

变性淀粉对非发酵面团冻融品质的影响

杨震¹, 叶晓枫¹, 韩永斌^{1,*}, 鲁金², 李洋², 莫斌²

(1.南京农业大学 农业部畜产品加工与质量控制重点开放实验室, 江苏 南京 210095;

2.扬州名佳食品有限公司, 江苏 宝应 225800)

摘要: 为了探究变性淀粉对非发酵面团冻融品质的影响, 本研究比较了在添加马铃薯羟丙基二淀粉磷酸酯、木薯醋酸酯淀粉、木薯羟丙基淀粉与马铃薯醋酸酯淀粉后非发酵面团冻融品质的变化。结果表明: 变性淀粉未能有效控制冻融面团的失水率, 但冻融面团深层结合水相对含量均有所增加, 凝胶能力下降, 且不受变性淀粉添加量与种类的影响。冻融面团剪切力均随着变性淀粉添加量增加呈现“下降-上升”的趋势, 且均低于对照组。变性淀粉添加量较少时基本能较好地改善熟面坯的质构特性, 高添加量反而不利于熟面坯的质构特性。添加木薯醋酸酯淀粉不利于面团流变性的改善, 而其余3种变性淀粉在添加量较低(<5%)时, 有利于改善面团的流变特性。因此, 变性淀粉在添加量较少时对非发酵面团冻融品质有一定的改良作用。

关键词: 变性淀粉; 冻融非发酵面团; 品质改良

Effect of Modified Starch on the Quality of Frozen-Thawed Non-fermented Dough

YANG Zhen¹, YE Xiaofeng¹, HAN Yongbin^{1,*}, LU Jin², LI Yang², MO Bin²

(1. Key Laboratory of Agricultural and Animal Products Processing and Quality Control, Ministry of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. Yangzhou Mingjia Food Limited Company, Baoying 225800, China)

Abstract: This study compared the effects of adding different modified starches, i.e., potato hydroxy propyl distarch phosphate (HPDSP), tapioca acetate starch (TAS), hydroxy propyl starch (HPS) and potato acetate starch (PAS) on the quality of non-fermented dough after freeze-thaw treatment. Results showed that the modified starches did not effectively control water loss of frozen-thawed dough, but could lead to an increase in the relative content of deep-bound water and a reduction in gelation capacity irrespective of the type or amount of modified starch. Firmness showed an initially downward and then upward trend with increasing addition of modified starch, reaching maximum value lower than that of the control group. The modified starches at low concentrations improved the textural properties of cooked sheets but had an adverse effect at high concentration. The addition of TAS was not conducive to improving rheological properties of dough, while three other kinds of modified starch at a low concentration (less than 5%) remarkably improved rheological properties of dough. Therefore, the modified starches at low concentrations are effective for improving the quality of frozen and thawed dough.

Key words: modified starch; frozen-thawed non-fermented dough; quality improvement

中图分类号: TS201.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2015)19-0101-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201519018

大多数变性淀粉具有糊化后透明度高、黏度低、糊化温度低、产品的持水性与剪切力提高、产品析水率减少等优点, 变性淀粉糊化还可使面制品具有良好的抗冻融性^[1-4]。目前, 变性淀粉在冷冻面制品中的应用主要集中在发酵类面制品上, 尤其是冷冻面团上, 与此相关的研究也不少。研究还指出, 不同原料制备的变性淀粉对冷冻面制品品质的影响各异, 如向面团中添加适量醋酸酯淀粉与羟丙基淀粉可有效减缓冷冻面团淀粉老化^[3]; 一定量的马

铃薯羟丙基二淀粉磷酸酯、木薯羟丙基淀粉和木薯醋酸酯淀粉可显著降低冷冻面团冰晶融化范围^[5]; 适量的羟丙基蜡质玉米淀粉可减少面制品冻裂率, 改善其透明度、光泽与色泽^[4]; 添加木薯预糊化羟丙基淀粉可稳定冷冻食品内部结构, 改善冷冻面条色泽与质构品质^[6,7]。

目前, 变性淀粉在速冻水饺、面条等非发酵面制品中的应用也比较多^[4,6,8-10], 而关于变性淀粉对非发酵面制品在冻融条件下品质影响的研究相对有限。因此, 基于

收稿日期: 2014-12-19

基金项目: 江苏省农业支撑资助项目(BE2014366)

作者简介: 杨震(1991—), 男, 硕士研究生, 研究方向为食品科学与工程。E-mail: 2014108025@njau.cn

*通信作者: 韩永斌(1963—), 男, 教授, 博士, 研究方向为农产品加工与综合利用。E-mail: hanyongbin@njau.edu.cn

酶制剂的研究思路, 本实验通过研究4种变性淀粉对冻融面团品质的作用机制及分析作用的差异性, 从而为变性淀粉在冻融面团中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

面粉为特制一等粉(含水量13.1%, 湿面筋含量33.1%), 由南京海佳面粉有限公司提供。马铃薯羟丙基二淀粉磷酸酯(hydroxypropyl distarch phosphate, HPDSP, 水分含量为9.51%)、木薯醋酸酯淀粉(tapioca acetate starch, TAS, 水分含量为10.03%)、木薯羟丙基淀粉(hydroxypropyl starch, HPS, 水分含量为9.40%)、马铃薯醋酸酯淀粉(potato acetate starch, PAS, 水分含量为9.28%)均为食品级淀粉, 由杭州普罗星变性淀粉有限公司提供。

1.2 仪器与设备

TSK-9416和面仪 厦门灿坤实业股份有限公司; BCD-226UN冰箱 青岛海信集团有限公司; DZM-180型电动压片机 浙江永康海鸥电器有限公司; 物性测定仪 英国Stable Micro Systems公司; MCR 301流变仪 奥地利Anton Paar公司; MicroMR型核磁共振成像分析仪 美国Niumag公司; JA2003型电子天平 上海精密科学仪器有限公司; DHG-9030A型电热恒温鼓风干燥箱 上海一恒科技有限公司。

1.3 方法

1.3.1 冻融面团样品制备

参考已有文献[11-12], 分别向面粉中添加质量分数为2%、5%、10%、15%的变性淀粉, 混匀, 再将面粉与水按20:9(*m/V*)混合, 和面15 min, 将和好的面团用保鲜膜包裹, 常温条件下稳定1 h, 于液氮中速冻10 min。取出处理样品, 于30℃恒温箱中解冻40 min, 解冻好后放入-18℃冰箱中冷藏1 d, 再于30℃恒温箱中解冻2 h, 依次重复4次, 得到经历4次冻融循环的样品面团, 待测。

1.3.2 变性淀粉持水率测定^[13]

将0.5 g变性淀粉(干基)置于10 mL离心管, 称质量 m_1 , 加入7 mL蒸馏水, 混匀, 室温条件下放置1 h, 然后5000 r/min离心20 min, 弃去上清液, 将离心管口朝下呈45°放置10 min, 称质量 m_2 , 按下式计算变性淀粉的持水率。

$$\text{持水率}/(\text{g/g}) = \frac{m_2 - m_1}{m_0} \quad (1)$$

式中: m_0 为样品干质量/g; m_1 为离心管和干样品质量/g; m_2 为离心管和沉淀质量/g。

1.3.3 胶稠度测定^[14]

将冻融面团经冻干后磨粉, 过100目筛, 称取含水

量为12%的处理粉100 mg于13 mm×200 mm试管中, 加入0.2 mL质量分数0.025%的麝香草酚蓝染色剂(125 mg麝香草酚蓝溶于500 mL 95%乙醇溶液中), 用振荡器使样品充分混合, 再加入2.0 mL 0.2 mol/L KOH溶液, 混匀, 投入玻璃珠后, 立即置于沸水中。8 min后取出试管, 室温静置5 min, 再于冰水浴中冷却20 min。把试管平放在贴有坐标纸的玻璃板上, 在25℃恒温条件下, 静置1 h后测量试管底部至胶体前沿的胶总长度, 即为样品的胶稠度。

1.3.4 失水率测定

用分析天平分别称量面团冻融前后的质量, 每组4次平行, 按照下式计算面团失水率。

$$\text{失水率}/\% = \frac{\text{面团冻融前质量/g} - \text{面团冻融后质量/g}}{\text{面团冻融前质量/g}} \times 100 \quad (2)$$

1.3.5 水分分布与迁移情况测定

利用低场核磁共振技术测定样品横向弛豫时间(T_2)与水分分布及迁移情况。参考叶晓枫等^[13]的方法, 准确称取0.6 g形状厚度保持一致的面团样品(长×宽×高约为6 mm×6 mm×3 mm)置于直径为8 mm核磁管中, 置于永久磁场中心位置的射频线圈中心, 进行CPMG(carr-purcell-meiboom-gill)脉冲序列检测。CPMG序列采用的参数: 采样频率为100 kHz, 重复采样次数为64, 半回波时间为120 μs, 重复时间为1 000 ms, 回波数为1 000, 采样点数为100、130, 弛豫衰减时间 T_0 为1 500 ms。利用T2_FitFrm软件调用CPMG序列反演得到各样品的波谱图和 T_2 值。

1.3.6 力学性质测定

参考叶晓枫等^[15]的方法测定生面皮的强韧性与剪切力。参数设定如下: 测前速率: 2.00 mm/s, 测时速率: 1.5 mm/s, 测后速率: 2.00 mm/s, 触发力: 20.0 g, 压缩率: 75%, 测试间隔时间: 3 s, 触发力类型: 自动。

参考叶晓枫等^[15]的方法测定熟面坯的硬度、黏性、弹性、内聚性、咀嚼性和回复性。质地剖面分析(texture profile analyse, TPA)参数设定: 探头为P/50, 测前速率为1.00 mm/s, 测时速率为0.8 mm/s, 测后速率为1.00 mm/s, 距离为5 mm, 触发力大小为5.0 g, 压缩率为70%, 测试间隔时间为3 s, 触发力类型: 自动。

1.3.7 流变学性质测定^[15]

将解冻处理的面团用压面机压成2 mm的厚度, 用直径为80 mm的不锈钢圆形模具在其上切割出圆形面坯, 利用动态流变仪测定弹性模量(G')与黏性模量(G'')。将样品于直径为50 mm的平板上, 静置5 min, 以使残留的压力松弛, 多余部分刮掉, 然后立刻将涂有矿物油的盖子盖上, 以防止水分蒸发。频率扫描测定条件: 平行板间距为1.8 mm; 温度为25℃; 频率扫描范围为0.1~40 Hz。

1.4 数据统计与分析

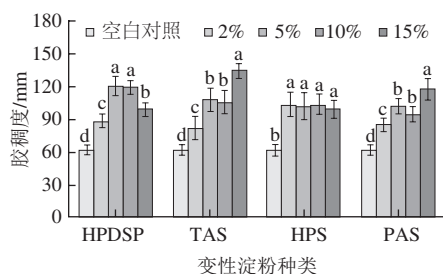
数据以 $\bar{x} \pm s$ 形式表示, 采用Excel和SPSS 16.0统计软件对实验数据进行统计分析与图形处理, 显著性检验分别在 $\alpha=0.05$ 和 $\alpha=0.01$ 水平上进行。

2 结果与分析

2.1 变性淀粉持水率

实验发现, 4种变性淀粉在常温下持水性略有差异, 与它们淀粉链之间形成的氢键和共价键的程度有关^[16], 其持水性分别为: HPDSP (1.01 g/g) < TAS (1.08 g/g) < HPS (1.16 g/g) < PAS (1.39 g/g)。

2.2 变性淀粉对冻融非发酵面团胶稠度的影响



小写字母不同表示添加相同种类变性淀粉时, 组内间比较, 差异显著 ($P < 0.05$)。下同。

图1 变性淀粉对冻融非发酵面团胶稠度的影响

Fig.1 Effect of modified starch on gel consistency of frozen-thawed dough samples

胶稠度可反映淀粉凝胶形成能力。在一定范围内, 胶稠度越小, 样品凝胶形成能力越强^[14,17-18]。由图1可知, 添加各种变性淀粉后, 均使得样品面团的胶稠度显著升高, 说明添加变性淀粉后, 冻融后面团的凝胶能力反而均显著减弱 ($P < 0.05$), 可能由于冻融循环削弱或破坏了变性淀粉与面粉组分间连接的氢键, 使其更易与水分子的一OH通过氢键结合, 从而弱化其凝胶能力。

2.3 变性淀粉对冻融非发酵面团失水率的影响

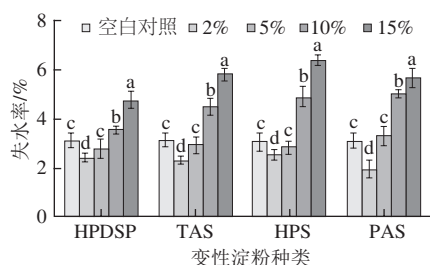


图2 变性淀粉对冻融非发酵面团失水率的影响

Fig.2 Effect of modified starch on water loss rate of frozen-thawed dough samples

由图2可知, 变性淀粉种类对面团持水性的影响虽有差异, 但随着各种变性淀粉添加量的增加, 面团的失水率总体呈上升趋势。当变性淀粉添加量为2%时, 冻融非

发酵面团失水率降至最低 ($P < 0.05$), 这可能是变性淀粉不同取代基团的接入而赋予了面团良好的亲水性, 不同程度地缓解部分面筋蛋白未吸水或吸水不足的现象, 或促进淀粉分子相互交联, 有利于网络结构的形成, 改善了蛋白质与淀粉间的结合度^[11,19], 从而在一定程度上降低失水率。适量的PAS在冷冻状态下呈凝胶状^[20], 保水能力有所增强而缓解水分流失。面团的失水率越高, 说明持水能力越低^[21]; 当变性淀粉添加量为10%或高于10%时, 面团的失水率均显著高于空白对照组, 可能是由于变性淀粉的添加使得面粉中蛋白质被稀释所致^[11], 导致面筋的形成受到抑制且筋力弱化, 反而促进了水分流失。因此, 若考虑降低冻融面团的失水率, 4种变性淀粉的添加量均不宜选择10%及以上。

2.4 变性淀粉对冻融非发酵面团水分分布的影响

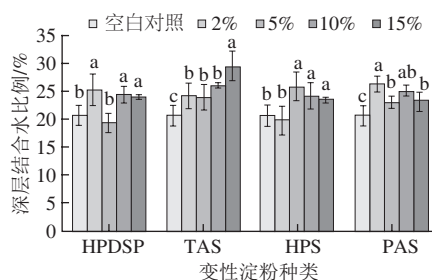


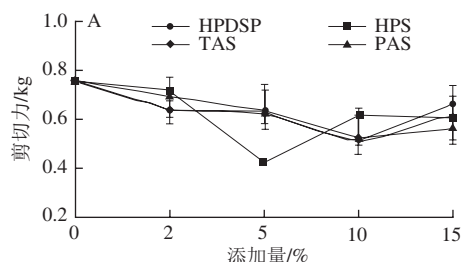
图3 变性淀粉对冻融非发酵面团深层结合水所占比例的影响

Fig.3 Effect of modified starch on relative content of deep-bound water in frozen-thawed dough

利用低场核磁共振技术并运用自由感应衰减 (free induction decay, FID) 信号和CPMG序列可获得冻融处理后非发酵面团的弛豫时间 T_2 反演谱, 本实验获得4种变性淀粉的 $T_{2(1)}$ 与 $T_{2(2)}$ 基本分布在1.75~2.01 ms与9.33~10.72 ms附近, 说明变性淀粉的添加对面团水分自由度影响并不显著。由图3可知, 各处理组面团的深层结合水比例整体均有所上升, 可能是由于变性淀粉的亲水基团与 H_2O 通过氢键相连^[22]或吸水膨胀后具有一定黏着力, 促进与面筋蛋白、淀粉等结合^[17], 使更多质子的迁移受到不同程度的限制, 从而在一定程度上促进深层结合水相对含量的增加, 有利于减少冰晶的形成量^[5]而减弱冰晶的机械破坏作用。

2.5 变性淀粉对冻融非发酵面团力学特性的影响

2.5.1 变性淀粉对冻融生面坯剪切力与强韧性的影响



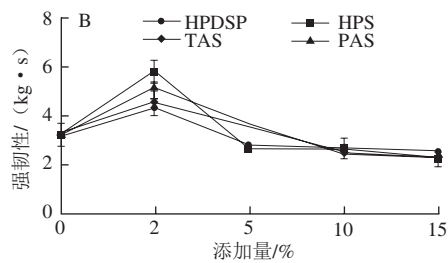


图4 变性淀粉对冻融非发酵面团剪切力与强韧性的影响

Fig.4 Effect of modified starch on firmness and toughness of frozen-thawed dough samples

由图4可知, 变性淀粉对冻融生面团的剪切力与强韧性影响存在一定的规律: 生面团的剪切力均随着变性淀粉添加量的增加呈现“下降-上升”趋势, 且均低于空白对照组, 其中添加5% PAS时生面团的剪切力大幅下降, 其余组则均在变性淀粉添加量为10%时有所回升; 生面团的强韧性则呈现“上升-下降”趋势, 且均在变性淀粉添加量为2%时, 生面团的强韧性达到最大值。此外, 与空白对照组相比, 添加5% PAS与5% TAS的生面团强韧性值无显著变化, 但两者显著高于添加相同量HPS与HPDSP生面团的强韧性, 这是因为醋酸酯淀粉等更易吸水溶胀, 形成较大的交联网络, 为其与面团中淀粉、蛋白质等物质互相贯穿提供可能, 从而形成高聚物网络^[23], 可减少冰晶形成, 从而达到改善冻融面团强度的效果。因此, 考虑变性淀粉对冻融生面团剪切力与强韧性的改良效果, PAS与TAS的添加量低于5%较适宜, HPS与HPDSP的添加量在2%~5%效果更佳。

2.5.2 变性淀粉对冻融非发酵熟面坯质构特性的影响

表1 变性淀粉对冻融非发酵熟面坯质构特性的影响

Table 1 Effect of modified starch on textural properties of cooked sheets from frozen-thawed dough samples

变性淀粉	添加量/%	硬度/kg	黏性/(g · s)	弹性	内聚性	咀嚼性/(10 ³ g)	回复性
HPDSP	0	24.98±3.10 ^a	5 878.95±370.20 ^a	0.69±0.12 ^c	0.83±0.03 ^{ab}	18.57±5.01 ^b	0.62±0.05 ^c
	2	20.78±1.45 ^c	4 508.03±301.85 ^b	0.75±0.02 ^{bc}	0.83±0.04 ^{ab}	17.23±5.74 ^b	0.62±0.05 ^c
	5	36.25±1.51 ^b	4 034.83±906.85 ^b	0.90±0.05 ^a	0.86±0.05 ^a	23.85±5.77 ^a	0.82±0.03 ^a
	10	41.55±1.69 ^a	4 594.55±171.94 ^a	0.82±0.05 ^{ab}	0.81±0.02 ^b	25.72±4.42 ^a	0.72±0.01 ^b
	15	31.28±3.56 ^c	5 300.03±111.89 ^a	0.77±0.04 ^{bc}	0.71±0.03 ^c	15.30±0.02 ^b	0.47±0.02 ^d
TAS	0	24.98±3.10 ^a	5 878.95±370.20 ^a	0.69±0.12 ^b	0.83±0.03 ^a	18.57±5.01 ^b	0.62±0.05 ^c
	2	27.71±0.58 ^c	5 760.89±169.78 ^b	0.78±0.07 ^{ab}	0.80±0.03 ^a	17.23±1.10 ^b	0.60±0.03 ^c
	5	35.10±1.21 ^b	3 802.25±260.43 ^d	0.86±0.07 ^a	0.83±0.02 ^a	23.85±3.25 ^a	0.69±0.03 ^b
	10	42.90±4.88 ^a	4 533.61±159.30 ^a	0.77±0.04 ^{bc}	0.84±0.02 ^a	25.72±3.36 ^a	0.76±0.02 ^a
	15	27.97±1.22 ^c	6 550.22±489.66 ^a	0.76±0.04 ^{bc}	0.72±0.04 ^b	15.30±0.04 ^b	0.44±0.05 ^d
HPS	0	24.98±3.10 ^a	5 878.95±370.20 ^a	0.69±0.12 ^b	0.83±0.03 ^a	18.57±5.01 ^b	0.62±0.05 ^c
	2	40.76±4.34 ^a	4 953.14±904.85 ^b	0.78±0.06 ^{ab}	0.77±0.01 ^c	23.54±4.51 ^a	0.63±0.03 ^a
	5	16.31±1.55 ^d	4 154.57±226.62 ^c	0.70±0.04 ^a	0.88±0.03 ^a	9.32±1.23 ^c	0.67±0.04 ^d
	10	39.61±5.00 ^a	6 105.11±622.54 ^a	0.71±0.01 ^a	0.73±0.04 ^c	20.41±2.55 ^{ab}	0.54±0.07 ^b
	15	32.27±2.40 ^b	6 398.42±195.41 ^a	0.76±0.05 ^a	0.74±0.06 ^c	18.30±0.02 ^b	0.51±0.02 ^b
PAS	0	24.98±3.10 ^a	5 878.95±370.20 ^a	0.69±0.12 ^b	0.83±0.03 ^a	18.57±5.01 ^b	0.62±0.05 ^c
	2	29.08±2.99 ^b	5 281.46±236.56 ^b	0.80±0.08 ^{ab}	0.83±0.04 ^a	19.31±3.38 ^{bc}	0.62±0.04 ^b
	5	24.06±0.52 ^d	4 561.66±341.59 ^d	0.77±0.03 ^{ab}	0.79±0.05 ^c	26.32±5.65 ^a	0.69±0.06 ^d
	10	38.37±2.07 ^b	5 735.74±286.07 ^a	0.83±0.09 ^a	0.78±0.05 ^c	24.93±5.00 ^{ab}	0.59±0.03 ^b
	15	42.68±1.89 ^a	6 385.12±72.49 ^a	0.71±0.04 ^{bc}	0.70±0.02 ^c	12.22±0.02 ^c	0.36±0.02 ^e

注: 同列小写字母不同表示同种淀粉间比较, 差异显著($P < 0.05$)。下同。

由表1可知, 与空白对照组(变性淀粉添加量为0%)相比, 当添加2% HPDSP时, 熟面坯的硬度与黏性显著下降($P < 0.05$), 弹性也有所上升, 对熟面坯的质构特性有一定改善作用; 当添加2% TAS时, 熟面坯的各项TPA指标无显著变化, 对熟面坯质构特性改善效果不显著; 而当添加2% PAS时, 除咀嚼性与回复性外, 熟面坯的其余TPA参数均向有利方向变化, Yadav等^[24]也指出PAS对面团质构特性的作用优于TAS; 而当添加5% HPS时, 熟面坯的各项TPA指标改良效果显著。

添加变性淀粉后, 熟面坯的各项TPA指标均有所变化, 且不同变性淀粉间又有所差异, 可能是由于在加热过程中变性淀粉均糊化膨胀, 贯穿在面筋网络中, 使网络更细密^[24], 在一定程度上改善了熟面坯的质构特性, 但当变性淀粉添加量较高时, 面团网络结构反而会受到冻融过程中冰晶生长与重结晶的破坏^[12]; 或因各变性淀粉对冻融过程中引起的水分再分布影响有所差异, 而水分再分布对淀粉回生的影响至关重要^[25-26], 因此导致熟面坯的黏弹性与硬度变化不尽相同。变性淀粉添加量较少时基本能较好地改善熟面坯的质构特性, 高添加量反而不利于熟面坯的质构特性。

2.6 变性淀粉对冻融非发酵面团流变学特性的影响

表2 变性淀粉对冻融非发酵面团弹性模量、黏性模量与损耗角的影响 (1 Hz, 25 °C)

Table 2 Effect of modified starch on G' , G'' and $\tan \delta$ of frozen-thawed dough (at 1 Hz, 25 °C)

变性淀粉	添加量/%	G' /Pa	G'' /Pa	$\tan \delta$
HPDSP	0	11 547.50±1 866.64 ^c	5 882.50±633.74 ^{bc}	0.51±0.06 ^a
	2	13 596.00±290.22 ^{bc}	5 126.00±759.00 ^{cd}	0.38±0.06 ^b
	5	14 020.00±235.16 ^b	4 446.67±616.47 ^d	0.32±0.05 ^b
	10	17 150.00±636.40 ^a	6 635.00±445.48 ^{ab}	0.39±0.01 ^b
	15	12 950.00±1 202.08 ^{bc}	7 630.00±622.25 ^a	0.59±0.01 ^a
TAS	0	11 547.50±1 866.64 ^b	5 882.50±633.74 ^c	0.51±0.06 ^{bc}
	2	17 066.67±251.67 ^a	8 456.67±245.42 ^a	0.50±0.01 ^c
	5	15 100.00±435.89 ^a	8 236.67±223.01 ^a	0.55±0.00 ^{ab}
	10	11 950.00±912.41 ^b	6 806.67±365.29 ^b	0.57±0.02 ^a
	15	12 333.33±1 201.39 ^b	6 596.67±425.01 ^{bc}	0.54±0.02 ^{abc}
HPS	0	11 547.50±1 866.64 ^c	5 882.50±633.74 ^c	0.51±0.06 ^a
	2	19 133.33±513.16 ^a	5 313.33±185.83 ^{cd}	0.28±0.01 ^c
	5	13 800.00±984.89 ^c	4 846.67±416.45 ^d	0.35±0.05 ^b
	10	16 600.00±565.69 ^{ab}	7 390.00±410.12 ^b	0.45±0.04 ^a
	15	16 650.00±636.40 ^b	8 895.00±502.05 ^a	0.51±0.05 ^a
PAS	0	11 547.50±1 866.64 ^{bc}	5 882.50±633.74 ^c	0.51±0.06 ^b
	2	10 373.33±470.14 ^c	4 386.67±209.84 ^d	0.42±0.01 ^c
	5	14 726.67±253.25 ^a	6 360.00±199.75 ^{bc}	0.43±0.02 ^c
	10	13 450.00±636.40 ^{ab}	7 815.00±49.50 ^a	0.58±0.03 ^a
	15	11 900.00±565.69 ^{bc}	6 910.00±169.71 ^b	0.58±0.01 ^a

由表2可知, 添加变性淀粉后, 面团的 G' 均有所上升, 且不同添加量面团间有所差异, 变性淀粉添加量均在15%时, 面团 G' 有所回落。当面团中HPDSP、HPS、PAS添加量低于5%时, G'' 逐渐减小, $\tan \delta$ 也分别降至最

低值,而在变性淀粉添加量增加至5%及以上时,面团的 G'' 与 $\tan\delta$ 又有所上升;而面团中添加TAS时, G'' 变化趋势则相反,均高于空白对照组, $\tan\delta$ 也基本高于空白对照组, G' 增幅也相对较小。表2中, $\tan\delta$ 在变性淀粉添加量为2%、5%时下降,说明面团中的高聚物含量增多,可能是由于变性淀粉吸水膨胀后促进蛋白质等物质的结合^[18],从而使得聚合度增加;当添加变性淀粉过多时,羟丙基等取代基会与支链淀粉发生交联,从而阻碍支链淀粉的聚合^[27-29],引起面团流变学特性的变化。可见,添加TAS不利于面团流变学特性的改善,而其余3种变性淀粉在添加量较低(低于5%)时,有利于改善面团的流变学特性。

3 结 论

4种变性淀粉持水性有所差异,但随着其添加量的增加,冻融非发酵面团失水率整体呈上升趋势,变性淀粉添加量为2%时,冻融非发酵面团失水率显著下降($P<0.05$);深层结合水相对含量整体有所上升,但不受变性淀粉添加量的影响;添加变性淀粉后,面团的胶稠度显著上升($P<0.05$),且不受变性淀粉添加量与种类影响,即面团的凝胶能力均下降;面团的剪切力均呈现“下降-上升”趋势,且低于空白对照,其中添加5% HPS时面团的剪切力大幅下降;面团的强韧性则呈现“上升-下降”趋势,且均在变性淀粉添加量为2%时,面团的强韧性最大;熟面坯的各项TPA指标均有不同的变化,以添加5% HPS时改良效果较佳;添加TAS不利于冻融非发酵面团流变学特性,而在其余变性淀粉添加量低于5%时,能改善其流变学特性。因此,添加各种变性淀粉的面团的品质存在着相似的变化规律,即较少的变性淀粉的添加量在一定程度上可改善非发酵面团冻融品质的劣变,添加量较高时反而不利。

参考文献:

- [1] 金征宇. 碳水化合物化学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 343.
- [2] HADNAĐEV T R D, DOKIĆ L P, HADNAĐEV M S, et al. Rheological and breadmaking properties of wheat flours supplemented with octenyl succinic anhydride-modified waxy maize starches[J]. Food and Bioprocess Technology, 2014, 7(1): 235-247.
- [3] MIYAZAKI M, MAEDA T, MORITA N. Bread quality of frozen dough substituted with modified tapioca starches[J]. European Food Research and Technology, 2008, 227(2): 503-509.
- [4] 王韵, 张燕萍. 变性淀粉对速冻水饺质量的影响[J]. 食品与发酵工业, 2009, 35(3): 105-108.
- [5] 林莹, 辛志平, 古碧, 等. 不同变性淀粉对冷冻面团热力学特性的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(5): 59-62.
- [6] 郭玉, 吕莹果, 陈洁, 等. 预糊化羟丙基淀粉的制备及其在冷冻面条中的应用[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2013, 34(1): 41-46.
- [7] 段人钰, 张坤生, 任云霞. 变性淀粉和瓜尔豆胶在速冻包子面皮中的应用研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(1): 196-201.
- [8] 莫锦辉, 郑永妮, 徐吉祥. 羟丙基淀粉在冷冻春卷皮生产中的应用[J]. 包装与食品机械, 2010, 28(3): 62-64.
- [9] 林莹, 辛志平, 古碧, 等. 变性淀粉对面粉糊化特性及速冻饺子品质的影响[J]. 农业机械, 2011(5): 91-95.
- [10] 林敏刚, 丁琳, 赵红召. 变性淀粉对速冻水饺品质的影响[J]. 粮食与饲料工业, 2010(5): 18-21.
- [11] 辛志平. 变性淀粉在速冻饺子中的应用研究[D]. 南宁: 广西大学, 2011: 20-40.
- [12] 李丽, 牛黎莉, 王晓璇, 等. 醋酸酯变性淀粉对低筋面团热机械学特性的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34(11): 95-98.
- [13] ONOFRE F O, WANG Y J. Hydroxypropylated starches of varying amylose contents as sustained release matrices in tablets[J]. International Journal of Pharmaceutics, 2010, 385(1/2): 104-112.
- [14] YADAV A R, GUHA M, THARANATHAN R N, et al. Changes in characteristics of sweet potato flour prepared by different drying techniques[J]. LWT-Food Science and Technology, 2006, 39(1): 20-26.
- [15] 叶晓枫, 韩永斌, 赵黎平, 等. 冻融循环下冷冻非发酵面团品质的变化及机理[J]. 农业工程学报, 2013, 29(21): 271-278.
- [16] GUJRA H S, ROSELL C M. Improvement of the breadmaking quality of rice flour by glucose oxidase[J]. Food Research International, 2004, 37(1): 75-81.
- [17] 宋晓燕, 李真, 杨念, 等. 辛烯基琥珀酸淀粉酯在速冻水饺中的应用[J]. 食品科学, 2010, 31(17): 182-185.
- [18] 崔寅, 阮美娟, 苏宝玲. 6种变性淀粉在可吸性糊状食品中的应用[J]. 粮食与饲料工业, 2011(10): 19-21.
- [19] 刘海梅, 刘茹, 熊善柏, 等. 变性淀粉对鱼糜制品凝胶特性的影响[J]. 华中农业大学学报: 自然科学版, 2007(1): 116-119.
- [20] SHARADANANT R, KHAN K. Effect of hydrophilic gums on frozen dough. I. Dough quality[J]. Cereal Chemistry, 2003, 80(6): 764-772.
- [21] 吴建平, 丁霄霖. 变性淀粉对新鲜面品质改良的研究[J]. 粮食与饲料工业, 1997(4): 41-43.
- [22] 国家粮食储备局成都粮食储藏科学研究所. GB/T 22294—2008 粮油检验 大米胶稠度的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [23] 王放. 变性淀粉在面条生产中的应用研究[J]. 食品工业, 1996, 17(5): 6-7.
- [24] YADAV A, GUHA M, REDDY S, et al. Physical properties of acetylated and enzyme modified potato and sweet potato flours[J]. Journal of Food Science, 2007, 72(5): E249-E253.
- [25] 安红周, 吕建华, 赵琳. 淀粉回生研究进展: 水分子再分布对淀粉回生的影响[J]. 食品科技, 2006, 31(10): 38-42.
- [26] TUANKRIANGKRAI S, BENJAKUL S. Effect of modified tapioca starch on the stability of fish mince gels subjected to multiple freeze-thawing[J]. Journal of Muscle Foods, 2010, 21(3): 399-416.
- [27] KIM H R, MUHRBECK P, ELIASSON A C. Changes in rheological properties of hydroxypropyl potato starch pastes during freeze-thaw treatments. III. Effect of cooking conditions and concentration of the starch paste[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1993, 61(1): 109-116.
- [28] KIM H R, ELIASSON A C. Changes in rheological properties of hydroxypropyl potato starch pastes during freeze-thaw treatments. II. Effect of molar substitution and cross-linking[J]. Journal of Texture Studies, 1993, 24(2): 199-213.
- [29] YEH A I, YEH S L. Some characteristics of hydroxypropylated and cross-linked rice starch[J]. Cereal Chemistry, 1993, 70(5): 596-601.