

展小彬, 温纪平, 齐笑笑, 等. 加盐量对面团特性及手抓饼品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2023, 44(7): 60–66. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022050223

ZHAN Xiaobin, WEN Jiping, QI Xiaoxiao, et al. Effect of Salt Addition on the Characteristics of Dough and Quality of Hand-grabbed Cakes[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(7): 60–66. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022050223

· 研究与探讨 ·

加盐量对面团特性及手抓饼品质的影响

展小彬, 温纪平*, 齐笑笑, 朱慧雪, 刘 梦, 黄梦凡, 王 静, 刘 帅

(河南工业大学粮油食品学院, 河南郑州 450001)

摘 要: 本文研究了和面时加入不同比例的盐对面团特性及手抓饼品质的影响, 并结合面片色泽、面团水分分布、面团拉伸特性、面团动态流变特性以及游离巯基和二硫键等指标进行综合分析。结果表明: 加盐量为 3% 时面片亮度值最高为 86.50, 面片色泽最好; 结合水和自由水比例随加盐量增加而降低, 半结合水比例升高; 随着盐添加量的增加, 面团最大拉伸力呈增加趋势, 拉伸距离、拉伸面积先增加后降低; 面团弹性模量和粘性模量随着加盐量增加而增加; 游离巯基含量先降低后上升, 二硫键先上升后降低, 加盐量在 3% 时游离巯基含量最低, 二硫键含量最高; 手抓饼的质构特性在加盐量为 2% 时达到最优, 此时手抓饼感官评分达到最高分 87.31。综上所述, 适量食用盐的添加可以改善面团的加工特性及手抓饼品质。

关键词: 加盐量, 面片色泽, 水分分布, 流变特性, 二硫键, 手抓饼品质

中图分类号: TS213.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2023)07-0060-07

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2022050223

本文网刊:



Effect of Salt Addition on the Characteristics of Dough and Quality of Hand-grabbed Cakes

ZHAN Xiaobin, WEN Jiping*, QI Xiaoxiao, ZHU Huixue, LIU Meng,

HUANG Mengfan, WANG Jing, LIU Shuai

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

Abstract: The effects of adding different proportions of salt on the quality of dough and hand-grabbed cakes were investigated, and the comprehensive analysis was carried out with respect to the dough color, moisture distribution, tensile properties, dynamic rheological properties, and free sulfhydryl groups and disulfide bonds. The results showed that the brightness value of the dough sheet reached the highest value of 86.50 at 3% salt addition, and the color of the dough was the best. The proportion of bound water and free water decreased with the increase of salt addition, and the proportion of semi-bound water increased. With the increase of salt addition, the maximum tensile force of tough increased, tensile distance and tensile area of dough increased first and then decreased. The characteristic elastic modulus and viscosity modulus of the dough increased with the increase of salt addition. The free sulfhydryl content decreased first and then increased, and the disulfide bond content increased first and then decreased, when the salt content was 3%, the free sulfhydryl content was the lowest, and the disulfide bond content was the highest. The textural properties of the hand-grabbed cakes were optimized at 2% salt addition, and the sensory score of the hand-grabbed cakes reached the highest 87.31. In conclusion, the addition of edible salt can improve the processing characteristics of dough and the quality of hand-grabbed cakes.

Key words: proportions of salt; dough color; water distribution; rheological properties; disulfide bond; quality of hand-grabbed cakes

收稿日期: 2022-05-19

基金项目: “十四五”国家重点研发计划项目 (2021YFD2100901)。

作者简介: 展小彬 (1996-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 谷物科学与技术工程, E-mail: cadzz737@163.com。

* 通信作者: 温纪平 (1968-), 男, 硕士, 教授, 研究方向: 谷物科学与技术工程, E-mail: wjp1380@163.com。

随着人民生活节奏的加快,速食食品蓬勃发展^[1]。手抓饼因烹饪方便快捷且色、香、味俱全,越来越受年轻人的喜爱。但手抓饼的制作对面团延展性、拉伸性、粘弹性和面片色泽等有很高的要求,一般中筋面粉难以满足手抓饼的生产要求,而高筋面粉供大于求^[2],这就使生产者采用添加剂对面团品质进行改进以满足手抓饼的生产需求。

盐作为一种应用最广泛的食品添加剂,在食品中展示出了各种作用,包括提高消费者食欲、食品风味等^[3-4]。陈霞等^[5]研究发现食用盐的加入可以降低面条的蒸煮损失率同时提高面条的质构特性,从而提升面条的食用品质。Wang 等^[6]研究发现,盐的加入可以提升冷冻熟面的抗冻性能,降低冷冻熟面在冻藏期间的品质劣变程度。在面团特性方面,盐的添加增加了面团的搅拌阻力,降低了面团的粘性,稳定了酵母的发酵速度,改善了面包的质地,并且还能抑制微生物生长,延缓面包变质^[7]。盐的加入可以通过掩盖蛋白质表面的电荷来减少蛋白质之间的排斥力,增强面筋网络之间的结合强度,从而提高面团的加工品质^[8-9]。综上所述,盐对面团加工特性及产品品质的提升有很大帮助。目前加盐量对面团特性的研究主要集中在盐对面团拉伸特性、流变特性、糊化特性等方面,食用盐添加量对面片色泽、面团水分分布、游离巯基和二硫键及手抓饼品质等方面的影响研究较少。本研究探究了加盐量对面团特性及手抓饼品质的影响,为手抓饼生产提供一定的参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1M1 系统粉 尉氏县宏强面粉厂;食用盐、糖、猪油 市售;尿素、甘氨酸 天津市科密欧化学试剂有限公司;乙二胺四乙酸、十二烷基硫酸钠 北京索莱宝科技有限公司; β -巯基乙醇、5,5-二硫代-2-2 硝基苯甲酸(DTNB)、L-半胱氨酸(Gly)、Tris 上海麦克林生化科技有限公司。

JHMZ-200 型针式和面机、JMTD-168/140 面条机、JXFD-7 醒发箱、GM2200 型面筋仪 北京东孚久恒仪器公司;Brabender 粉质仪 德国布拉班德仪器公司;Germany CR-410 色差计 日本柯尼卡美能达公司;JK-30K09 电饼档 山东九阳小家电有限公司;TA-XT Plus 质构仪 德国 Stable Micro Systems 公司;LXJ-IIB 离心机 上海安亭仪器公司;VTMR20-010V-T 型核磁共振变温分析系统 上海纽迈电子科技有限公司;RS6000 哈克旋转流变仪 德国赛默飞世尔科技有限公司;UV2150 型分光光度计 尤尼柯仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 面粉基本指标的测定 按照 GB 5009.3-2016 中直接干燥法测定水分含量,按照 GB 5009.4-2016 中第一法测定灰分含量,按照 GB/T 5506.2-2008 中仪器法测定湿面筋含量,按照 GB 5009.5-2016 中第

一法测定粗蛋白含量,按照 GB/T 14614-2019 中粉质仪法测定面粉粉质特性。

1.2.2 面团制备 参考潘治利等^[10]的方法,并略作修改。称取 100 g 面粉,以面粉总质量为基准称取 2 g 糖,以及不同比例(0、1%、2%、3%、4%、5%)的盐溶解于 54 g 蒸馏水中,将水和面粉加入和面机中高速档和面 4 min,然后将面揉搓成团,盖上保鲜膜在 40 ℃ 条件下醒面 40 min 备用。

1.2.3 面片色泽测定 参考 Zheng 等^[11]的方法,将面团压成 2 mm 厚的面片,然后剪切成长×宽=10 cm×6 cm 的面片,采用色差仪测定面片的 L^* 值(亮度值)、 a^* 值(红绿值)、 b^* 值(黄绿值)。

1.2.4 面团水分分布测定 参照刘锐等^[12]的方法,并略作修改。将 1.2.2 制备好的面团,采用 VTMR20-010V-T 型核磁共振变温分析系统测定面团水分分布,参数设置:TD=90000,SW=200 kHz,TW=2000 ms,NS=32,DL₁=0.04708 ms。

1.2.5 面团拉伸特性的测定 参考杨玉玲等^[13]的方法。将 1.2.2 制好的面团用 TA-XT Plus 质构仪,A/KIE 探头测定面团拉伸特性。测试参数:测前、测试、测后速度分别为 2.0、3.0、10.0 mm/s;测试距离 50 mm,触发力 5 g。

1.2.6 面团流变学特性测定 参考 Jeong 等^[14]的方法,按照 1.2.2 的方法制备面团,在 40 ℃ 条件下醒面 20 min 测定面团流变学特性。转子选用 P35TiL,间隙为 1.00 mm。流变仪参数:频率 0.1~10 Hz,温度 25 ℃,应变 0.1%。

1.2.7 游离巯基及二硫键含量的测定 参考郭兴凤等^[15]的方法。用 0.2 mol/L Tris-Gly 缓冲溶液配制 2 mmol/L 的 L-半胱氨酸标准溶液,并梯度稀释,其浓度为 0、0.02、0.04、0.06、0.08、0.10 mmol/L,在 412 nm 处测定吸光度值,以吸光度为横坐标,浓度为纵坐标绘制 L-半胱氨酸标准曲线,得到标准曲线方程 $y=0.098x-0.0004$, $R^2=0.9997$ 。

游离巯基含量的测定:称取 1.2.2 制好的鲜面团 0.5 g 溶于 10 mL 缓冲溶液,溶解后离心 15 min,取 4 mL 上清液加入 0.1 mL 10 mmol/L 的显色剂(DTNB)显色 20 min,在 412 nm 处测定吸光度,通过下列公式计算其含量。

$$\text{游离巯基含量}(\mu\text{mol/g}) = (y \times 10.25)/m$$

式中: y 为样品在 412 nm 处吸光度对应的 L-半胱氨酸浓度, $\mu\text{mol/mL}$; m 为样品质量,g。

二硫键含量的测定:取上述上清液 1 mL,加入 0.1 mL β -巯基乙醇和 4 mL 缓冲液,25 ℃ 下保温 1 h;再加入 10 mL 12% 的三氯乙酸,再保温 1 h,然后 4000 r/min 离心 15 min;除去上清液,洗涤沉淀两次,将沉淀溶于 10 mL 缓冲液中,取 4 mL 溶解后的溶液,然后加入 0.1 mL 显色剂显色 20 min 后测定吸光度。

$$\text{总巯基含量}(\mu\text{mol/g}) = (y \times 102.5)/m$$

式中: y 为样品在 412 nm 处吸光度对应的 L-半胱氨酸浓度, $\mu\text{mol/mL}$; m 为样品质量, g。

$$\text{二硫键含量}(\mu\text{mol/g}) = (\text{总巯基含量} - \text{游离巯基含量})/2$$

1.2.8 手抓饼制作 参考潘治利等^[10]的方法,并略作修改。将 1.2.2 醒好的面团按质量平均分成两部分,揉搓成 20 cm 长度的条,通过压面条机压成 1.5 mm 厚的面片,然后在面片表面涂大约 6 g 的食用油,将面片卷成长条,然后再将条卷成一团,再次盖上保鲜膜在 40 ℃ 的醒发箱中醒面 40 min,醒后的面团再压成直径约 16 cm 厚度 2 mm 左右的饼胚。将做好的饼胚放入额定功率 1500 W 电饼铛中煎炸 140 s,翻面再煎炸 140 s 即可。

1.2.9 手抓饼质构的测定 参考谢新华等^[16]的方法,并略作修改。测试参数:选用 P36R 探头;测前、测试、测后速度分别为 2.0、1.0、2.0 mm/s;压缩比 40%;触发力 5.0 g。

1.2.10 手抓饼感官评价 参考谢新华等^[16]的评价方法,由经过培训的 8 人组成评定小组,按评价标准对手抓饼进行评分,评分标准见表 1。

表 1 手抓饼的感官评分标准

Table 1 Standard for sensory score of hand-grabbed cakes

项目	指标	满分	评分标准(分)
外观	颜色	10	黄金色(7~10);淡黄色(4~6);浅黄或变黑(0~3)
	光泽	10	外表光亮(7~10);一般(4~6);暗淡或无光泽(0~3)
	外形	10	层次均匀(7~10);分层一般(4~6);无分层或不明显(0~3)
口感	韧性	15	外层酥脆,内层柔软(11~15);一般(6~10);分层不明显,结块变硬(0~5)
	粘弹性	15	爽口,柔软(11~15);一般(6~10);黏牙或较硬(0~5)
风味	细腻度	10	外层酥,内层柔软细腻(6~10);粗糙(0~5)
	香气	15	焦香味浓郁(11~15);一般(6~10);无焦香味(0~5)
	味道	15	香甜酥脆,有回味(11~15);略淡,风味完整(6~10);味道单一(0~5)

1.3 数据处理

每个实验至少重复 3 次,试验结果表示为平均值±标准偏差。采用 Excel 2019 和 SPSS 2018 进行数据统计和分析,采用 Duncan 极差法分析数据,显著性水平 $P < 0.05$ 。采 Origin 2018 进行图的制作。

2 结果与分析

2.1 面粉基本指标

面粉基本指标决定了面制品的品质,左利民等^[17]研究发现制作手抓饼的面粉干基灰分小于 0.55%、湿面筋含量大于 30.50%,制作出的面团软硬适中、延展性、弹性良好、无明显回缩性制作的手抓饼感官评分较高。本研究选择的面粉灰分含量低(0.39%),湿面筋含量略低于 30.50%,软硬适中、弹性良好适合用于手抓饼制作(表 2、表 3)。

表 2 小麦粉基本指标(以湿基计)

Table 2 Basic index of wheat flour (based on wet basis)

水分(%)	灰分(%)	湿面筋含量(%)	面筋指数	粗蛋白含量(%)
13.36±0.01	0.39±0.01	28.53±0.32	60.25±0.25	9.21±0.01

表 3 小麦粉粉质特性

Table 3 Farinograph parameter of wheat flour

吸水率(%)	形成时间(min)	稳定时间(min)	12 min 弱化度(FU)
62.25±3.18	1.37±0.03	5.81±0.69	54.5±2.12

2.2 加盐量对面片色泽的影响

加盐量对面片色泽的影响如表 4 所示,加盐量在 5% 以内时随着加盐量的增加 L^* 值先上升后下降,当加盐量为 3% 时 L^* 值达到最高 86.50,相比于空白组面片亮度显著提高($P < 0.05$)。Jekle 等^[18]研究发现在一定范围内盐的加入可以使面筋网络充分形成,所以盐的加入使面筋网络更致密,面片反光率增加,这可能是在低浓度下随着盐的增加面片亮度提高的原因。加盐量高于 4% 时面片亮度又降低。王冠岳等^[19]研究发现面团中加入过量盐后,过量的盐能与面筋蛋白争夺游离水分子,导致面团各成分相互分散,面片表面平整性降低,这有可能会造成面片表面反光率降低,面片亮度降低。 a^* 值随着盐加入量的增加总体呈增加趋势。 b^* 值随着加盐量增加呈减小趋势,加盐 5% 时相比空白组 b^* 值显著性降低($P < 0.05$)。 b^* 值和多酚氧化酶活性相关,而盐离子可以影响多酚氧化酶活性^[20],在和面时盐的加入可能抑制了多酚氧化酶的活性,进而降低了 b^* 值。

表 4 加盐量对面片色泽的影响

Table 4 Effect of salt addition on the color and luster of dough sheet

加盐量(%)	L^* 值	a^* 值	b^* 值
0	85.16±0.19 ^a	4.03±0.00 ^a	13.21±0.18 ^c
1	85.93±0.09 ^b	4.09±0.01 ^a	12.29±0.02 ^b
2	86.29±0.04 ^{cd}	4.22±0.05 ^b	11.40±0.42 ^a
3	86.50±0.06 ^d	4.25±0.06 ^b	11.63±0.08 ^a
4	86.33±0.03 ^{cd}	4.25±0.03 ^b	11.39±0.17 ^a
5	86.20±0.08 ^c	4.25±0.03 ^b	11.53±0.06 ^a

注: 同列不同字母表示差异显著($P < 0.05$), 表 5~表 7 同。

2.3 加盐量对面团水分分布的影响

面团中水的存在形式有三种: 结合水、半结合水、自由水^[21-24]。如图 1 所示, T_{21} (峰 1) 代表结合水, T_{22} (峰 2) 代表半结合水, T_{23} (峰 3) 代表自由水^[25], A_{21} 、 A_{22} 、 A_{23} 分别代表 T_{21} 、 T_{22} 、 T_{23} 的峰面积比例。表 5 给出了横向弛豫时间和峰面积的变化,随着盐的增加 T_{21} 、 T_{22} 没有显著性变化($P > 0.05$), T_{23} 呈增大趋势,加盐量为 5% 时 T_{23} 相对于空白组增加 27.6%。随着盐含量的增加 A_{21} 呈下降趋势,与 A_{21} 相反, A_{22} 呈现增加趋势,加盐量在 3%~4% 时与空白组相比 A_{22} 显著增加($P < 0.05$)。 A_{23} 随着加盐量增加呈下降趋势,加盐量 5% 时 A_{23} 达到最低值,与空白组相比降低了 51.5%。在低盐浓度下自由水

表 5 加盐量对面团水分分布的影响
Table 5 Effect of salt addition on water distribution of dough

加盐量(%)	T ₂₁ (ms)	T ₂₂ (ms)	T ₂₃ (ms)	A ₂₁ (%)	A ₂₂ (%)	A ₂₃ (%)
0	0.46±0.09 ^a	41.50±0.00 ^a	270.50±0.00 ^a	11.11±0.63 ^b	88.24±0.78 ^a	0.66±0.15 ^b
1	0.49±0.00 ^a	41.50±0.00 ^a	280.22±13.75 ^a	11.20±0.66 ^b	88.04±0.54 ^a	0.76±0.12 ^b
2	0.47±0.02 ^a	41.50±0.00 ^a	289.94±0.00 ^{ab}	10.51±0.91 ^{ab}	89.04±0.91 ^{ab}	0.45±0.00 ^a
3	0.49±0.04 ^a	41.50±0.00 ^a	310.79±0.00 ^b	9.50±0.40 ^a	90.11±0.40 ^b	0.39±0.01 ^a
4	0.51±0.02 ^a	41.50±0.00 ^a	321.96±15.80 ^{cd}	9.50±0.26 ^a	90.12±0.29 ^b	0.38±0.02 ^a
5	0.46±0.00 ^a	41.50±0.00 ^a	345.10±16.94 ^d	10.26±0.28 ^{ab}	89.42±0.31 ^{ab}	0.32±0.02 ^a

含量降低可能是由于 Cl⁻使淀粉和蛋白结合更紧密, 面团内部空隙减少, 自由水可利用的空间降低, 所以自由水比例降低^[26]。高添加量下自由水比例降低的原因可能与氯化钠的亲水性相关^[4], 大量的盐加入时, 过量的盐与面团中的自由水结合使自由水转化成半结合水, 这可能是在高添加量下随着盐的增加面团中自由水比例降低的原因。

这可能是由于低添加量时盐能促进面筋网络形成, 过量盐的加入会破坏面筋网络的形成^[28], 所以低添加量下拉伸距离和拉伸面积随加盐量的增加呈增加趋势, 加入过量的盐后拉伸距离和拉伸面积又呈降低趋势。

2.5 加盐量对面团流变学特性的影响

动态流变学特性是反映面团加工成最终产品的重要指标^[29]。如图 2 所示加盐对面团弹性模量和粘性模量的影响, 在同一频率条件下 $G'/G'' > 1$, 表明面团更偏向于固体特性^[29-31]。如图 2A 和 2B 所示, 随

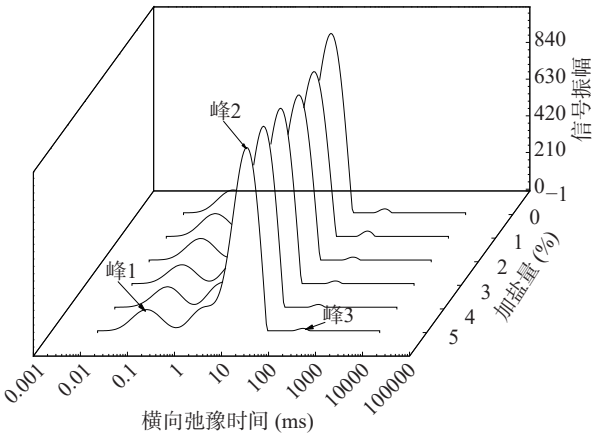


图 1 不同加盐量面团横向弛豫时间 T₂ 反演图
Fig.1 Inversion of transverse relaxation time T₂ of dough with different salt content

2.4 加盐对面团拉伸特性的影响

拉伸距离和拉伸面积反映了面团加工特性, 拉伸距离和拉伸面积过低不利于手抓饼的制作。如表 6 所示, 盐的增加使面团最大拉伸力呈增加趋势。面团拉伸距离和拉伸面积随着加盐量增加先增大后降低, 在 2% 时拉伸距离达到最大值为 32.50 mm, 相比于空白组有所增加但是增加不显著($P>0.05$)。加盐量为 3% 时拉伸面积达到最大值, 相比于空白组显著增加($P<0.05$), 这一结果与 Wang 等^[27]的研究结论相似。

表 6 加盐量对面团拉伸特性的影响

加盐量(%)	面团最大拉伸力(g)	面团拉伸距离(mm)	面积(g·mm)
0	48.50±2.61 ^a	29.95±2.89 ^{ab}	255.38±4.88 ^a
1	50.15±1.34 ^a	30.77±2.86 ^{ab}	296.27±1.47 ^b
2	62.75±2.55 ^b	32.50±0.82 ^b	334.89±10.11 ^c
3	77.20±3.10 ^c	32.27±5.15 ^b	452.39±0.75 ^c
4	93.46±2.61 ^d	25.68±0.05 ^{ab}	436.02±19.74 ^c
5	81.62±0.22 ^c	24.91±1.39 ^a	373.09±25.77 ^d

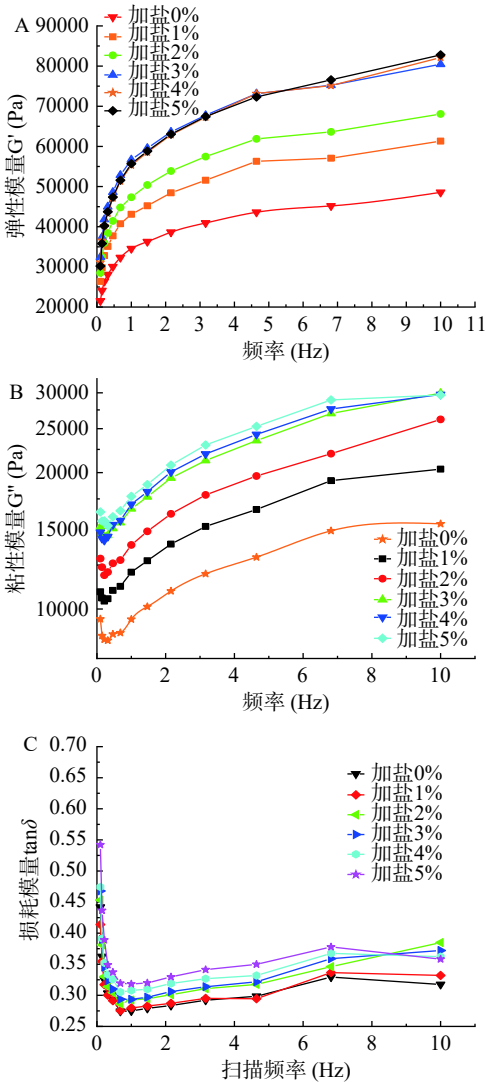


图 2 加盐量对面团流变学特性的影响
Fig.2 Effect of salt addition on rheological properties of dough

着加盐量增加弹性模量和粘性模量均呈增加趋势,加盐量在 3% 以内时随着加盐量的增加 G' 和 G'' 增幅明显,加盐量大于 3% 时随着加盐量增大 G' 和 G'' 增幅较小,与 Beck 等^[32]的研究结果相似。 G' 和 G'' 的变化主要和谷蛋白大聚体(GMP)含量相关^[33],付朝煦^[34]研究发现在低添加水平时(<3%)随着盐添加量增加麦谷蛋白大聚体含量显著增加,GMP 的显著增加可能是导致 G' 和 G'' 在低加盐量时增幅较大的原因,加盐量在 3%~5% 范围内 G' 和 G'' 变化较小,可能是由于 3%~5% 添加量范围内 GMP 的含量变化不大。损耗角正切 $\tan\delta=G''/G'$ 其值越小表示面团弹性组分越高^[35]。如图 2c 所示随着加盐量增加在同一频率下 $\tan\delta$ 总体呈现增加趋势。

2.6 加盐量对面团游离巯基和二硫键的影响

面团中巯基的存在形式主要有两种,这两种存在形式可以决定面团和面制品的各种品质,其中二硫键含量代表面筋网络结构的稳定性^[36]。如图 3 所示,加盐量在 3% 以内时随着盐的增加鲜面团中游离巯基含量呈现降低趋势,二硫键含量呈现上升趋势,加盐量在 3% 时鲜面团游离巯基含量最低,二硫键含量最高,相比于空白组游离巯基显著降低($P<0.05$),二硫键含量显著增加($P<0.05$)。Olanca 等^[37]研究发现面粉中的蛋白酶能分解面粉中谷蛋白,尤其是对高

分子量谷蛋白作用更明显,盐的加入可能降低了蛋白酶活性,降低了和面时面筋蛋白被分解的程度,这可能是加盐量在 3% 以内时随着盐的增加面团中游离巯基降低和二硫键升高的原因。当加盐量超过 3% 时鲜面团中游离巯基呈现增加趋势,与之相反,二硫键呈现降低趋势。Tuhumury 等^[38]研究发现在和面时加入阴离子盐后,阴离子易与带有正电荷的氨基酸残基结合,也可与面筋蛋白酰氨基相互作用改变谷蛋白和醇溶蛋白的构象,加入过量的盐后面团中大量的 Cl^- 与面筋蛋白酰氨基结合会使面筋网络结构发生变化,这可能是导致游离巯基含量上升、二硫键含量降低的原因。

2.7 加盐量对手抓饼质构特性的影响

如表 7 所示,随着加盐量的增加手抓饼硬度、胶粘性、咀嚼性呈现先降低后上升的趋势,加盐量在 2% 时手抓饼硬度、胶粘性、咀嚼性都达到最低值。在 0%~2% 添加量下随着盐添加量增加手抓饼硬度、胶粘性、咀嚼性降低可能与盐能降低手抓饼煎炸过程中水分损失率有关。Silow 等^[39]研究发现含盐量高的面团收缩性比较强,制作的千层饼收缩率较高,在煎炸过程中,千层饼仍在收缩,从而导致千层饼厚度增加分层率降低,千层饼的密度升高,所以千层饼硬度增大。这可能也是在加盐量较高时手抓饼硬度、胶粘性、咀嚼性随着盐添加量增加而增大的原因。

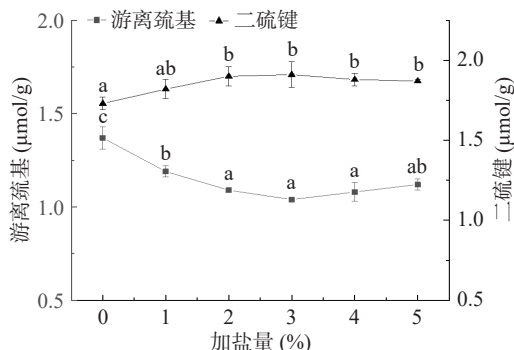


图 3 加盐量对游离巯基和二硫键的影响

Fig.3 Effect of salt addition on free sulfhydryl group and disulfide bond

注:不同字母表示在 Duncan 极差法分析中差异显著($P<0.05$)。

表 7 加盐量对手抓饼质构特性的影响

Table 7 Effect of salt addition on texture characteristics of hand-grabbed cakes

加盐量(%)	硬度(g)	弹性	胶粘性	咀嚼性(g)
0	707.13±14.08 ^d	0.85±0.00 ^a	596.40±35.71 ^d	504.06±27.90 ^c
1	485.38±6.46 ^b	0.93±0.02 ^b	425.62±7.20 ^b	393.56±0.53 ^b
2	363.36±30.63 ^a	0.93±0.03 ^b	327.59±20.43 ^a	304.52±9.53 ^a
3	483.61±20.22 ^b	0.95±0.00 ^b	438.87±13.46 ^b	414.63±12.12 ^b
4	516.87±6.61 ^b	0.93±0.01 ^b	453.60±11.19 ^b	424.13±17.27 ^b
5	593.68±20.28 ^c	1.60±0.04 ^c	540.45±7.40 ^c	878.37±53.74 ^d

2.8 手抓饼感官评价

如表 8 所示,在 0%~5% 范围内随着盐的添加手抓饼感官评分先上升后降低,在 2% 时手抓饼感官评

表 8 不同加盐量制得的手抓饼感官评价

Table 8 Sensory evaluation of hand-grabbed cake prepared with different salt content

加盐量(%)	0	1	2	3	4	5
颜色	8.00±0.00 ^b	8.58±0.18 ^c	8.76±0.05 ^f	8.50±0.00 ^d	8.14±0.10 ^c	7.50±0.00 ^a
光泽	7.60±0.11 ^a	8.28±0.13 ^b	8.50±0.00 ^c	8.68±0.10 ^d	8.22±0.20 ^b	7.61±0.12 ^a
外形	6.80±0.42 ^b	7.55±0.16 ^c	8.70±0.26 ^d	8.75±0.26 ^d	8.15±0.41 ^c	6.20±0.42 ^a
韧性	11.00±0.47 ^b	12.00±0.00 ^d	13.50±0.53 ^e	11.50±0.53 ^c	10.70±0.67 ^b	8.40±0.70 ^a
粘弹性	9.40±0.52 ^a	12.40±0.52 ^c	14.20±0.42 ^f	12.00±0.00 ^d	11.10±0.32 ^c	10.70±0.48 ^b
细腻度	6.00±0.00 ^a	7.15±0.24 ^b	8.15±0.24 ^d	8.61±0.19 ^e	8.30±0.26 ^d	7.50±0.00 ^c
香气	12.00±0.00 ^c	12.50±0.53 ^d	11.50±0.53 ^b	12.00±0.00 ^c	11.80±0.42 ^{bc}	11.10±0.57 ^a
味道	10.70±0.59 ^c	12.00±0.00 ^d	14.00±0.00 ^f	12.40±0.52 ^e	8.80±0.26 ^b	6.00±0.00 ^a
总分	71.50±1.58 ^b	80.46±1.29 ^d	87.31±0.62 ^f	82.44±0.66 ^e	75.21±1.00 ^c	65.01±1.51 ^a

注:同行不同小写字母表示差异显著, $P<0.05$ 。

分达到最高 87.31 分,加盐量在 1%~3% 时手抓饼评分在 80 分以上,手抓饼食用品质较好。当加盐量达到 5% 时手抓饼感官评分最低,此时手抓饼硬度、味道难以让人接受。

3 结论

研究表明盐的添加可以改变面团品质,加盐量为 3% 时面片亮度最高为 86.50,显著高于对照组($P<0.05$);随着盐的增加自由水比例降低;半结合水比例增加;加盐量在 2%~3% 时,面团拉伸特性、流变学特性得到了有效改善,面筋网络形成较好,面团加工特性得到了有效的改善,手抓饼感官评分得到提升。超过 3% 的添加量时,随着盐添加量增加面片色泽下降、面团拉伸距离、拉伸面积降低、面筋网络被破坏、手抓饼感官评分显著性下降($P<0.05$)。因此,建议手抓饼生产时盐的添加量控制在 2%~3%。

参考文献

- [1] 杜杰,胡露丹,马良,等.明胶基乳液的流变学特性探究及煎炸食品应用[J].*食品科学*,2022,43(16):114-121. [DU J, HU L D, MA L, et al. Research on rheological properties of gelatin-based emulsion and its application in frying food[J]. *Food Science*, 2022, 43(16): 114-121.]
- [2] 刘依林,李冰,吴虹.复合改良剂对小麦面团特性及馒头品质的改善作用[J].*现代食品科技*,2022,38(8):199-207,96. [LIU Y L, LI B, WU H. Improvement of compound modifiers on wheat dough characteristics and steamed bread quality[J]. *Modern Food Science & Technology*, 2022, 38(8): 199-207,96.]
- [3] TAN H L, TAN T C, EASA A M. Effects of sodium chloride or salt substitutes on rheological properties and water-holding capacity of flour and hardness of noodles[J]. *Food Structure Netherlands*, 2020, 26: 1-9.
- [4] 陈洁,汪磊,吕莹果,等.食盐对烩面面团品质和面筋网络结构的影响[J].*中国粮油学报*,2017,32(4):24-30. [CHEN J, WANG L, LYU Y G, et al. Effects of salt on stewed noodles dough quality and gluten matrix microstructure[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2017, 32(4): 24-30.]
- [5] 陈霞,王文琪,朱在勤,等.食盐对面粉糊化特性及面条品质的影响[J].*食品工业科技*,2015,36(2):98-101. [CHEN X, WANG W Q, ZHU Z Q, et al. Effect of salt on the gelatinization properties of flour and noodle quality[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2015, 36(2): 98-101.]
- [6] WANG J, DING Y, WANG M, et al. Moisture distribution and structural properties of frozen cooked noodles with NaCl and Kan-sui[J]. *Foods*, 2021, 10: 1-15.
- [7] CHEN G, EHMKE L, SHARMA C, et al. Physicochemical properties and gluten structures of hard wheat flour doughs as affected by salt[J]. *Food Chemistry*, 2019, 275: 569-576.
- [8] STONE A K, LAM R S H, HOPKINS E J, et al. Effect of organic acids and NaCl on the rheological properties of dough prepared using Pembina and Harvest CWRs wheat cultivars[J]. *Cereal Chemistry*, 2018, 95(3): 478-485.
- [9] VAN STEERTEGEM B, PAREYT B, BRIJS K, et al. The effects of fresh eggs, egg white, and egg yolk, separately and in combination with salt, on mixogram properties[J]. *Cereal Chemistry*, 2013, 90(3): 269-272.
- [10] 潘治利,骆洋翔,艾志录,等.枣味低油速冻手抓饼的开发[J].*粮食与饲料工业*,2018(9):25-29. [PAN Z L, LUO Y X, AI Z L, et al. Development of low-oil and quick-frozen shredded cake with jujube flavor[J]. *Cereal & Feed Industry*, 2018(9): 25-29.]
- [11] ZHENG Y Y, WANG Z H, TUERSUNTUOHETI T, et al. Changes in shelf life and quality of fresh hull-less barley noodles during storage[J]. *Cereal Chemistry*, 2019, 96(6): 1148-1158.
- [12] 刘锐,武亮,张影全,等.基于低场核磁和差示量热扫描的面条面团水分状态研究[J].*农业工程学报*,2015,31(9):288-294. [LIU R, WU L, ZHANG Y Q, et al. Water state and distribution in noodle dough using low-field nuclear magnetic resonance and differential scanning calorimetric[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2015, 31(9): 288-294.]
- [13] 杨玉玲,关二旗,李萌萌,等.不同和面方式对面团流变特性及面条品质的影响[J].*河南工业大学学报(自然科学版)*,2019,40(5):18-24,52. [YANG Y L, GUAN E Q, LI M M, et al. Effects of different mixing methods on rheological properties of dough and noodle quality[J]. *Journal of Henan University of Technology (Social Science Edition)*, 2019, 40(5): 18-24, 52.]
- [14] JEONG S, PARK Y, LEE S. Assessment of turanose as a sugar alternative in a frozen dough system: Rheology, tomography, and baking performance[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2021, 141(7): 100869.
- [15] 郭兴凤,孙小红,陈复生,等.一种快速测定面团中游离巯基和二硫键含量的方法,CN105548040A[P].2016-05-04. [GUO X F, SUN X H, CHEN F S, et al. Method for quickly measuring free sulfhydryl group and disulfide bond contents in dough: CN105548040A [P]. 2016-05-04.]
- [16] 谢新华,潘开林,郝明远,等.棕榈油速冻手抓饼的开发[J].*农产品加工*,2020(1):12-14. [XIE X H, PAN K L, HAO M Y, et al. Development of frozen chinese pancakes maded from palm oil [J]. *Farm Products Processing*, 2020(1): 12-14.]
- [17] 左利民,张璇,崔雷,等.专用手抓饼小麦粉的灰分和面筋值对手抓饼品质影响的研究[J].*食品与发酵科技*,2017,53(3):61-63. [ZUO L M, ZHANG X, CHUI L, et al. Study on the effect of ash index and gluten value on torn pancake's quality[J]. *Food and Fermentation Science & Technology*, 2017, 53(3): 61-63.]
- [18] JEKLE M, BECKER T. Effects of acidification, sodium chloride, and moisture levels on wheat dough: I. modeling of rheological and microstructural properties[J]. *Food Biophysics*, 2012, 7(3): 190-199.
- [19] 王冠岳,陈洁,王春,等.氯化钠对面条品质影响的研究[J].*中国粮油学报*,2008,23(6):184-187. [WANG G Y, CHEN J, WANG C, et al. Effects of sodium chloride on noodle quality[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2008, 23(6): 184-187.]
- [20] 张梦迪.不同种类的盐对面条品质的影响研究[D].郑州:河南工业大学,2021. [ZHANG M D. Study on the effect of different kinds of salt on the quality of noodles[D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2021.]
- [21] LU L, YANG Z, GUO X N, et al. Effect of NaHCO_3 and

- freeze-thaw cycles on frozen dough: From water state, gluten polymerization and microstructure[J]. *Food Chemistry*, 2021, 358: 1–11.
- [22] HE Y, GUO J, REN G, et al. Effects of konjac glucomannan on the water distribution of frozen dough and corresponding steamed bread quality[J]. *Food Chemistry*, 2020, 330: 1–7.
- [23] LI Y L, HAN K N, FENG G X, et al. Salt reduction in bread via enrichment of dietary fiber containing sodium and calcium[J]. *Food & Function*, 2021, 12(6): 2660–2671.
- [24] 刘兴丽, 张菁, 吴昊, 等. 真空和面协同冻融处理对油条胚微观结构和品质的影响研究[J]. *食品工业科技*, 2022, 43(11): 112–118. [LIU X L, ZHANG J, WU H, et al. Corporate Effect of vacuum mixing and freezing-thawing treatment on microstructure and quality of quick-frozen you tiao dough[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2022, 43(11): 112–118.]
- [25] WANG Z, YU X, ZHANG Y, et al. Effects of gluten and moisture content on water mobility during the drying process for Chinese dried noodles[J]. *Drying Technology*, 2019, 37(6): 759–769.
- [26] 桂俊. 制面中常见阴离子对面条品质的影响[D]. 郑州: 河南工业大学, 2021. [GUI J. Effects of common anions in noodle making on the quality of noodles[D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2021.]
- [27] WANG J R, GUO X N, XING J J, et al. Revealing the effect mechanism of NaCl on the rheological properties of dough of Chinese traditional hand-stretched dried noodles[J]. *Food Chemistry*, 2020, 320(26): 1–8.
- [28] 申倩, 陆启玉. 盐、碱的添加对面条品质的影响[J]. *粮食与油脂*, 2017, 30(3): 31–32. [SHEN Q, LU Q Y. Effect of salt and alkali on quality of noodle[J]. *Cereals & Oils*, 2017, 30(3): 31–32.]
- [29] 袁艺榕. 面团预热处理对其性质及冷冻品质的影响[D]. 无锡: 江南大学, 2021. [YUAN Y R. Effects of pre-heat treatment on dough on its properties and frozen characteristics[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2021.]
- [30] LI J, ZHU Y, YADAV M P, et al. Effect of various hydrocolloids on the physical and fermentation properties of dough[J]. *Food Chemistry*, 2019, 271: 165–173.
- [31] 张梦潇, 周文化, 莫华, 等. 不同品种紫薯粉面团品质特性[J]. *食品工业科技*, 2021, 42(2): 12–18, 25. [ZHANG M X, ZHOU W H, MO H, et al. Quality characteristics of different varieties of purple sweet potato flour dough[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2021, 42(2): 12–18, 25.]
- [32] BECK M, JEKLE M, BECKER T. Impact of sodium chloride on wheat flour dough for yeast-leavened products. I. Rheological attributes[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2012, 92(3): 585–592.
- [33] 张莹莹, 石长硕, 王瑞红, 等. SPI与SPH及其复配产物对面团特性和面条品质的影响机制[J]. *食品工业科技*, 2020, 41(3): 46–51, 57. [ZHANG Y Y, SHI C S, WANG R H, et al. Mechanism of SPI, SPH and their mixed products on dough properties and noodle quality[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2020, 41(3): 46–51, 57.]
- [34] 付朝煦. 氯化钠对辣条坯品质的作用机制探究[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2019. [FU Z X. Study on the mechanism of NaCl on the quality of spicy strip blanks[D]. Wuhan: Wuhan Polytechnic University, 2019.]
- [35] 张晨, 庄坤, 王国珍, 等. 比重分级对小麦粉及海绵蛋糕品质的影响[J]. *中国粮油学报*, 2022, 37(2): 32–40. [ZHANG C, ZHUANG K, WANG G Z, et al. The effect of gravity separation on the quality of wheat flour and sponge cake[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2022, 37(2): 32–40.]
- [36] 齐笑笑, 郭嘉, 温纪平. 气流分级对发芽小麦粉面筋蛋白特性的影响研究[J]. *食品研究与开发*, 2022, 43(3): 14–20. [QI X X, GUO J, WEN J P. Study on the effect of air classifier treatment on gluten-related properties of sprouted wheat flour[J]. *Food Research and Development*, 2022, 43(3): 14–20.]
- [37] OLANCA B, KOKSEL H, OZDEREN N T, et al. Determination of wheat bug (*Eurygaster* spp.) damage in durum wheat (*Triticum durum* L.) by electrophoresis and rapid visco analyser[J]. *Journal of Cereal Science*, 2016, 72: 69–74.
- [38] TUHUMURY H C D, SMALL D M, DAY L. Effects of Hofmeister salt series on gluten network formation: Part II. Anion series[J]. *Food Chemistry*, 2016, 212: 798–806.
- [39] SILOW C, ZANNINI E, AXEL C, et al. Effect of salt reduction on wheat-dough properties and quality characteristics of puff pastry with full and reduced fat content[J]. *Food Research International*, 2016, 89: 330–337.