

鲢鱼酶解产物和鱼胶原肽对冷冻面团品质的影响

Effects of fish enzymatic hydrolysates and fish collagen peptides on the quality of frozen dough

郭星辛^{1,2} 王发祥^{1,2} 俞健^{1,2} 李向红^{1,2}

GUO Xing-xin^{1,2} WANG Fa-xiang^{1,2} YU Jian^{1,2} LI Xiang-hong^{1,2}

王建辉^{1,2} 黄轶群^{1,2} 刘永乐^{1,2}

WANG Jian-hui^{1,2} HUANG Yi-qun^{1,2} LIU Yong-le^{1,2}

(1. 长沙理工大学食品与生物工程系, 湖南 长沙 410114;

2. 湖南省水生资源食品加工工程技术研究中心, 湖南 长沙 410114)

(1. Department of Food and Biological Engineering, School of Chemistry and Biological Engineering, Changsha University of Science & Technology, Changsha, Hunan 410114, China; 2. Hunan Provincial Engineering Technology Research Center of Aquatic Food Resources Processing, Changsha, Hunan 410114, China)

摘要:通过对比分析经 0~6 次冻融循环处理后面团的酵母菌存活率、发酵力保存率、醒发时间以及焙烤性质研究了鲢鱼酶解产物和鱼胶原肽对冷冻面团品质的影响。结果表明:添加鲢鱼酶解产物和鱼胶原肽的面团经 6 次冻融循环后,酵母菌的存活率分别为 78.95% 和 61.80%, 发酵力保存率分别为 59.06% 和 46.67%, 面团醒发时间分别为 330 min 和 318 min, 均明显优于空白组; 冻融后的面团与新鲜面团相比, 焙烤的面包比容和弹性减小, 添加了鲢鱼酶解产物和胶原肽不仅可缓解冷冻面团这一缺陷, 还可改善面包色泽。结果证明了鲢鱼酶解产物和鱼胶原肽具有良好的酵母菌抗冻保护活性。

关键词: 鲢鱼酶解产物; 胶原肽; 冷冻面团; 酵母菌; 抗冻

Abstract: The effects of the silver carp enzymatic hydrolysates and fish collagen peptides on the quality of frozen dough were studied by comparing their yeast survival rate, retention rate of yeast fermentation ability, proofing time and baking properties after freeze-thaw treatment. The results showed that yeast survival rate, retention rate of yeast fermentation ability and proofing time for the 6-freeze-thaw-cycles treated doughs with addition of enzymatic hydrolysates and collagen peptides were 78.95%, 59.06%, 330 min and 61.80%.

基金项目: 国家自然科学基金项目(编号:31571867); 湖南省自然科学基金项目(编号:2017JJ2269, 2017JJ2270); 湖南省教育厅科学研究项目(编号:17B016, 17C0059)

作者简介: 郭星辛, 女, 长沙理工大学在读硕士研究生。

通信作者: 刘永乐(1962—), 男, 长沙理工大学教授, 博士。

E-mail: lyle19@163.com

收稿日期: 2018-09-20

46.67%, 318 min, respectively. Which were significantly better than the control group. Bread made from freeze-thawed dough had a smaller specific volume and elasticity than that from fresh dough, and the addition of enzymatic hydrolysates and collagen peptides not only alleviated the defect of frozen dough, but also improved the bread color. These results demonstrated that the enzymatic hydrolysates and fish collagen peptides have good cryoprotective activity, which provided an experimental reference for improving the quality of frozen dough.

Keywords: silver carp enzymatic hydrolysates; fish collagen peptide; frozen dough; yeast; cryoprotective activity

冷冻面团技术在烘焙业具有不可替代的优势, 对于制造商来说, 冷冻储存在很大程度上延长了面团的保质期, 使其销售范围辐射更广; 对消费者而言, 冷冻面团使用方便且具有与新鲜面包相当的品质^[1]。然而, 长期冷冻储存会使冷冻面团品质降低, 影响面包的质量和口感。其中, 冷冻导致酵母细胞受损被认为是导致面团质量下降的主要原因。在冷冻储存期间, 酵母细胞受损, 酵母活菌数减少, 酵母产气能力降低, 受损酵母释放的谷胱甘肽, 通过还原谷蛋白中的二硫键使面团持气能力降低, 导致面包体积减小。储存和运输过程中严重的温度波动也会导致冰晶增大, 加剧对酵母的冷冻损害^[2]。添加保护剂是提高酵母存活率最直接的方法, 目前被应用和研究的保护剂有甘油、海藻糖、冰结构蛋白、氨基酸类物质等^[3-5]。

鲢鱼是中国大宗淡水鱼之一, 具有高产、低值的特点^[6]。虽然鲢鱼营养丰富, 但由于口感差、土腥味重, 鲜肉的食用价

值不高,有待加工开发成高价值产品。研究发现,鲢鱼酶解产物中含有丰富的游离氨基酸和短肽并且还具有一定的抗氧化性^[7],其对酵母也具有较好的抗冻作用^[8],但尚未应用于冷冻面团中。胶原肽对微生物具有良好的抗冻保护作用,但在冷冻面团中的应用研究较少^[9-10]。本研究拟将鲢鱼酶解产物和鱼胶原肽应用于冷冻面团中,分析其对面团品质的影响,旨在为提高冷冻面团品质开发,营养价值高、成本低、抗冻性好的天然抗冻剂提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

新鲜鲢鱼:约(2.5±0.5) kg,市售;

活性干酵母:湖北安琪酵母股份有限公司;

家用小麦粉:克明面业股份有限公司;

马铃薯葡萄糖琼脂(PDA)培养基:广东环凯微生物科技有限公司;

复合蛋白酶(来源于芽孢杆菌属):酶活力≥1.5 AU/g,诺维信(中国)生物技术有限公司;

胶原蛋白肽(来源于新鲜鱼鳞鱼皮): M_w 500~5 000 Da,总氮≥16%,海南华研胶原科技有限公司;

D-(+)-海藻糖二水合物:上海笛柏化学品技术有限公司;

其他试剂:分析纯或生化试剂。

1.2 主要仪器

食品物性测定仪:TA.XT.Plus型,英国 Stable Micro System 公司;

测色色差计:WSC-S型,上海仪电物理光学仪器有限公司;

面包机:PE9600WT型,柏翠电器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 酶解产物的制备 参考熊思佳等^[8]的方法制备酶解30 min的鲢鱼酶解产物,冻干备用。

1.3.2 冷冻面团和面包的制备 称取小麦粉200 g、水105 mL、酵母0.8 g、白砂糖10 g、食用盐2 g至面包机中和面15 min制作空白组面团。试验组和阳性对照组分别将空白组中105 mL水替换为4%的鲢鱼酶解产物悬浮液和6%的鱼胶原蛋白肽悬浮液及4%的海藻糖溶液。面团制好后切割成30 g的小面团置于4 cm×4 cm×4 cm的模具中压实,参考Phimolsiripol等^[11]的方法稍作修改进行冻融循环(-20℃冷冻21 h,4℃解冻3 h为1次冻融循环)处理,-20℃贮藏,每2次冻融循环取出一组面团进行测定,反复冻融0~6次,每组试验进行3个平行。

将面团置于恒温恒湿箱中,温度为30℃、湿度为85%,发酵4 h,转移至180℃烤箱,上下火烤15 min,室温冷却30 min测定相关质量指标。

1.3.3 冷冻面团中酵母菌存活率测定 从面团中心取1 g面团至9 mL无菌水中,用手持式均质机均质20 s,得到稀释度为 10^{-1} 的面团悬液,用涂布法进行平板稀释计数,按式(1)计算酵母菌的存活率。

$$S_i = \frac{N_i}{N_0} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

S_i ——第*i*次冻融酵母的存活率,%;

N_i ——第*i*次冻融酵母活菌数,CFU;

N_0 ——第0次冻融酵母活菌数,CFU。

1.3.4 冷冻面团中酵母菌发酵力衰减情况分析 根据GB/T 20886—2007《食品加工用酵母》的方法,测定未冻融处理面团发酵4 h产生的CO₂气体量,记为酵母菌的初始发酵力;以同样方法测定第0~6次冻融循环后面团中酵母菌发酵力,其相对于初始发酵力的百分比即为酵母菌发酵力保存率。

1.3.5 冷冻面团醒发时间测定 将面团置于恒温恒湿箱中,温度为30℃、湿度为85%,发酵至面团充满模具(面团顶点高度刚好与模具口齐平),所需时间即为面团醒发时间。

1.3.6 冷冻面团焙烤特性分析 焙烤后面包比容参照GB/T 20981—2007《面包》以排菜籽法测定;面包弹性采用质构仪测定,将面包切成2 cm×3 cm×3 cm的薄片进行TPA试验,参数为:探头P/36R,测前速度3 mm/s,测试速度1 mm/s,测后速度3 mm/s,压缩量50%;面包颜色色差计测定,分别切取面包顶面、侧面、底面的表皮,厚度为2 mm,剪成直径2 cm的圆片,置于样品槽中,测定其*L*、*a*、*b*值,用亨特白度公式计算其白度 $W_{(L,a,b)}$,以 $W=100$ 的完全漫反射体作为白度公式的参照标准,数值越小代表颜色越深。

1.4 数据处理

每个试验做3次平行试验,试验结果以平均值和标准差表示。使用Excel进行数据分析,通过SPSS19.0进行方差分析($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 鲢鱼酶解产物和鱼胶原肽对冷冻面团中酵母菌存活率的影响

面团经冻融处理后酵母菌存活率如图1所示。可见,随着冻融循环次数增加,面团中酵母菌的存活率逐渐下降。经过6次循环后,空白组面团中酵母菌存活率下降至51.67%,胶原肽组面团中酵母菌存活率为61.80%,与阳性对照海藻

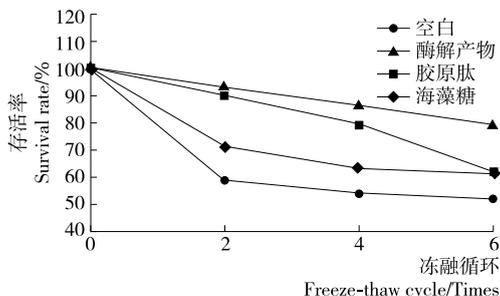


图1 鲢鱼酶解产物和鱼胶原肽对冷冻面团中酵母菌存活率的影响

Figure 1 Effect of fish enzymatic hydrolysates and fish collagen peptides on yeast survival rate in frozen dough

糖组(61.11%)相当;而鲢鱼酶解产物组酵母菌存活率达 78.95%,明显高于阳性对照组,表明了添加鲢鱼酶解产物和鱼胶原肽能提高酵母菌的耐冻性。

2.2 鲢鱼酶解产物和鱼胶原肽对冷冻面团中酵母菌发酵力的影响

由图 2 可见,在第 0~6 次冻融循环过程中,各组面团发酵力的下降趋势基本与酵母菌存活率变化趋势一致,说明冻融过程中部分酵母菌致死可能是发酵力下降的主要原因。经 6 次冻融循环处理后,空白组面团发酵力下降最为明显,保存率仅为 29.03%;添加了 6% 胶原肽的面团的发酵力保存率为 46.67%,明显高于空白对照组,与阳性对照组的 48.54% 接近;而添加了 4% 鲢鱼酶解产物的面团发酵力保存率可达 59.06%,较空白对照组提高了 30.03%,高于阳性对照组 10.52%,表明鲢鱼酶解产物对提高冷冻面团的发酵力有明显的作用。此外,冻融处理后面团发酵力保存率均低于其对应的酵母菌存活率,可能是冷冻使酵母菌致死外,还导致部分存活酵母产气能力减弱或丧失^[11]。

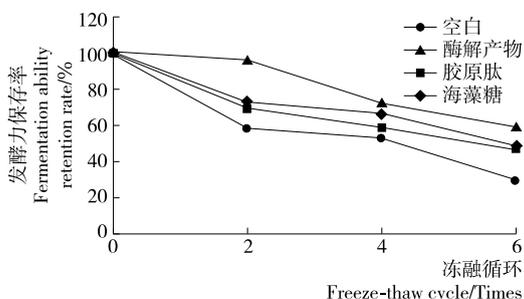


图 2 鲢鱼酶解产物和鱼胶原肽对冷冻面团发酵力保存率的影响

Figure 2 Effect of fish enzymatic hydrolysates and fish collagen peptides on fermentation ability retention rate of frozen dough

2.3 鲢鱼酶解产物和鱼胶原肽对冷冻面团醒发时间的影响

由图 3 可见,各组面团醒发时间随着冻融次数的增加而增加。6 次冻融循环后,空白组面团醒发时间最长,为 374 min;鲢鱼酶解产物组、胶原肽组、阳性对照海藻糖组醒发时间均比空白组短,分别为 330,318,324 min。然而,6 次冻融循环后,添加了酶解产物的冷冻面团醒发时间相对阳性

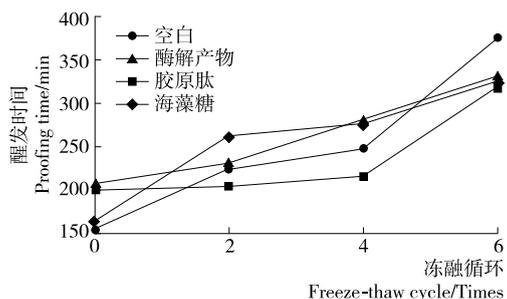


图 3 鲢鱼酶解产物和鱼胶原肽对冷冻面团醒发时间的影响

Figure 3 Effect of fish enzymatic hydrolysates and collagen peptides on proofing time of frozen dough

对照组并没有优势,其原因可能与鲢鱼酶解产物含有还原性肽有关,其较好的抗氧化性^[7]破坏了面筋蛋白中的二硫键^[12],从而影响面筋的三维网状结构,降低了面团的持气能力。

2.4 鲢鱼酶解产物和鱼胶原肽对面团焙烤特性的影响

由各组面团烤制的面包在外观、口感和香味等感官质量上均有一定差异,6 次冻融后差异更明显;此外酶解产物组面包不仅无鱼腥味,还具有特异香味,可能与鲢鱼酶解产物的美拉德反应有关^[13]。由图 4 和表 1 可见,4 组不同新鲜面团(0 冻融次循环)烤出的面包比容也存在差异,主要是因为面包出炉冷却过程中体积回缩程度不同导致,其中空白组比容最小,说明空白组面包的面筋网络结构持气能力较弱,其截面的气孔结构相对较小也证明了这一点;酶解产物组其次,胶原肽组和海藻糖组相对较大,表明其添加有利于改善面包持气能力。冻融处理后,各组面团生产出的面包比容均会下降,其中空白组降低最多(为 18.44%),鲢鱼酶解产物组其次(为 13.49%),胶原肽组和海藻糖组相当(分别为 12.73% 和 12.35%);面包比容降低的程度基本与相应面团的醒发时间增加趋势一致,表明冻融后面包比容的变化与面筋结构的冷冻受损和酵母菌发酵力的衰减相关。由于发酵和烘焙过程中面包长、宽受到模具的限制,其截面高度可直观反映其空间体积,面团冻融后面包截面高度明显降低,与比容测定的结果一致。

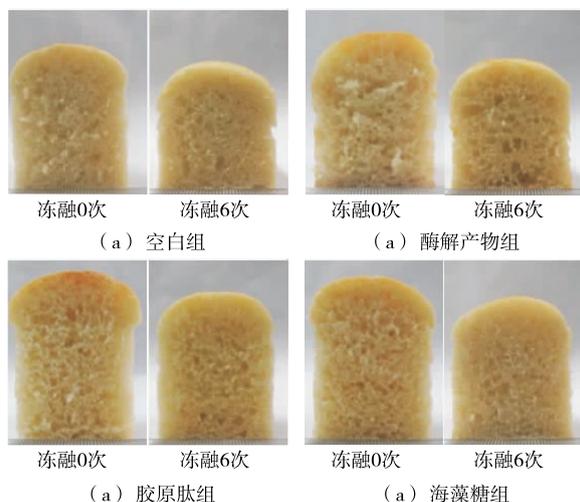


图 4 不同添加组面团冻融前后烤制出的面包截面比较
Figure 4 The cross section of bread made from different doughs before and after freeze-thaw treatment

质构分析(表 1)表明 6 次冻融循环后,各组面包均表现出硬度增加,弹性减小,其中空白组硬度增加了 89.55%,弹性下降了 62.5%,而鲢鱼酶解产物组和胶原肽组面包硬度和弹性变化均远小于空白组,说明添加鲢鱼酶解产物和鱼胶原肽均能较好抑制面团面筋网络结构冷冻损伤,从而较好地维持面包质构特性。

色泽是评价面包质量的重要指标。由表 1 可见,6 次冻融循环后,空白组、胶原肽组和海藻糖组的面包白度值均有不同程度的下降,表明其表面颜色加深,可能是面团冷冻过

表1 添加鲢鱼酶解产物和鱼胶原肽对面团冻融前后焙烤性质的影响

Table 1 Effect of adding fish enzymatic hydrolysates and fish collagen peptides on the baking properties of dough before and after freeze-thaw treatment

样品	冻融循环/次	比容/ (mL·g ⁻¹)	质构分析		色差分析			
			硬度/g	弹性	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>W</i> _(L,a,b)
空白组	0	2.82±0.10	1 120±84	0.91±0.01	59.86±3.43	13.49±0.98	30.34±0.11	47.91±2.25
	6	3.04±0.08	2 123±178	0.56±0.03	52.39±0.41	15.16±1.68	32.83±0.22	40.21±0.25
酶解产物组	0	3.04±0.08	1 226±61	0.86±0.01	42.90±1.63	18.82±0.49	27.81±0.46	33.76±1.06
	6	2.63±0.06	1 915±112	0.75±0.02	50.28±0.96	15.59±0.40	32.63±0.53	38.52±0.38
胶原肽组	0	3.30±0.10	838±57	0.87±0.01	56.39±0.87	13.45±0.66	29.02±1.07	45.92±0.06
	6	2.88±0.11	1 242±97	0.75±0.01	55.68±0.09	12.31±0.36	30.84±0.25	44.62±0.15
海藻糖组	0	3.24±0.04	786±64	0.87±0.01	56.54±1.44	13.03±0.51	28.27±0.48	46.54±0.77
	6	2.84±0.03	1 456±101	0.79±0.03	49.66±1.55	16.75±0.97	31.57±0.12	38.26±0.92

程中积累了还原糖^[1],从而促进了焙烤过程中发生美拉德反应而增强面包着色;另外,冻融前鲢鱼酶解产物组面包的颜色在4组样品中最深(*W*值最小),说明鲢鱼酶解产物中丰富的氨基酸和短肽可改善面包色泽^[14-15]。但与其他组样品冻融后面包颜色加深不同,冻融后的酶解产物组面包颜色较好,其白度值也有所增加,原因尚待进一步研究。

3 结论

鲢鱼酶解产物和鱼胶原肽均能大幅度提高冷冻面团冻融循环过程中酵母菌的存活率和发酵力保存率,缩短冷冻面团醒发时间,并能改善面团冻融后的焙烤特性,提高面包的比容和感官质量。研究表明鲢鱼酶解产物和鱼胶原肽对酵母菌具有良好的抗冻保护活性,同时含有的丰富氨基酸和短肽还可增加面包的营养^[16]和色泽,为冷冻面团新型抗冻剂的开发提供了试验参考。

参考文献

- [1] SHI K, YU H, LEE T C. A novel approach for improving yeast viability and baking quality of frozen dough by adding biogenic ice nucleators from *Erwinia herbicola*[J]. Journal of Cereal Science, 2013, 57(2): 237-243.
- [2] 刘新林. 速冻和冷藏过程对面包品质影响的研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2011: 6-8.
- [3] 吕莹果, 王群学, 陈能飞. 胞内海藻糖含量对冷冻面团中酵母抗冻性的影响[J]. 食品与发酵科技, 2007, 43(1): 1-7.
- [4] 贾春利. 热稳定冰结构蛋白提高冷冻面团体系抗冻性的机制研究[D]. 无锡: 江南大学, 2013: 27-71.
- [5] 时晓剑, 缪冶炼, 卫昊, 等. γ -聚谷氨酸钠对面包酵母的抗冻作用及其机理[J]. 食品科技, 2012, 37(10): 2-6.
- [6] 农业部渔业局. 2017中国渔业统计年鉴[Z]. 北京: 中国农业出版社, 2017: 1-3.
- [7] 李向红, 陈志军, 刘永乐, 等. 鲢鱼酶解产物分子质量组成与抗氧化性[J]. 食品科学, 2013, 34(17): 28-32.
- [8] 熊思佳, 王发祥, 俞健, 等. 鲢鱼酶解产物对酵母菌的抗冻保护作用[J]. 食品与机械, 2018, 34(2): 118-121.
- [9] WANG Wen-long, CHEN Meng-shi, WU Jin-hong, et al. Hy-

pothermia protection effect of antifreeze peptides from pigskin collagen on freeze-dried *Streptococcus thermophiles*, and its possible action mechanism[J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 63(2): 878-885.

- [10] 刘海英. 胶原肽及其产业发展[J]. 食品工业科技, 2016, 37(12): 391-394.
- [11] PHIMOLSIRIPOL Y, SIRIPATRAWAN U, TULYATHAN V, et al. Effects of freezing and temperature fluctuations during frozen storage on frozen dough and bread quality[J]. Journal of Food Engineering, 2008, 84(1): 48-56.
- [12] 孙丽洁. 鱼皮抗冻多肽的制备及其提高冷冻面团抗冻性的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2017: 24-25.
- [13] 刘敏. 鲢鱼肽美拉德反应产物及其分离组分的抗氧化活性研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2015: 17-18.
- [14] 王旭, 冯涛, 庄海宁. 氨基酸对美拉德反应产物呈香特性的研究进展[J]. 中国调味品, 2013, 38(7): 1-5.
- [15] ASHOOR S H, ZENT J B. Maillard browning of common amino acids and sugars[J]. Journal of Food Science, 2010, 49(4): 1 206-1 207.
- [16] 熊思佳. 鲢鱼酶解产物对酵母菌的抗冻保护性能研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2018: 16-18.