

# 冷冻面条品质影响因素的研究进展

郑子懿, 陆启玉, 章绍兵

(河南工业大学粮油食品学院, 河南郑州 450001)

**摘要:** 冷冻面条是面条生产的一种新工艺。本文对冷冻面条开发的背景、现状和主要技术问题做了简要介绍, 并从宏观和微观上探讨了影响冷冻面条品质的相关因素, 主要包括以下几个方面: 冷冻面条的制作工艺, 熟面的冻结条件, 冷冻面条的冷藏条件, 胶体、乳化剂、变性淀粉以及冰结构蛋白等添加剂。

**关键词:** 冷冻面条; 冻结; 冷藏; 添加剂

**文章篇号:** 1673-9078(2013)2-434-437

## Research of the Factors Influencing the Frozen Noodle Quality

ZHENG Zi-yi, LU Qi-yu, ZHANG Shao-bing

(College of Grain, Oil and Food, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

**Abstract:** The frozen noodles were new noodles processing technology. This paper introduced the background, present condition and main technical problems of the frozen noodles. Correlation factor affecting quality of frozen noodles was investigated, mainly including production process of frozen noodles, freezing condition of cooked noodles, frozen storage condition of frozen noodles, additives like colloid, emulsifier, modified starch and ice-structuring protein.

**Key words:** frozen noodles; frozen; frozen storage; additives

冷冻食品易保藏, 可防止食品腐败变质, 具有营养、卫生、方便的特点。市场需求量大, 在发达国家占有重要地位, 在发展中国家的发展也十分迅速。目前河南、江苏、广东等国内多个省市均有速冻食品的生产线, 产品畅销国内外, 市场份额不断扩大。

1972年, 日本推出了冷冻面条, 1974年正式上市。冷冻面条是一种食品中间产物的保存技术, 能较好的保留面条原有的色、香、味及营养。冷冻面条除开速冻阶段, 其他的生产工艺几乎与鲜湿面条的制备工艺相同, 并且不需添加防腐剂, 食用方法多样。因为具有鲜湿面条的口感, 受到了韩国、日本等国的普遍欢迎。据调查在日本约有20%的工薪阶层午餐或者晚餐选择冷冻面条。在台湾也有陆士, 面宝, 宏德等有名的生产冷冻面条的公司。

冷冻面条在我国的起步时间较晚, 但是已初具规模, 竞争也日趋激烈。目前我国冷冻面条行业存在着储存条件高, 运输条件高等涉及成本的问题, 但是随着设备优化, 技术优化及群众的认同, 大量销售只是时间

收稿日期: 2012-09-28

基金项目: 国家自然科学基金项目 (21076061)

作者简介: 郑子懿 (1987-), 男, 硕士研究生, 研究方向为食品加工与资源开发

通讯作者: 陆启玉 (1956-), 男, 博士, 教授, 研究方向为食品加工与资源开发

问题。

冷冻面条可分为三类: ①冷冻熟面: 面条煮熟后快速冷冻, 面条在冻结状态下能长期保存, 冷冻熟面解冻后经简单调理即可食用; ②冷冻生面: 制成鲜湿面条后快速冷冻, 在冻结状态下冷藏; ③冷冻调理面: 面条煮熟后添加汤汁及佐料或完全调理后快速冷冻, 在冻结状态下能长期冷藏。其中以冷冻熟面最为常见。冷冻面条主要生产流程:

面粉、水、辅料→和面→熟化→复合压延→切条→煮面→水洗冷却→速冻→包装→冷藏

面条经过冷冻可以延长货架期。因为在低温下, 微生物的活力大大降低而不能繁殖, 酶反应也受到严重抑制, 并且食品化学反应较常温变慢, 所以不需添加防腐剂就可长期保存。经过冷冻处理而制得的面条的具有和普通面条相近的品质, 但是冷冻储藏的过程必然会对面制品产生不良的影响, 比如面条开裂, 表面粗糙, 蛋白质结构被低温的环境所破坏等等, 严重影响了产品的质量和消费者的心理, 所以提高面条在冷藏中的稳定性显得至关重要。

### 1 面条制作方法对冷冻面条品质的影响

为了生产高质量的面条, 真空搅拌是不可缺少的工艺流程。真空搅拌可使水分与面粉粒均匀的混合, 提高和面效率, 使面团结构更加紧密。

优良的压延方式使面块在低水分的状态下能够有较多形成氢键的机会, 拉近蛋白分子间的距离, 产生二硫键, 有利于面筋结构的形成。根据压延方向的不同, 压延方式可分为单向和多向压延。单向压延时, 面筋蛋白主要沿压延方向单向分布, 垂直方向形成较差; 多向压延则使面筋蛋白沿各个方向均匀分布。采用擀拉式复合压延能压出质量更高的面片。

合适的熟化条件可使面片中的水分分布更加均匀, 提高面团的延伸性。合适的熟化条件为: 温度 25 °C-30 °C, 相对湿度 70%~80%, 时间 30 min~40 min。

煮熟后的面条表面的粘性物质会使速冻后的面条相互黏着, 所以水洗冷却的步骤不可缺少, 水洗同时能够提高面条的韧性, 延缓水分流失。水洗的温度为 0 °C-5 °C, 水洗时间 1 min 左右。

吕莹果等人对传统冷冻面条制备工艺进行了改良, 认为冷冻面条最佳制备工艺是将面片厚 1.1 mm, 宽 3.4 mm 生面条, 置于蒸饭机中蒸 25 min 后取出, 并在沸水中煮 4 min, 冷却后在 -40 °C 速冻 30 min, 然后在 -18 °C 下冻藏。此工艺所制备的冷冻面条具有合适的宽度和厚度, 蒸煮效果最佳, 且感官评分优良<sup>[1]</sup>。王明明, 陈洁等人研究了冷冻面条和面时间、静置时间、加水量、加盐量等和面条件, 通过测定面条煮后剪切力(Firmness)、拉伸力(Kieffer)和质构分析(TPA)等各项指标, 研究和面工艺对冷冻面条品质的影响。试验结果表明: 和面时间为 2 min、静置时间 15 min、加水量 34%、加盐量 1% 制作的冷冻面条品质较好<sup>[2]</sup>。

## 2 冻结条件对面条品质的影响

面条冻结过程, 因冰晶的形成会造成面筋结构的损伤, 将导致冷冻面条最终品质变差。面条中水分种类与普通食品中的水分种类一样, 根据其结合状态可分分为可冻结结合水、结合水和自由水三种状态<sup>[3]</sup>。可冻结水由自由水和可冻结结合水组成, 非冻结水由结合水和一部分松散的结合水组成。可冻结水含量可通过计算差示量热扫描仪(DSC)曲线峰值下的面积所计算出的熔化焓值  $\Delta H$  来表示<sup>[4]</sup>。冰的密度为 0.9168 g/mL, 0 °C 时冰比水的体积增加约 9%, 冰的温度每下降 1 °C, 体积约收缩 0.01~0.005%。-20 °C 时体积增大 13%, 一般认为, 冷冻面条在冷冻后品质降低的主要原因就是冰晶膨胀压对面条组织结构的破坏造成的, 若膨胀压力过大, 甚至会造成面条破裂。面条煮后, 面条内外维持了一定的水分梯度。如果面条煮后, 没有立即冷冻, 则外部水分会逐渐向内部扩散, 面条会失去韧性, 即使复热后也不能回复原来品质, 因此面条煮后需迅速将其置入速冻箱。在 -40 °C 条件下,

面条中心温度可以最短的时间通过最大冰晶生成带 0 °C-5 °C。因为最大冰晶生成带越长, 冰晶体越大, 对面条的挤压作用越严重。

## 3 冷藏条件对面条品质的影响

### 3.1 冷藏条件对面条水分的影响

冷藏因素对冷冻面条中冰晶的影响极大。李玲玲的研究表明, 随冻藏时间的延长, 冰晶将破坏面筋网络结构, 使得水分从面筋网络结构中离析出来, 可冻结水的含量将增加, 且可冻结水含量占水的总含量的比例随着冻藏时间的延长而增加<sup>[5,6]</sup>。

可冻结水形成冰晶后体积增加, 表现出异常的膨胀特性, 将挤压蛋白质的三维网络结构。此外, 面条在冷冻贮藏过程中, 因温度波动引起的重结晶现象将引起湿面筋网络结构变化, 温度波动造成冰晶面积和直径的增大将加剧对面筋结构的破坏。并且因为冷藏温度的波动, 面条表面将失水, 失水部位失去透明感而呈现白色斑点, 煮熟后口感会下降。为了保持面条的水分梯度, 要气贮藏温度在 -18 °C 以下, 控制温度波动的频率和波动的幅度, 以防止重结晶现象发生。

### 3.2 冷藏条件对面筋蛋白的影响

蛋白质含量和组成从各个方面影响冷冻面条的品质。蛋白质含量与面条白度、表观状态呈负相关, 与面条质构特性, 尤其是煮熟面条的硬度、弹性呈正相关<sup>[7]</sup>。根据溶解特性, 小麦蛋白质分为可溶于水的清蛋白(albumins), 可溶于稀盐的球蛋白(globulins), 可溶于 70% 乙醇的醇溶蛋白(prolamins) 和只溶于稀酸或稀碱的麦谷蛋白(glutenins) 四种。清蛋白和球蛋白是生理活性蛋白, 决定小麦的营养价值; 醇溶蛋白和麦谷蛋白为贮藏蛋白, 是面筋的主要成分。麦谷蛋白(Glu) 是小麦储藏蛋白(即面筋蛋白)的重要组成部分, 由高分子量麦谷蛋白亚基(High molecular weight glutenin subunit, 简称 HMW-GS) 和低分子量麦谷蛋白亚基(Low molecular weight glutenin subunit, 简称 LMW-GS) 通过分子间二硫键聚合而成<sup>[8]</sup>。研究冷冻面条在冷藏过程中的品质变化, 就必须研究这些蛋白质在冷藏过程中的内在变化规律。

和面过程中, 面筋蛋白分子逐渐水化, 分子间相互作用形成三维网状结构<sup>[10]</sup>, 线形蛋白通过二硫键形成一个环状和网状结构, 线形链和麦醇溶蛋白通过范德华力连接起来<sup>[11]</sup>。此结构赋予了面团持水性、黏结性与黏弹性等流变学性质<sup>[12-13]</sup>。因此, 研究冷藏过程中冰晶对面筋蛋白结构的影响是研究冷冻面条品质变化的关键。P. D. Ribotta 等研究了冷冻和冻藏对面团中小麦面筋蛋白的影响, 认为醇溶蛋白仅能形成分子内

的二硫键,而麦谷蛋白既可以形成分子内二硫键也可以形成分子间二硫键。这些区别决定了麦谷蛋白在保持小麦面筋蛋白结构稳定性方面具有特殊的作用。研究发现,蛋白质在冷藏中发生了解聚作用,使得高分子量麦谷蛋白亚基减少<sup>[14]</sup>,这也和 C. J. Kennedy 的研究发现相似<sup>[15]</sup>。

维持蛋白质二级结构稳定性的因素主要有氢键、二硫键、疏水作用力以及共价键。疏水相互作用是维持蛋白质结构的主要作用力,它对蛋白质结构的稳定和蛋白质的功能特性具有重要作用<sup>[16]</sup>。冷藏将导致小麦面筋蛋白表面疏水性的提高。因为冰晶对面筋结构的破坏作用,导致面筋蛋白内部疏水基团暴露出来,使得小麦面筋蛋白表面疏水性提高。因温度波动而产生的重结晶现象也会提高面筋蛋白表面疏水性<sup>[17]</sup>。

二硫键是维持蛋白质三级结构的主要功能键,冷藏过程中的冰晶对小麦面筋蛋白结构的破坏将促进二硫键向巯基的转换,使得面筋蛋白中巯基含量增加,而使二硫键含量减少<sup>[18]</sup>。

二硫键对于维持小麦面筋蛋白的二级结构有重要作用。通过红外光谱对面筋蛋白进行的结构分析表明:面筋蛋白的二级结构以 $\beta$ -折叠为主<sup>[19]</sup>。宋国胜,胡娟等人用激光显微共聚焦拉曼光谱仪测定了不同冷藏时间的面筋蛋白二级结构,结果显示 $\alpha$ -螺旋的含量随冷藏时间的延长逐渐减小,无规卷曲的含量随着冷藏时间的延长逐渐增加<sup>[18]</sup>。刘国琴等采用圆二色谱法表征了不同冻藏模式和冻藏时间对小麦面筋蛋白二级结构的影响。结果表明:在 SDS 溶液中,未经冻藏的面筋蛋白二级结构主要由 $\beta$ -折叠和无规则卷曲组成;当冻藏时间小于 60 d 时,两种冻藏模式对小麦面筋蛋白的二级结构影响不大;恒温冻藏模式中面筋蛋白二级结构在冻藏 90 d 时变化最显著,易溶部分中 $\alpha$ -螺旋转化为 $\beta$ -折叠和 $\beta$ -转角,难溶部分中 $\beta$ -折叠和 $\beta$ -转角转化为 $\alpha$ -螺旋和无规则卷曲<sup>[20]</sup>。陆启玉,姚丽丽等人研究了不同冻藏时间内面条中麦谷蛋白、麦醇溶蛋白、SDS 可溶性麦谷蛋白、麦谷蛋白大聚体、直链淀粉、还原糖和戊聚糖含量等化学成分的变化,结果显示随冷藏时间的延长,麦醇溶蛋白、麦谷蛋白大聚体、直链淀粉、戊聚糖含量呈下降趋势,SDS 可溶性麦谷蛋白含量呈上升趋势,还原糖含量则先上升后下降<sup>[21]</sup>。因此,为了保持蛋白含量和组成的稳定性,冷藏时间最好在 5 周之内。5 周之后,面条品质下降的相当快。温度波动也不能过大,以防止重结晶现象对蛋白质氢键,疏水键,共价键的破坏。

### 3.3 冷藏条件对面条中其他成分的影响

#### 3.3.1 淀粉

淀粉赋予了面条弹性,是影响面条品质的一个重要因素。淀粉的含量对面条色泽有着重大的影响。师俊玲等(2001)利用扫描电镜研究了挂面和方便面的微观结构,指出淀粉通过缓解面筋强度、填补蛋白质网络空隙等途径,有增加面条白度等作用<sup>[22]</sup>。王晓曦,雷宏等人的实验表明:随着淀粉添加量的增加,面条的干物质吸水率、干物质损失率、蛋白质损失率都出现了上升的趋势;随着直链淀粉添加量的增加,面条的干物质吸水率出现了下降的趋势,而干物质损失率、蛋白质损失率都出现了上升的趋势;随着支链淀粉添加量的增加,面条的干物质吸水率出现了上升的趋势,而干物质损失率、蛋白质损失率都出现了下降的趋势<sup>[23]</sup>。

煮后的面条含水量较高,即使在冷藏下已糊化的淀粉仍然会发生老化。冷藏后面条复热后,口感会变差。随着冷藏时间的延长,冰晶的生长使得淀粉颗粒受到机械性的损伤,所以更容易被 $\alpha$ -淀粉酶作用,导致淀粉含量快速下降。直到冷藏时间到达一定程度, $\alpha$ -淀粉酶活性降低,淀粉的含量开始稳定。

#### 3.3.2 酶类

小麦中存在多酚氧化酶(PPO)和面制食品在加工和储藏过程中发生的褐变现象有直接关系。其中包括的反应为 PPO 催化酚类和一些氨基酸形成醌类,醌类再发生聚合反应生成褐色色素。酚类氧化产物如醌能够和胱氨酸的巯基、赖氨酸的 $\epsilon$ -氨基、氨基酸的 $\alpha$ -氨基发生反应生成其它物质<sup>[24]</sup>。一般的冷藏和冻藏不能完全抑制多酚氧化酶的活性。

随着冷藏时间的增加,直链淀粉被冰晶损坏的, $\alpha$ -淀粉酶的活性可能会增加。但冷藏时间足够长时, $\alpha$ -淀粉酶的活性将降低。

## 4 辅料对冷冻面条品质的影响

冷冻面条中使用添加剂能改善面条的品质。添加剂虽然不能完全消除冻藏对面条的不利影响,而且由于其安全性问题备受公众的质疑,但是添加剂确实能在一定程度上改善面条的品质。其中胶体类物质已被广泛的用于食品工业中。胶体可以改变食品结构,提高食品持水率,控制水分迁移,延迟淀粉老化。乳化剂,氧化剂和酶类也能很好的改善冷冻面条的品质。乳化剂作为双亲性分子能够插入蛋白、淀粉等大分子与水之间,提高面条在低温下的稳定性。糊化后的淀粉与乳化剂复合,可以阻止淀粉分子之间的结合,防止淀粉老化。变性淀粉由于具有亲水性基团,可使淀粉极性增强,亲水能力增大,提高淀粉在冷藏下的稳定性。吕莹果,王励铭等人将加入不同冷冻面条改良



剂配方所制备出的冷冻面条样品进行了感官评价。通过响应面优化分析,认为瓜尔胶,硬脂酰乳酸钠(SSL),木薯淀粉,葡萄糖氧化酶(GOD), $\alpha$ -淀粉酶的添加量分别为0.27866%、0.1%、4.999944%、0.003%、0.039775%时,面条品质最佳,且冻藏期可以达到半个月以上<sup>[25]</sup>。陈洁,钱晶晶等人选用瓜尔胶、海藻酸钠、魔芋胶、刺槐豆胶、黄原胶、CMC、聚丙烯酸钠、卡拉胶、结冷胶这9种不同食用胶加入冷冻面条,对冷冻面条进行剪切力、拉伸和TPA的测定。实验表明,黄原胶能显著提高面条的剪切力、拉伸力和咀嚼度,对面条品质的改良作用最好,且添加量为0.3%时整体表现效果最好;聚丙烯酸钠不仅能显著提高面条的剪切力和拉伸力,还能增加面条的拉伸距离,提高面条的延伸性;海藻酸钠和结冷胶能有效提高面条的剪切力和拉伸力;卡拉胶、刺槐豆胶和瓜尔胶相比前几种食用胶,整体表现一般;魔芋胶和CMC虽不能显著提高面条的剪切力和拉伸力,但能有效增大面条的拉伸距离<sup>[26]</sup>。

此外,我国卫生部于2006年公布冰结构蛋白(ice-structuring protein,ISP)。冰结构蛋白对面筋蛋白冻融稳定性方面的研究具有重要意义,是用于冷冻食品的新型食品添加剂。ISP有3种主要功能:热滞活性、修饰冰晶和抑制重结晶<sup>[26]</sup>。ISP能够通过减少湿面筋蛋白体系中的可冻结水含量,抑制冰晶形成和重结晶,从而减小冻藏过程中湿面筋蛋白网络遭受的破坏<sup>[27-28]</sup>。即使是很低浓度的ISP,也能够抑制冷冻面条中冰晶的长大,从而保护冷冻面条的超微结构,延长冷藏期<sup>[29]</sup>。

## 5 结论

随着我国人民生活水平的不断提高,现代生活节奏的加快,人们迫切需要卫生安全且营养价值高的方便食品。冷冻面条的出现正迎合了人们的这些需要。冷冻面条的品质取决于多方面的因素。通过真空搅拌,擀拉式复合压延等方式可以制作出质量更高的面条,或者减小冷藏时的温度波动的频率和振幅来保持面条中冰晶和蛋白的稳定性。还可以加入添加剂来控制冷冻面条的自由水含量,减小冰晶对面筋网络的破坏,从而达到提高冷冻面条品质的目的。

## 参考文献

- [1] 吕莹果,王励铭,陈洁,等.冷冻面条制备工艺研究[J].粮食与油脂,2011,7:17-19
- [2] 王明明,陈洁,王春,等.和面工艺对冷冻面条品质影响的研究[J].河南工业大学学报,2011,8:49-52

- [3] Akon H, Lijima T. DSC investigation of the states of water in poly (vinyl-alcohol) membranes [J]. Polymer, 1985, 26: 1207-1211
- [4] PABLO D, ALBERTO E, MARIAC. A. 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: 357-363
- [5] 李玲玲,贾春利,黄卫宁,等.冰结构蛋白对湿面筋蛋白冻藏稳定性的影响[J].食品科学,2010,31:26-27
- [6] 宋国胜,胡松青,李琳.超声辅助冷冻对湿面筋蛋白中冰晶粒度分布及总水含量的影响[J].化工学报,2009,60(4):978-983
- [7] 刘锐,魏益民,张波.小麦蛋白质小麦蛋与面条品质关系的研究进展[J].麦类作物学报,2011,36:1183-1187
- [8] LUO C, GRIFFIN W B, BRANDLARD G, et al. Comparison of low and high molecular weight wheat glutenin allele effects on flour quality [J]. Theor Appl Genet, 2001, 102: 1088-1098
- [9] Singh H, Mac Ritche F. Application of polymer science to protein of gluten [J]. Journal of Cereals Science, 2001, 33:231-243
- [10] Taham A S, Shewry P R. Structural studies of cereal prolamins including wheat gluten [C]. Adv Cereal Sci Technol, 1990. 10: 1-78
- [11] Belton P S. On the elasticity of wheat gluten [J]. Journal of Cereals Science, 1998, 29: 103-107
- [12] TSIAMI A A, BOT A. Rheology of mixture of glutenin subfractions [J]. Journal of Cereals Science, 1997, 26: 1-9
- [13] LI W L, DOBRASZCZYK B J. Stress relaxation behavior of dough, gluten protein and gluten fractions [J]. Cereal Chemistry, 2003, 80: 333-338.
- [14] P D Ribotta, A E Leon, M C Anon. Effects of freezing and frozen storage of doughs on bread quality [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001, 49(2): 913-918
- [15] C J Kennedy. Freezing processed foods. In: Kennedy, C. J. (Ed), Managing Frozen Foods [M]. Woodhead Publishing, Cambridge, 2000
- [16] 黄曼,卞科.蛋白质疏水性测定方法研究进展[J].粮油食品科技,2004,12(2):31-32
- [17] 黄鸿兵,徐幸莲,周光宏.冷冻贮藏过程中温度波动对猪肉肌间冰晶、颜色和新鲜度的影响[J].食品科学,2006,27(8): 49-52
- [18] 宋国胜,胡娟,沈兴等.超声辅助冷冻对面筋蛋白二级结构的影响[J].现代食品科技,2009,25(8):860-864

- [19] 戈志成,张燕萍.对改性小麦面筋蛋白二级结构的红外光谱研究[J].中国粮油学报,2006,3:36-37
- [20] 刘国琴,阎乃珺,赵雷.冻藏对面筋蛋白二级结构的影响[J].华南理工大学学报,2012,5:19-22
- [21] 陆启玉,姚丽丽.冷冻面条在低温贮藏过程中化学组分的变化[J].食品科技,2005,2:82-86
- [22] 师俊玲,魏益民,张国权等.蛋白质与淀粉对挂面和方便食品品质及微观结构的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2001,29:44-50
- [23] 王晓曦,雷宏,曲艺等.面粉中的淀粉组对面条蒸煮品质的影响[J].河南工业大学学报,2010,31:24-26
- [24] Mason H S. Comparative biochemistry of phenolic compounds [J]. AdvanEnzymol, 1955, 16: 105
- [25] 吕莹果,王励铭,陈洁.冷冻面条的品质改良研究[J].中国食品添加剂,2011,5:107-110
- [26] 陈洁,钱晶晶,王春.胶体在冷冻面条中的应用研究[J].中国食品添加剂,2011,2:69-72
- [27] ATICI O, NALBANTOGLU B. Antifreeze proteins in higher plants [J]. Phytochemistry, 2003, 64: 1187-1196.
- [28] GRIFFITH M, EWART K V. Antifreeze proteins and their potential use in frozen foods [J]. Biotechnology Advances, 1995, 13: 375-402
- [29] 李玲玲,贾春利,黄卫宁.冰结构蛋白对湿面筋蛋白冻藏稳定性的影响[J].食品科学,2010,10:25-28