减弱,糊化黏度先增强后减弱,当添加量为 1.0% 时,糊化黏度最大,热稳性先增强后减弱,在添加量为 1.5% 时最强。随海藻糖添加量的增加,糯米粉的透明度、高温持水能力逐渐增强后趋于稳定,冻融稳定性逐渐增强,沉降性逐渐降低后趋于稳定。

(下转第 43 页)

[12] YAN Hui, LU Dao-li, CHEN Bin, et al. Development of a hand-held near infrared system based on an Android OS and MicroNIR, and its application in measuring soluble solids content in Fuji apples[J]. NIR news, 2014, 25(4): 16.

[13] ZOU Xiao-bo, ZHAO Jie-wen, POVEY M J W, et al. Variables selection methods in near-infrared spectroscopy[J]. Analytica Chimica Acta, 2010, 667(1/2): 14-32.

[14] 褚小立, 袁洪福, 陆婉珍. 近红外分析中光谱预处理及波长选择方法进展与应用[J]. 化学进展, 2004, 16(4): 528-542.

[15] LI Hong-dong, XU Qing-song, LIANG Yi-zeng. Random frog: an efficient reversible jump Markov Chain Monte Carlo-like approach for variable selection with applications to gene selection and disease classification[J]. Anal Chim Acta, 2012(740): 20-26.

[16] KASEMSUMRAN S, DU Yi-ping, LI Bo-yan, et al. Moving window cross validation: a new cross validation method for the selection of a rational number of components in a partial least squares calibration model[J]. Analyst, 2006, 131(4): 529-537.

[17] KOSHOUBU J, IWATA T, MINAMI S. Elimination of the uninformative calibration sample subset in the modified UVE (Uninformative Variable Elimination)-PLS (Partial Least Squares) method[J]. Anal Sci., 2001, 17(2): 319-22.

[18] JIANG Hui, LIU Guo-hai, MEI Cong-li, et al. Measurement of process variables in solid-state fermentation of wheat straw using FT-NIR spectroscopy and synergy interval PLS algorithm [J]. Spectrochimica Acta Part a-Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 2012(97): 277-283.

[19] LI Jiang-bo, GUO Zhi-ming, HUANG Wen-qiang, et al. Near-infrared spectra combining with CARS and SPA algorithms to screen the variables and samples for quantitatively determining the soluble solids content in strawberry[J]. Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi, 2015, 35(2): 372-8.

[20] CAO Nan-ning, WANG Jia-hua, LI Peng-feng, et al. Study on Variable Selection of NIR Spectral Information Based on GA and SCMWPLS[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2010, 30(4): 915-919.

[21] 丁光辉. PLS 和 GA 应用于部分有机污染物的 QSAR 研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2006: 97-99.

[22] 吴迪, 吴洪喜, 蔡景波, 等. 基于无信息变量消除法和连续投影算法的可见-近红外光谱技术白虾中分类方法研究[J]. 红外与毫米波学报, 2009, 28(6): 423-427.

[23] 陈立旦, 赵艳茹. 可见-近红外光谱联合随机蛙跳算法检测生物柴油含水量[J]. 农业工程学报, 2014(8): 168-173.

[24] 唐建平. 近红外光谱在水果品质检测中的应用[J]. 北京农业, 2014(24): 232-232.

[25] YAN Hui, HAN Bang-xing, WU Qiong-ying, et al. Rapid detection of Rosa laevigata polysaccharide content by near-infrared spectroscopy [J]. Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc, 2011, 79(1): 179-84.

[26] 丁姣, 蔡建荣, 张海东, 等. 近红外结合 Si-ELM 检测食醋品质指标[J]. 食品与机械, 2012, 28(1): 93-96.

[27] 安泉鑫, 陈莉, 庞林江, 等. 近红外光谱技术在食品中的应用进展[J]. 食品与机械, 2012, 28(5): 239-242.

(上接第 30 页)

说明海藻糖的添加能够改善糯米粉的性质,使其具有较高糊化温度、糊化黏度、热稳定性、高温持水能力、透明度、冻融稳定性,且降低其沉降性,糯米粉性质的改善能够增大糯米粉的加工利用范围且对糯米粉制品的品质具有改善作用。但该研究表明海藻糖的添加量应控制在 1.0%~1.5%。相比于仅仅研究海藻糖的添加对糯米粉制品品质影响,该研究能够为海藻糖在糯米粉制品中的应用提供具体的理论依据。除该研究所涉及的糯米粉的理化性质,海藻糖的添加量对糯米粉其他理化性质的影响可进一步研究。

参考文献

[1] 程池. 海藻糖的特性和应用[J]. 食品与发酵工业, 1996(1): 59-64.

[2] 蒙健宗, 赵文. 海藻糖的性质及其在新型食品开发中的应用[J]. 食品科学, 2005, 26(6): 281-283.

[3] 彭亚锋, 周耀斌, 李勤, 等. 海藻糖的特性及其应用[J]. 中国食品添加剂, 2009(1): 65-69.

[4] 姚艾东. 冷冻糯米团糕品质的研究[J]. 食品与发酵工业, 2001, 27(9): 66-70.

[5] 袁博, 黄卫宁, 邹奇波. 添加剂及储藏温度对糯性粉团抗老化的研究[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(2): 49-54.

[6] 麦锋, 陆晓霞, 汪振炯. 海藻糖对中式糯米糕团品质影响研究[J]. 粮食与饲料工业, 2014(3): 22-25.

[7] 廖卢艳, 吴卫国. 不同淀粉糊化及凝胶特性与粉条品质的关系[J]. 农业工程学报, 2014, 30(15): 332-338.

[8] 傅茂润, 赵双, 曲清莉, 等. 超微粉碎对红米理化性质和加工特性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(4): 96-100.

[9] 林驾缘, 曾绍校, 张怡, 等. 瓜尔豆胶对莲子淀粉糊特性影响的研究[J]. 中国食品学报, 2011, 11(4): 87-90.

[10] 王颖, 晁桂梅, 杨秋歌, 等. 添加剂对糜子淀粉糊性质的影响[J]. 中国粮油学报, 2012, 27(11): 24-29.

[11] 祁国栋, 张炳文, 王运广, 等. 超微细粉碎技术对糯玉米粉加工特性影响的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(9): 146-149.

[12] 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.

[13] TIMASHEFF S N. The control of protein stability and association by weak interactions with water: how do solvents affect these processes? [J]. Annual review of biophysics and biomolecular structure, 1993, 22(435): 67-74.

[14] GREEN J L. Phase relations and vitrification in saccharide-water solutions and the trehalose anomaly[J]. Physical Chemistry, 1989, 93(169): 2 880-2 882.

[15] 荣建化, 史俊丽, 张正茂, 等. 超微细化大米淀粉流变特性的研究[J]. 中国粮油学报, 2007, 22(3): 73-76.

[16] CROWE J H, CROWE L H, CHAPMAN D. Preservation of membranes in anhydrobiotic organisms: the role of trehalose [J]. Science, 1984, 223(4 637): 701-703.

[17] 阎立梅, 刘晓辉, 王致禄. 聚酯酸乙酯乳液冻融稳定改性的机理[J]. 应用化学, 2001, 18(2): 120-124.

[18] MUADKLAY J, CHAROENREIN S. Effects of hydro-colloids and freezing rates on freeze-thaw stability of tapioca starch gels [J]. Food Hydro-colloids, 2008, 22(7): 1 268-1 272.