添加豆浆对冷冻熟面品质的影响

何路旦， 郭晓娜， 朱科学*
（江南大学 食品学院，江苏 无锡 214122）

摘要：采用豆浆和面的方法来改善冷冻熟面的品质。研究了添加豆浆对冷冻熟面的面团流变学特性、品质特性以及微观结构的影响，并采用差示扫描量热仪（DSC）探究豆浆对冷冻熟面中可冻结水含量和淀粉老化特性的影响。结果表明：添加的熟豆浆质量比在 9.3 g / 100 g 时，冷冻熟面的质构品质和感官得分均显著（$P<0.05$）提高；此外，面团的弹性模量（G'）和黏性模量（G''）也明显增大；经微观结构观察，添加豆浆有助于形成致密而连续的面筋网络结构，使得淀粉更好地镶嵌在其中。DSC 分析结果显示，添加豆浆可降低冷冻熟面冻藏期间可冻结水的含量，并且抑制淀粉老化焓 $\triangle H$ 的上升速率。因此，添加豆浆有利于保持冷冻熟面的高品质，提升面条口感。

关键词：豆浆；冷冻熟面；品质；可冻结水；淀粉老化
中图分类号：TS 213.2　**文章编号**：1673-1689(2019)08-0046-07　**DOI**：10.3969/j.issn. 1673-1689.2019.08.007

Effects of Soybean Milk Addition on Qualities of Frozen-Cooked Noodles

HE Ludan， *GUO Xiaona*， *ZHU Kexue**
（School of Food Science and Technology，Jiangnan University，Wuxi 214122，China）

Abstract：Soybean milk was used to improve the quality of frozen-cooked noodles. The effects of soybean milk addition on dough rheology，qualities and micro structure of frozen-cooked noodles were investigated. Differential scanning calorimeter （DSC） was used for determining the freezable water content and retrogradation of starch in noodles. The results indicated that cooked soybean milk significantly（$P<0.05$） improved the texture properties and sensory score of frozen-cooked noodles at the concentration of 9.3 g/100 g . Besides，elasticity modulus （G'） and viscous modulus （G''） of dough were both obviously increased after adding soybean milk. Furthermore，the micro structure of noodles observed by CLSM showed that the addition of soybean milk made the noodles possess a tight and continuous gluten network，which captured the starch granules well. DSC analysis suggested that soybean milk addition decreased the amount of freezable water in frozen-cooked noodles，and restrained the rate of starch retrogradation during frozen storage. In conclusion，the addition of soybean milk maintained the good quality and improved the mouthfeel of frozen-cooked noodles.

Keywords：soybean milk，frozen-cooked noodle，quality，freezable water，retrogradation

收稿日期：2016-10-31
基金项目：国家自然科学基金面上项目（31571871）；全国粮食行业青年拔尖人才服务行业需求自主选题项目（LQ2016202）；江苏省“六大人才高峰”高层次人才资助项目；江苏省“现代粮食流通与安全协同创新中心”资助项目。
* **通信作者**：朱科学（1978—），男，博士，教授，博士研究生导师，主要从事主食及方便食品研究。E-mail：kxzhu@jiangnan.edu.cn
引用本文：何路旦，郭晓娜，朱科学. 添加豆浆对冷冻熟面品质的影响[J]. 食品与生物技术学报，2019，38（08）：46-52.

冷冻熟面因具备健康、食用方便、口感良好等特点,深受大众喜爱[1]。但其作为冷冻类食品,在冻藏和运输的过程中,由于冻藏时间的延长、温度波动等因素,必然会造成面条品质劣变,口感变差的问题[2]。因此,如何保证产品的终端品质,提高冷冻熟面的冻藏稳定性,是亟需解决的行业难题。

目前国内外研究较多的是通过改良面条配方或使用一些添加剂来提高面条的品质。比如在面条中添加黄原胶[3-4]、瓜尔胶[3]、阴离子多糖[5]等亲水性胶体,既可以有效抑制鲜湿面的淀粉老化,延长其货架期,又对面条的蒸煮品质和质构品质有不同程度的提高;在面条中添加磷脂[6-7]、蔗糖酯[3](SE)、硬脂酰乳酸钙钠[8](CSL-SSL)等乳化稳定剂可以显著提高面条硬度、弹性、黏聚性等质构指标。其他如变性淀粉、复合磷酸盐以及酶制剂等外源性添加物也能在一定程度上对挂面、半干面、鲜湿面等起到很好的品质改良效果[9-10]。而对于能够有效提高冷冻熟面品质的改良剂的研究报道还不多。由于冷冻熟面加工工艺特殊,水分含量高,冻藏温度低等特点,因此对冷冻熟面的品质改良研究不同于一般传统面类,需作针对性改进研究。

豆浆作为一种兼具乳化性、持水性、起泡性、稳定性和营养强化等优良特性的天然添加剂,在实际的面条生产中已有应用。但添加豆浆对冷冻熟面的相关品质改善以及具体作用机制仍不明确。本实验以豆浆和小麦粉为原料,研究豆浆对冷冻熟面品质特性(质构特性、感官品质)和微观结构的影响,并进一步测定面条中淀粉的老化焓、可冻结水的熔融焓的变化,分析其品质改善的内在原因,为豆浆对冷冻熟面的适用性研究提供理论依据,旨在开发一种天然、安全的品质改良剂。

1 材料与方法

1.1 材料和试剂

高筋粉:蛋白质质量分数 13.20%,水分质量分数 13.40%,厦门海嘉面粉有限公司;大豆(用于实验室自制豆浆):蛋白质质量分数 27.88%,粗脂肪质量分数 15.60%,碳水化合物质量分数 21.10%,上海禾煜贸易有限公司;异硫氰酸荧光素(FITC)、罗丹明 B:美国 Fluka 公司。

1.2 仪器和设备

真空和面机:HWJZ-5 型,南京扬子粮油食品机械有限公司;面条机:SK-240 型,成都索拉泰克精密机械有限公司;豆浆机:DJ13B-C656SG 型,九阳股份有限公司;质构仪:TA.XT plus 型,英国 Stable Micro Systems 公司;差示扫描量热仪:DS8500 型,美国 Perkin Elmer 公司;流变仪:DHR-3 型,美国 TA 公司;激光共聚焦显微镜:LSM710 型,德国 Carl Zeiss Jena 公司。

1.3 实验方法

1.3.1 豆浆的制备工艺 称 100 g 大豆→洗净后加 2 倍的蒸馏水浸泡 12 h→加 600 g 水置于专用豆浆机中,选择五谷豆浆模式磨浆,约 25 min→用 80 目筛虑浆→待用。

1.3.2 冷冻熟面的制备工艺 600 g 小麦粉+288 g 豆浆或 270 g 水+6 g 盐→真空和面 8 min(真空度 -0.08 MPa)→静置熟化 15 min→连续压延 12 道→压片切条→熟制 4~5 min→冷却 1 min→-40 ℃速冻 1 h→包装→-18 ℃冷藏→品质分析。

1.3.3 冷冻熟面面团流变学测定 根据 Yang 等[11]的方法,稍作修改:准确称取一定质量的面粉,加 45%的去离子水或 48%的豆浆,制作面团。取约 3 g 面团置于平板中间,并选用 20 mm 的平板,调节板间距为 2 mm,扫描频率为 0.01~10.00 Hz,测试温度为 25 ℃,频率扫描应变值取 0.2%,进行面团的动态流变测试。

1.3.4 冷冻熟面质构测定 参照骆丽君[1]的方法:将冷冻熟面复热 90 s,淋洗后快速沥干,并用保鲜膜包裹待测。全质构测定采用 HDP/PFS 型号探头,测试前、中、后速度均为 1.0 mm/s,压缩比为 75%,触发力为 5*g*;拉伸测定采用 A/SPR 型号探头,测试前、中、后速度分别为 2,2,10 mm/s,拉伸距离为 90 mm,触发力为 5*g*。仪器使用前均用 1 kg 砝码进行校准,每个样品平行测试 8 次,以保证测定结果的准确性。

1.3.5 冷冻熟面截面微观结构的测定 利用激光共聚焦显微镜(CLSM)观察冷冻熟面截面的微观结构,参照 Silva 等[12]的方法并稍作修改:将复热后的冷冻熟面切成长约 8 mm 的小段,并用冰冻切片机将其切成 10 μm 的切片,用含有 0.25%异硫氰酸荧光素和 0.025%罗丹明 B 的溶液染色 2 min,蒸馏水洗涤后盖上盖玻片,置于显微镜下观察。

1.3.6 冷冻熟面淀粉老化焓和可冻结水质量分数的测定 参照 Mayra 等[13]的方法并稍作修改:将冷

冻熟面冷冻干燥后研磨,过 100 目筛,备用。通过差示扫描量热仪(DSC)测定分析冷冻熟面中淀粉的老化,先准确称取一定质量的冻干粉于坩埚中,加入两倍于样品量的蒸馏水,密封后 4 ℃下平衡 24 h,测定时,以空坩埚为对照,以氮气为载气,升温范围为 20~110 ℃,升温速率为 10 ℃/min。

参照郑子懿[2]的方法:用刀片随机切取约 10 mg 冷冻熟面样品密封于小坩埚内,准确称量并记录质量。用 DSC 测定时,以空坩埚作对照,以氮气作载气,降温至-20 ℃并稳定 5 min,再以 10 ℃/min 的速率升温至 40 ℃,计算分析样品可冻结水的焓变 H_w,每个样品平行测定 3 次取平均值。

$$可冻结水质量分数=\frac{H_w}{H_i+T_w}\times 100\%$$

式中:H_w 为样品中冰的融化焓值,J/g;H_i 为纯水结冰的融化焓值(335 J/g);T_w 为样品含水量。

1.3.7 冷冻熟面感官评定 实验设定为:产品在-18 ℃下恒温冻藏,每隔 2 周,感官评定一次。每次感官评定选择 15 名志愿者(兼顾年龄、区域性、专业性等条件差异),根据 SB/T10068—92“面条质量评价标准”对冷冻熟面的口感、食味、表观状态等 7 项指标予以评分,取综合得分的平均值。

1.3.8 数据统计与分析 用 SPSS 18 和 Origin 8.5 对数据进行处理和绘图。选择 Duncan 分析,在 $P<0.05$ 检验水平上对数据进行显著性分析。所有数据均来自 3 次以上独立实验测定结果的平均值。

2 结果与分析

2.1 豆浆质量分数对冷冻熟面质构特性和感官评分的影响

由表 1 可以看出,添加不同质量分数的豆浆,冷冻熟面的质构品质和感官得分均有显著差异($P<0.05$)。随着豆浆质量分数的增大,面条的硬度、拉断力、弹性和咀嚼度均呈现出先增大后减小的趋势,且豆浆质量比在 1:6 时,此时总固形物质量分数为 9.3 g/100 g,面条表现出最佳的质构品质。一方面,质量分数适当的豆浆中含有一定质量的大豆蛋白,受热变性后去折叠状态的大豆蛋白能够很好地和小麦蛋白相互交联,大蛋白聚合物增多,此时较多完整的未溶胀淀粉颗粒和一些豆浆中的不可溶性固体颗粒镶嵌于蛋白网络结构之中,使得面条硬度、拉断力和弹性均增加,这和 Zweifel 等[14]的研究结果一致。但当豆浆质量分数过高时,过量的大豆蛋白会稀释面筋网络,淀粉易于脱离面筋网络的束缚,面条的纵向筋力强度降低,拉断力和拉断距离变小。另一方面,豆浆中存在的大豆磷脂有良好的乳化特性,能与面筋蛋白或淀粉相互作用形成复合物,乳化剂的亲水基团可与面筋蛋白中的麦醇溶蛋白结合,亲脂基团则通过疏水键与麦谷蛋白结合,使面筋蛋白分子相互连接,形成结构牢固、细密的面筋网络[6],从而加强了面条的硬度和弹性。

因此,豆麦蛋白之间的交联、“淀粉-脂-蛋白”、“醇溶蛋白-磷脂-麦谷蛋白”等复合物的形成等因素共同影响了豆浆对冷冻熟面质构品质和口感的变化。最终确定豆浆的最优添加质量比为 9.3 g:100 g,在此条件下,从面团的黏弹特性、冷冻熟面可冻结水质量分数、淀粉老化以及熟面内部微观结构等方面探究豆浆对面条品质影响。

2.2 豆浆的添加对面团流变学特性的影响

由图 1(a,b)可以看出,对照组和实验组的储能模量均高于损耗模量,这说明面团本质上是一个黏弹性软固体。且豆浆的添加导致面团的 G' 和 G'' 都增大。Singh 等[15]研究表明,大蛋白聚合体越多,G' 和 G'' 值越大。弹性模量 G' 的增加说明豆浆的添加提升

表 1 豆浆质量分数对冷冻熟面质构品质和感官评分的影响

Table 1 Effect of soybean milk concentration on texture qualities and sensory score of frozen-cooked noodles

豆浆质量分数/%	硬度/N	弹性	咀嚼度/N	拉断力/g	拉断距离/mm	感官得分
0	2 680 ± 77^{c}	0.931±0.010^{c}	1 684 ± 81^{b}	23.2 ± 0.8^{d}	57.1 ± 2.5a	82 0 ±1.1^{c}
6.99	2 698 ± 62^{c}	0.942±0.012^{bc}	1 699 ± 78^{b}	25.2 ± 0.8^{c}	54.4 ± 3.8^{b}	82 5 ± 2.0^{c}
7.90	2 777 ± 81^{bc}	0.952±0.010^{b}	1 721 ± 73^{b}	27.5 ± 0.5^{b}	55.2 ± 1.4^{b}	86 5 ± 1.0^{b}
9.30	2 965 ± 99^{a}	0.972±0.015^{a}	1 877 ± 44^{a}	28.4 ± 0.5^{a}	58.5 ± 1.3^{a}	90 0 ± 1.2^{a}
10.21	2 851 ± 51^{b}	0.949±0.002^{b}	1 857 ± 35^{a}	27.6 ± 0.5^{b}	50.8 ± 2.1^{c}	88 8 ± 1.3^{ab}

注:表中豆浆质量分数梯度是按可溶性固形物测定值来表示,其实际豆/水比从小到大依次为空白,1:8,1:7,1:6,1:5;不同上标字母表示各列数值在 $P<0.05$ 水平上有显著差异。

了面筋网络的结构强度，使面团弹性增大。黏性模量 G''同样上升，可能是因为大豆蛋白和大豆多糖的存在增加了面团的吸水性，从而造成面团黏性增加，G''增大。对于 tan δ 值(G''/G')，均小于 1，且实验组和对照组无明显差异(图 1(c))。一定质量分数豆浆的添加，对面筋网络的形成有促进作用，面团的凝胶特性和凝胶强度提高，更加有利于后续冷冻熟面的制作加工。

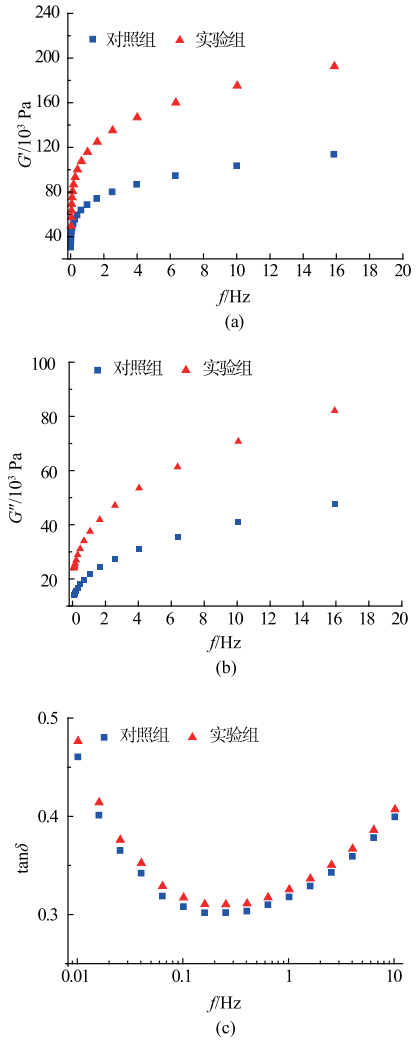


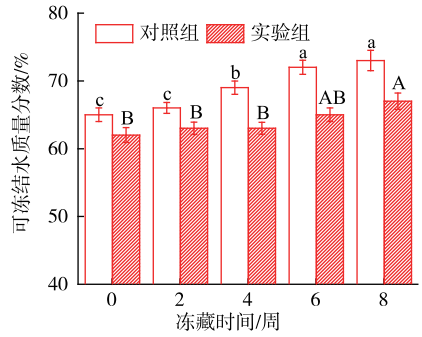
图 1　添加豆浆对面团动态流变学的影响

Fig. 1　Effect of soybean milk addition on dynamic rheology properties of dough

2.3　豆浆的添加对冷冻熟面可冻结水质量分数的影响

冷冻熟面中含有 60%左右的水，分为可冻结水和非可冻结水。前者冻结后体积膨胀，形成的冰晶对面筋网络结构有挤压损伤[4]；非可冻结水被牢牢束缚在蛋白或者淀粉结构中，一般不结冰，但这种以范德华力连接的形式，由于较弱可被破坏[2]。本研究通过 DSC 测定冰熔化焓值，由熔化焓值计算可冻结水质量分数[16]。

由图 2 可知，实验组冷冻熟面中的可冻结水质量分数明显低于对照组，且随着冻藏时间的延长，实验组和对照组的可冻结水质量分数均呈现上升趋势($P<0.05$)。相比对照组而言，在前 4 周，豆浆的添加有效地抑制住了可冻结水质量分数的增加，减少了冰晶对面筋网络的损伤，只在 4 周之后，可冻结水的质量分数稍微提升。这可能是因为豆麦混合蛋白的持水性能要优于面筋蛋白的持水性，使得被蛋白束缚的非可冻结水不那么容易转化为可冻结水，从而抑制可冻结水质量分数的上升。Traynham 等[17]的研究结果也表明，大豆蛋白的添加能够显著提高豆麦混合面团的持水性，控制水分流动性，这和本文的研究结果相符合。而降低面条冻藏过程中可冻结水的质量分数，可以减少冰晶对蛋白网络的挤压破坏，这可从后面的微观结构观察得到进一步验证。



同一格式的不同字母代表数据之间有显著性差异

图 2　添加豆浆对冷冻熟面中可冻结水质量分数的影响

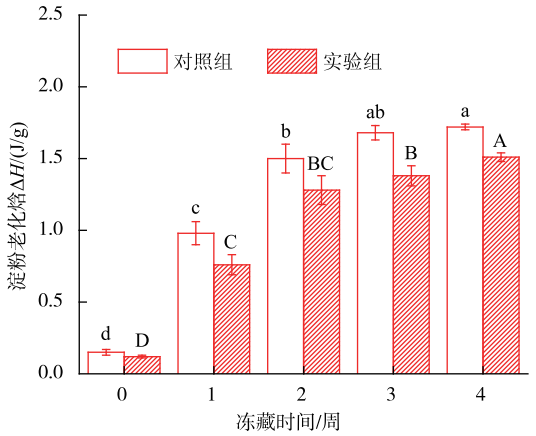
Fig. 2　Effect of soybean milk addition on frozen water content in frozen-cooked noodles

2.4　豆浆的添加对冷冻熟面淀粉老化的影响

冷冻熟面在熟制过程中内部的部分淀粉已糊化，使面条具有黏聚性[1]。糊化后的淀粉在放置过程中由于分子内的氢键不断缔合、重组，原先无序的状态逐渐变得有序的过程，即淀粉老化[18]。

由图 3 可知，随着冻藏时间的加长，冷冻熟面淀粉的老化焓逐步上升，并在冻藏后期处于稳定状态，但实验组的老化焓值始终小于对照组。在 0~2 周，淀粉老化焓显著增大，上升速率较快。这是因为淀粉糊化后短期内，面条内部的直链淀粉易于结晶、老化[19]。随着时间的延长，支链淀粉外侧侧链间

逐步结合,支链淀粉的老化处于主导地位,但是支链淀粉结合较不稳定,老化程度减缓[19]。这也符合图3中对照组和实验组在冻藏后期的老化焓均处于一个平稳状态的结果。总体来看,实验组的面条淀粉老化焓值较低,这可能是由于前期包括直链淀粉在内的大部分淀粉被很好地包裹在蛋白网络结构中,淀粉很难发生回生老化。而淀粉、乳化油脂和蛋白之间相互作用形成复合物体系,并分布在淀粉的胶束表面,降低了淀粉与自由水的直接接触,而这种相互作用既抑制了淀粉的膨润糊化,也阻碍了淀粉的老化进程[8]。另有研究表明,添加大豆多糖使得冷冻馒头[20]以及鲜湿面[21]的淀粉回生速度显著降低,这说明实验组冷冻熟面淀粉老化的进程减慢也可能和豆浆中可溶性大豆多糖易与水分子形成亲水性胶体[5],提高了面条内部体系含水量有关。



同一格式的不同字母代表数据之间有显著性差异

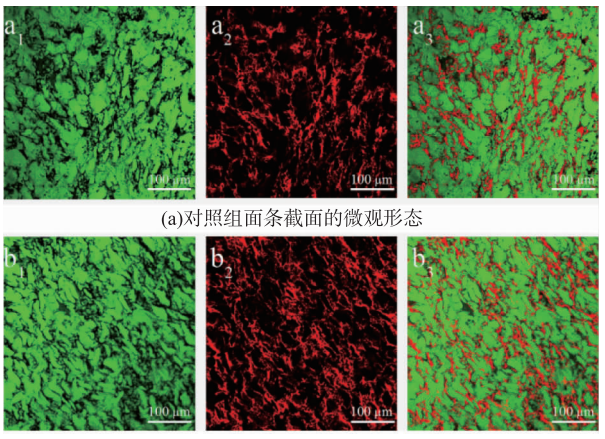
图3 添加豆浆对冷冻熟面淀粉老化的影响

Fig. 3 Effect of soybean milk addition on retrogradation of starch in frozen-cooked noodles

2.5 豆浆的添加对冷冻熟面微观形态的影响

激光共聚焦(CLSM)被广泛用于观察食品中蛋白和淀粉等主要组分的形态,因其具体、形象、客观的成像特点而广为应用[22]。本研究采用激光共聚焦显微镜对面条内部截面进行了切片观察,其中图4(a)为空白对照组,图4(b)为添加豆浆的实验组。

本文分别用罗丹明B和异硫氰酸荧光素(FITC)对复热后面条的蛋白和淀粉进行染色,其中,罗丹明B易与蛋白结合而呈现红色,异硫氰酸荧光素和淀粉结合而呈现绿色[23]。对于淀粉形态,图4(a)中a_1的淀粉颗粒大多完全糊化溶胀且相互连结为片状,而图4(b)中b_1的淀粉则存在更多未完全溶胀且保留着完整形态的淀粉小颗粒。通过对比图4(a)中a_2和图4(b)中b_2可知,实验组蛋白的网络结构也变得更加致密而连续,黑色孔隙也明显减少,说明面筋受到冰晶损伤程度较小。同时,对比图4(a)中a_3和图4(b)中b_3面条截面完整的形态,可以推测,豆浆的添加不仅限制了淀粉吸水溶胀程度,使得更多的淀粉颗粒以较完整的形态紧密填充于蛋白网络中,也加强了淀粉和面筋蛋白、大豆蛋白之间的相互作用,进一步提升了蛋白网络的结构强度。而这些较为完整的淀粉颗粒和一些来源于豆浆中的固形物颗粒在一定程度上增加了面条体系固体物的体积分率,造成豆浆冷冻熟面硬度和拉断力变大的现象,这和前文质构测定中推测的结果相呼应。此外,可以发现,与图4(a)中a_3不同,图4(b)中b_3并未出现淀粉凝胶状的结构,说明面条内部体系持水性的提高,可抑制淀粉凝胶形成,进而防止淀粉老化,这和DSC对淀粉老化焓测定的结果也吻合。



字母下标1–3分别为:淀粉形态;蛋白网络形态;截面整体形态

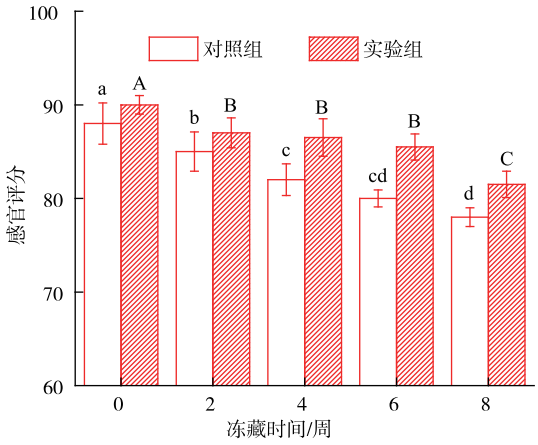
图4 添加豆浆对冷冻熟面截面微观结构的影响

Fig. 4 Effect of soybean milk addition on cross section microstructure of frozen-cooked noodles

2.6 冷冻熟面冻藏期间的感官评分

感官实验是借助人的感觉器官对食物的色、香、味以及表观状态进行评价的过程。本文对对照组和实验组的冷冻熟面进行了感官实验。图5显示,对照组冷冻熟面在冻藏6周之后,感官评分低于80分,说明此时的面条口感已经很难满足优质产品的标准。而豆浆冷冻熟面,在整个实验周期中普遍具有较高的综合评分,且可以发现,其冻藏期间品质相对保持稳定,实际货架期在两个月以上。

结合前文的研究结果可以得到,豆浆的添加,从内在结构上改善了面团的黏弹性,也使得面条的蛋白网络更加紧密而连续,淀粉被很好地包裹,提升了面条的质构品质;从内在组分变化上,可以有效降低可冻结水的质量分数,从而减少对面筋网络的破坏,并且也有效地抑制了淀粉老化的速率。这说明冷冻熟面的宏观品质及冻藏稳定性和它内在的结构与组分的变化密切相关。



同一格式的不同字母代表数据之间有显著性差异

图 5　添加豆浆对冷冻熟面感官品质的影响

Fig. 5　Effect of soybean milk addition on sensory properties of frozen-cooked noodles

3 结　语

添加一定质量比(9.3 g/100 g)的豆浆显著改善了冷冻熟面的品质。其中,面条的硬度、弹性、咀嚼度以及拉断力均有不同程度的增大。此外,冻藏期间的口感保鲜期也从普通的 4~6 周左右延长到 8 周以上。从 DSC 的实验结果以及微观结构(CLSM)分析发现,在冻藏过程中,豆浆冷冻熟面内部可冻结水质量分数一直稳定在 60%~70%,后期淀粉的老化焓抑制在 1.51 J/g 以下,但两者均低于空白对照组。一方面,豆麦混合蛋白持水性的提高以及大豆多糖容易结合水分子形成胶体的特点,提高了面条内部结合水质量分数,抑制了淀粉的老化和可冻结水的生成,从而也降低了对面筋网络的破坏;另一方面,由于大豆磷脂和大豆蛋白等物质具有良好的乳化特性,与淀粉、面筋蛋白等形成复合物使体系更加稳定牢固,从而加强了面筋网络的结构,提高了面条的质构品质。因此,豆浆作为天然添加物,实为一种健康、经济、有效的冷冻熟面品质改良剂。

参考文献:

[1] 骆丽君. 冷冻熟面加工工艺对其品质影响的机理研究[D]. 无锡:江南大学,2015.
[2] 郑子懿. 冷冻面条在储藏期间的品质变化研究[D]. 郑州:河南工业大学,2013.
[3] 钱晶晶. 添加剂对速冻熟面品质影响及其流变学特性研究[D]. 郑州:河南工业大学,2011.
[4] FENG Junmin,ZHANG Hui,WANG Li,et al. Improvement of frozen noodle quality [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**,2012,31(19):1080-1086.(in Chinese)
[5] LIN Jing,LIU Bin. Effect of soybean soluble polysaccharides on quality of dry noodle [J]. **Journal of Huaiyin Institute of Technology**,2016,25(3):40-43.(in Chinese)
[6] CHEN Jie,MO Songcheng,WANG Chun,et al. Study on the effect of amulsified oil on noodles quality [J]. **Journal of Henan university of Technology(Natural Science Edition)**,2008,29(3):4-7.(in Chinese)
[7] LI Hong,SUN Dongxian,LI Maozhi,et al. Effect of concentrated and powder soybean phospholipids on the quality of frozen dumplings[J]. **Science and Technology of Food Industry**,2016,37(4):192-195.(in Chinese)
[8] XIAO Dong,ZHOU Wenhua,DENG Hang,et al. Research of inhibition of retrogradation mechanism for fresh wet noodle by emulsifier[J]. **Modern Food Science and Technology**,2016(10):118-124.(in Chinese)
[9] SUN Xiaohong,GUO Xingfeng. Application of enzyme in noodles processing[J]. **Grain Processing**,2014(6):40-44.(in Chinese)
[10] MAO Rujing,YANG Fumin. Effects of 3 quality improvers on texture and cooking property in fresh wet noodles [J]. **Journal of Gansu Agricultural University**,2017,52(4):164-170.(in Chinese)
[11] YANG K,KEE J I,LEE S,et al. Quality improvement of rice noodle restructured with rice protein isolate and transglutaminase[J]. **Food Chemistry**,2014,145(4):409-416.
[12] SILVA E,BIRKENHAKE M,SCHOLTEN E,et al. Controlling rheology and structure of sweet potato starch noodles with high

broccoli powder content by hydrocolloids[J]. **Food Hydrocolloids**,2013,30(1):42-52.
[13] MAYRA D R,CALDERON D G,SALGADO C M D L P,et al. Sponge cake microstructure,starch retrogradation and quality changes during frozen storage[J]. **International Journal of Food Science & Technology**,2016,51(8):1744-1753.
[14] ZWEIFEL C,HANDSCHIN S,ESCHER F,et al. Influence of high-temperature drying on structural and textural properties of durum wheat pasta[J]. **Cereal Chemistry**,2003,80(2):159-167.
[15] SINGH S,SINGH N. Relationship of polymeric proteins and empirical dough rheology with dynamic rheology of dough and gluten from different wheat varieties[J]. **Food Hydrocolloids**,2013,33(2):342-348.
[16] RIBOTTA P D,LEON A E,ANON M C,et al. Effect of freezing and frozen storage on the gelatinization and retrogradation of amylopectin in dough baked in a differential scanning calorimeter[J]. **Food Research International**,2003,36(4):357-363.
[17] TRAYNHAM T L,MYERS D J,CARRIQUIRY A L,et al. Evaluation of water-holding capacity for wheat-soy flour blends[J]. **Journal of the American Oil Chemists Society**,2007,84(2):151-155.
[18] TAN Hongzhuo,TAN Bin,GAO Hong. Study on the dynamic properties and retrogradation mechanism of sweet potato starch[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**,2008,27(6):21-27.(in Chinese)
[19] MILES M J,MORRIS V J,ORFORD P D,et al. The roles of amylose and amylopectin in the gelation and retrogradation of starch [J]. **International Journal of Food Engineering**,2014,135(2):271-281.
[20] LI Liangliang,GUO Shuntang. The research of influence of soybean protein isolate and polysaccharides on starch retrogradation of frozen steamed bread[J]. **Storage and Process**,2011,11(1):4-8.(in Chinese)
[21] XIAO Dong,ZHOU Wenhua,CHEN Shuai,et al. Effects of hydrophilic polysaccharides on moisture migration and regeneration process during shelf life of fresh noodles[J]. **Food Science**,2016,37(18):298-303.(in Chinese)
[22] DURRENBERGER M B,HANDSCHIN S,CONDE P B,et al. Visualization of food structure by confocal laser scanning microscopy(CLSM)[J]. **LWT-Food Science and Technology**,2001,34(1):11-17.
[23] SILVA E,SAGIS L M C,LINDEN E V D,et al. Effect of matrix and particle type on rheological,textural and structural properties of broccoli pasta and noodles[J]. **Journal of Food Engineering**,2013,119(1):94-103.

科　技　信　息

美国豁免丙烯酸钠/丙烯酰胺甲基丙烷磺酸共聚物的残留限量要求

2019年7月15日,据美国环保署(EPA)消息,美国环保署发布2019-14522号文件,豁免丙烯酸钠/丙烯酰胺甲基丙烷磺酸共聚物(Acrylamide-Sodium Acrylamidomethylpropanesulfonate Copolymer)的残留限量要求。

据了解,Lewis & Harrison, LLC代表BASF Corporation提出申请,美国环保署决定豁免丙烯酸钠/丙烯酰胺甲基丙烷磺酸共聚物在食品或饲料中的残留限量。

[信息来源]食品伙伴网. 美国豁免丙烯酸钠/丙烯酰胺甲基丙烷磺酸共聚物的残留限量要求 [EB/OL]. (2019-7-15). http://news.foodmate.net/2019/07/526364.html