

# 补钙面条加工技术研究

许先猛<sup>1,2</sup>,董文宾<sup>1</sup>,孙皎皎<sup>1</sup>

(1. 陕西科技大学 化学与化工学院,陕西 西安 710021;

2. 运城职业技术学院 有机食品工程系,山西 运城 044000)

**摘要:**对添加胶原多肽螯合钙的补钙面条加工技术进行了研究。以猪皮明胶为原料,制备胶原多肽螯合钙,并对其结构进行了表征。添加胶原多肽螯合钙、猪皮明胶、复合磷酸盐和食盐对面条品质进行改良,通过感官评价对补钙面条的加工条件进行优化。试验结果表明,补钙面条的最佳配方为:胶原多肽螯合钙添加量为2%,猪皮明胶添加量为1.5%,复合磷酸盐添加量为0.8%,食盐添加量为1.5%,小麦粉94%。面条产品弯曲断条率为0,熟断条率为0,干物质失落率为6.9%,蒸煮吸水率为167.5%,面汤浊度为0.104。经感官评价,面条得分为88.7分。通过添加胶原多肽螯合钙,补钙面条中强化钙量为143.6 mg/100 g。补钙面条外观色泽良好,风味较好,食用营养价值高。

**关键词:**胶原多肽螯合钙;猪皮明胶;补钙;面条;品质

**中图分类号:**TS 213.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7561(2015)06-0019-06

## Processing techniques of fortified calcium noodle

XU Xian-meng<sup>1,2</sup>, DONG Wen-bin<sup>1\*</sup>, SUN Jiao-jiao<sup>1</sup>

(1. College of Chemistry and Chemical Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an Shaanxi 710021; 2. Department of Organic Food Engineering, Yuncheng Polytechnic College, Yuncheng Shanxi 044000)

**Abstract:** The processing technology of fortified calcium noodle with collagen peptide chelating calcium was studied. Collagen peptide chelating calcium was prepared with pigskin gelatin, and the structure was characterized. Collagen peptide chelating calcium, pigskin gelatin, compound phosphate and salt were studied for improving the quality of noodles. The processing technology of fortified calcium noodle was optimized by sensory evaluation. The research showed that the optimum formula of the product was collagen peptide chelating calcium 2%, pigskin gelatin 1.5%, compound phosphate 0.8%, salt 1.5% and the flour 94%. The bending broken ratio was 0, cooking broken ratio 0, loss rate of dry material 6.9%, water absorption rate 167.5%, and the turbidity of noodle soup 0.104. The score by sensory evaluation was 88.7. The calcium content of the noodles was 143.6 mg/100 g. The fortified calcium noodle showed high sensory quality and nutritional value.

**Key words:** collagen peptide chelating calcium; pigskin gelatin; to supplement calcium; noodle; quality

据统计<sup>[1]</sup>,我国小麦年产量超过1.2亿t,面条是小麦制品的主要形式之一,是仅次于面包的世界第二大方便主食<sup>[2]</sup>。面条食用方便、物美价廉、耐贮藏,深受广大消费者的欢迎。但是面条的营养成分不够丰富,且营养成分不平衡,因此面条营养改良

和强化是近些年面条研究的一个重要方向。

我国是猪肉生产大国,每年猪皮产量超过540万t<sup>[3]</sup>,用于食品级明胶的生产约20万t。猪皮明胶蛋白质含量高达33%,其中胶原蛋白含量为87.8%,具备高分子材料和蛋白质多级结构的双重特性<sup>[4]</sup>。明胶经酶解后得到的生物活性多肽在人体内吸收率较高<sup>[5]</sup>,具有多种生理功能<sup>[6]</sup>。国内外的学者们展开多肽与钙螯合作用的研究,BAO等<sup>[7]</sup>

收稿日期:2015-05-12

基金项目:山西省教育厅高等学校科技创新项目(20141123)

作者简介:许先猛,1984年出生,男,博士生。

通讯作者:董文宾,1951年出生,男,教授。

分析了多肽分子量与钙螯合的关系,李彦春等<sup>[8]</sup>通过小鼠试验证明了多肽钙补钙效果优于常规补钙制剂。营养调查表明<sup>[9]</sup>,我国人群钙摄入量普遍偏低,仅达到推荐量的50%左右。将胶原多肽螯合钙和猪皮明胶加到面条生产中,制成补钙面条,在补钙的同时提高了面条的营养价值,改良了面条的品质。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

食品级猪皮明胶:山东淄博宝恩生物科技有限公司;酸性蛋白酶(酶活 $\geq 50\ 000$  U/g):北京奥博星生物科技有限公司;胃蛋白酶(酶活 $\geq 1\ 200$  U/g):国药集团化学试剂有限公司;葡萄糖酸钙:浙江康普达生物科技有限公司;胶原多肽粉末:实验室制备;盐酸、氢氧化钠和95%乙醇均为分析纯。小麦粉(特一粉):市购;加碘食盐和复合磷酸盐均为食品级。

VERTEX 70 傅立叶变换红外光谱分析仪:德国 Bruker 公司;S-4800 场发射扫描电镜:日本 Hitachi 公司;D/max2200PC-X 光衍射仪:日本 Rigaku 公司;真空冷冻干燥机:北京博医康实验仪器有限公司;XX80EL005 型超滤系统:美国 MILLIPORE 公司;722 型可见分光光度计:上海光谱仪器有限公司;WH-1 微型漩涡混合仪:上海沪西分析仪器有限公司;FK156-3/2 家用面条机:101-1AB 型电热鼓风干燥箱;天津市泰斯特仪器有限公司。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 猪皮胶原多肽粉末制备

采用复合酶水解制备胶原多肽<sup>[10]</sup>。先用酸性蛋白酶在温度 50 ℃, pH 6.0, 料液比 1:20, 酶浓度 1.0% 条件下水解 3 h, 然后用胃蛋白酶在温度 45 ℃, pH 3.0, 酶浓度 0.5% 条件下水解 3 h, 灭酶。采用超滤系统制备分子量小于 5 ku 多肽溶液, 低温真空浓缩, 冷冻干燥, 制得胶原多肽粉末。

#### 1.2.2 胶原多肽螯合钙制备

胶原多肽/水料液比 1.5:100, 多肽/葡萄糖酸钙质量比 5.5:1, 在 pH 6.0, 反应温度 60 ℃ 下, 搅拌反应时间 130 min, 搅拌速度为 30 r/min。在 60 ℃ 条件下真空浓缩至原体积 1/3 至 1/5, 用 10 倍体积 95% 乙醇进行沉淀, 在 4 ℃ 冰箱中静置 6 h, 过滤后真空冷冻干燥, 制得多肽螯合钙粉末<sup>[10-12]</sup>。经测定, 钙含量为 7.18% (重复三次取平均值)。

#### 1.2.3 紫外光谱(UV)分析 配制浓度为 0.2% 胶

原多肽和多肽螯合钙水溶液, 在波长 190 ~ 500 nm 范围内扫描。

1.2.4 红外光谱(IR)分析 取适量冷冻干燥胶原多肽粉末和多肽螯合钙样品粉末, 采用 KBr 压片法进行压片, 测定它们在 600~5 000  $\text{cm}^{-1}$  的红外图谱。

1.2.5 扫描电镜(SEM)分析 将适量的胶原多肽粉末与多肽螯合钙冻干粉样品分别均匀涂抹于样品盘中, 进行喷金镀膜处理, 施加电压聚焦清晰后, 用 20 000 和 50 000 放大倍数获取图像。

1.2.6 X 衍射分析 用 X-光衍射仪, 在分析条件为 Cu 靶, Ka, 管电压 40 kV, 管电流 40 mA 下, 进行连续扫描, 扫描速度为 8 deg/min, 步长为 0.02 deg/step, 扫描角度范围  $2\theta$  为  $4^\circ - 60^\circ$ 。

1.2.7 钙含量分析 用 EDTA 法<sup>[11]</sup>测定, 取 3 次平行测量的平均值。

1.2.8 面条制作流程<sup>[13]</sup> 猪皮明胶、胶原多肽螯合钙粉末→加水溶胀→添加小麦粉→和面→揉制→熟化→轧面→切条→干燥→成品。

1.2.9 面条加工 按需称取猪皮明胶和胶原多肽螯合钙粉末, 加入 100 mL 约 40 ℃ 温水溶胀 20 min, 再加入 300 mL 温水, 搅拌至混合均匀。称取 1 000 g 小麦粉, 分次加入上述溶液, 和面 5 min; 将面团在 25 ℃ 条件下静置 25 min; 先后用压面机在压辊轧距间隙 3 mm 和 2 mm 处压片, 各 5 次, 最后在压辊轧距间隙 1 mm 处压片然后切成 2 mm 宽的面条; 在 45 ℃ 条件下干燥 8 h, 自然晾置 8 h。

#### 1.2.10 弯曲断条率测定

抽取 40 根面条, 截成 180 mm, 放在标有厘米刻度和角度的平板上, 固定零位端, 使面条弯曲成弧形, 未到规定的弯曲角度( $25^\circ$ )折断, 即为弯曲折断条数, 记为 a。

$$\text{弯曲断条率} = a/40 \times 100\%$$

#### 1.2.11 熟断条率测定

抽取 40 根面条, 截成 180 mm, 放入盛有样品重量 50 倍沸水的烧杯中, 加热, 保持水的微沸状态至面条内部硬心消失, 轻轻挑出, 计算熟断条率并检验烹调性, 断条数记为 b。

$$\text{熟断条率} = b/40 \times 100\%$$

#### 1.2.12 干物质失落率测定

干物质失落率按杜巍<sup>[14]</sup>等人的方法进行测定。

1.2.13 浊度测定

将定容好的面汤静置 15 min, 取上清液在 720 nm处测定吸光度, 即为面汤浊度。

1.2.14 蒸煮吸水率测定

蒸煮吸水率按刘延奇等人的方法进行测定<sup>[15]</sup>。

1.2.15 面条质量感官评定

将煮好的面条放入碗内, 按 SB/T10137—1993 的方法进行感官评价。

表1 面条感官评价评分标准

| 项目   | 满分  | 评分标准  |
|------|-----|---|
| 色泽   | 10  | 面条的颜色和亮度。面条白、乳白、奶黄色, 光亮为 8.5~10 分; 亮度一般为 6~8.4 分; 色发暗、发灰, 亮度差为 1~6 分。 |
| 外观状态 | 10  | 面条表面光滑和膨胀程度。表面结构细密、光滑为 8.5~10 分; 中间为 6.0~8.4 分; 表面粗糙、膨胀、变形严重为 1~6 分。  |
| 适口性  | 20  | 用牙咬断一根面条所需力的大小。力适中得分为 17~20 分; 稍偏硬或软 12~17 分; 太硬或太软 1~12 分。           |
| 韧性   | 25  | 面条在咀嚼时, 咬劲和弹性的大小。有咬劲、富有弹性为 21~25 分; 一般为 15~21 分; 咬劲差、弹性不足为 1~15 分     |
| 粘性   | 25  | 在咀嚼过程中, 面条粘牙强度。咀嚼时爽口、不粘牙为 21~25 分; 较爽口、稍粘牙为 15~21 分; 不爽口、发粘为 10~15 分。 |
| 光滑性  | 5   | 品尝面条时口感的光滑程度。光滑为 4.3~5 分; 中间为 3~4.3 分; 光滑程度差为 1~3 分。                  |
| 食味   | 5   | 品尝时的味道。具麦清香味 4.3~5 分; 基本无异味 3~4.3 分; 有异味为 1~3 分。                      |
| 总分   | 100 | 精制级小麦粉制品评分 ≥85 分, 普通级小麦粉制品评分 ≥75 分。                                   |

2 结果与分析

2.1 紫外光谱(UV)分析

将胶原多肽和胶原多肽螯合钙的水溶液在 190~500 nm 之间进行紫外扫描, 扫描结果见图 1。由图 1 可以看出, 胶原多肽的最大吸收峰在 231 nm, 而与肽螯合以后, 胶原多肽螯合钙最大吸收峰在 224 nm, 最大吸收峰发生了明显的位移, 主要是胶原多肽和钙螯合后螯合物中央离子与配位体键合的配合体内部电子的跃迁与游离配位体内部电子的跃迁时要求的能量不同, 相应原子的价电子跃迁不同, 多肽螯合钙螯合过程中其配体对光吸收性能发生了改变, 因此, 表明有新物质生成, 证实了胶原多肽和钙离子之间可能发生了螯合反应。

2.2 红外光谱(IR)分析

采用 KBr 压片法对胶原多肽粉末和多肽螯合钙粉末进行压片, 并测定胶原多肽和多肽螯合钙在 600 cm<sup>-1</sup>~5 000 cm<sup>-1</sup> 的红外图谱, 见图 2。

胶原多肽和胶原多肽螯合钙样品的红外光谱图

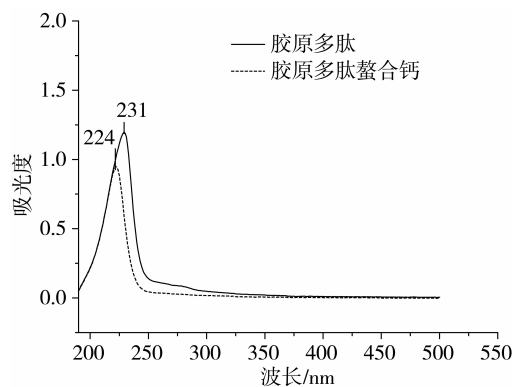


图1 胶原多肽和胶原多肽螯合钙的紫外吸收曲线

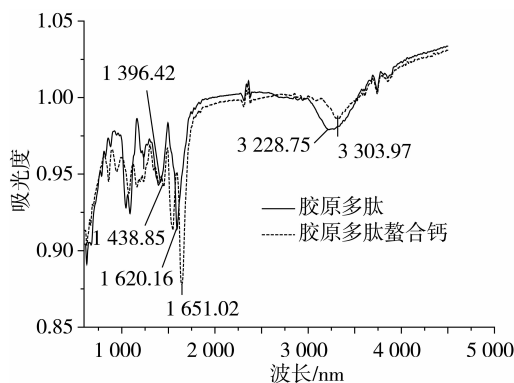


图2 胶原多肽和胶原多肽螯合钙的红外光谱图

见图 2, 胶原多肽红外光谱图的特征区中, -NH<sup>2</sup> 的吸收峰在 3 228.75 cm<sup>-1</sup>, 是由 N-H 的伸缩振动所引起的; 指纹区, C=O 的吸收峰在 1 620.16 cm<sup>-1</sup>, -COO- 的吸收峰在 1 396.42 cm<sup>-1</sup>。而胶原多肽螯合钙红外光谱图的特征区中, -NH<sup>2</sup> 的吸收峰移动到了 3 303.97 cm<sup>-1</sup>; 指纹区, C=O 的吸收峰移动到了 1 651.02 cm<sup>-1</sup>, -COO- 的吸收峰移动到了 1 438.85 cm<sup>-1</sup>。蛋白质中羧基和酰胺红外特征吸收峰的变化可以反映蛋白质中有机配体与金属离子发生了相互作用<sup>[16]</sup>, 比较胶原多肽螯合钙和胶原多肽的红外光谱, 可以看出胶原多肽螯合钙的红外光谱与胶原多肽的红外光谱发生了明显的变化, 多肽中氨基和羧基均参与了钙的螯合反应。

2.3 扫描电镜(SEM)分析

胶原多肽与胶原多肽螯合钙的电镜扫描结果如图 3 和图 4。

图 3 和图 4 分别是胶原多肽和胶原多肽螯合钙的电镜扫描图片, 图 3 为胶原多肽在 20 000 和 50 000 倍数下的电镜照片, 从图中可以看出胶原多肽呈现光滑均匀平面, 同时存在一定裂纹, 这应该是胶原多肽分子量较小(小于 5 ku), 胶原多肽组织状态较均匀细腻, 裂纹应该是胶原多肽在快速真空冷冻干燥后留下的裂纹。图 4 为胶原多肽螯合钙

20 000和50 000 倍数下的电镜照片,从图中可以看出许多不规则固体骨架嵌入平面内部,而且平面表面粗糙,无裂纹出现,应该是胶原多肽与钙发生了螯合,同时吸附了一定的螯合钙晶体,胶原多肽与钙螯合后交联性较强,经快速真空冷冻干燥后不会对产品状态产生影响和裂纹破坏现象。

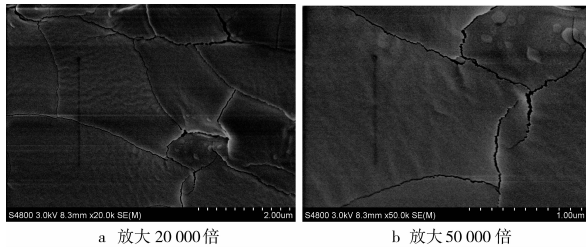


图3 胶原多肽电镜扫描图谱图

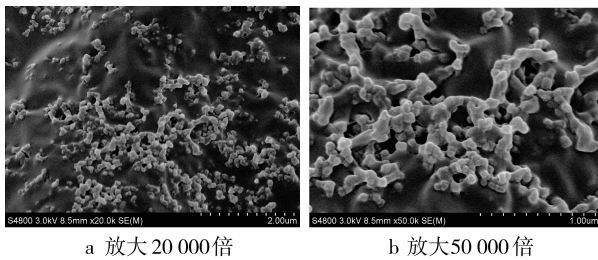


图4 胶原多肽螯合钙电镜扫描图谱

#### 2.4 X 衍射分析

胶原多肽与胶原多肽螯合钙的 X 衍射结果如图5 和图6。

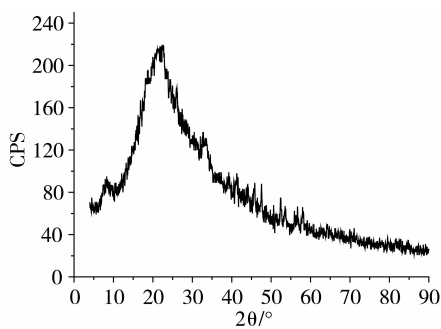


图5 胶原多肽 X 衍射图谱

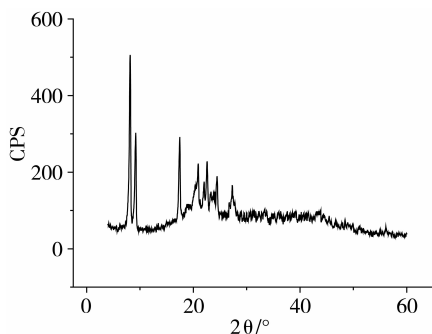


图6 胶原多肽螯合钙 X 衍射图谱

图5 和图6 分别是胶原多肽和胶原多肽螯合钙的 X 衍射图谱,由图5 可见,胶原多肽在  $2\theta$  为  $21.85^\circ$  附近出现衍射峰,但吸收峰本底较大,吸收峰强度不大,说明胶原蛋白被很大程度降解为胶原多肽,胶原多肽为无规则的非晶型结构。由图6 可见,胶原多肽与钙离子形成螯合物后,X 衍射图谱发生了较大的变化,胶原多肽螯合钙在  $2\theta$  为  $8.18^\circ$ 、 $9.22^\circ$ 、 $17.44^\circ$ 、 $20.96^\circ$ 、 $22.62^\circ$ 、 $24.42^\circ$ 、 $27.38^\circ$  处各有一个尖峰,而且图谱本底小,衍射峰高且尖锐,晶型较好。说明胶原多肽与钙发生了反应,生成了新的物质。

#### 2.5 补钙面条单因素试验

##### 2.5.1 胶原多肽螯合钙添加量对面条弯曲断条率和熟断条率的影响

在食盐添加量为 0.5%,复合磷酸盐添加量 0.6%<sup>[17]</sup>,猪皮明胶添加量为 2%<sup>[18]</sup> 的条件下加工面条,胶原多肽螯合钙添加量对面条弯曲断条率和熟断条率的影响实验结果如表2。

表2 胶原多肽螯合钙添加量对面条弯曲断条率和熟断条率的影响

| 胶原多肽螯合添加量/% | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------|---|---|---|---|---|---|
| 弯曲断条率/%     | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 5 |
| 熟断条率/%      | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

由表2 可以看出,胶原多肽螯合钙添加量小于 2%,弯曲断条率为 0。不添加胶原多肽螯合钙面条熟断条率和胶原多肽螯合钙添加量小于 5% 面条熟断条率都为 0。主要是由于胶原多肽螯合钙和猪皮明胶中亲水基团较多,同时明胶和胶原多肽具有精细有序的网络结构,凝胶强度较高,增加了面条的保水性,降低了干面条的脆性,增加了熟面条韧性。但是当胶原多肽螯合钙添加量超过 3%,面条相关品质呈现下降趋势。

##### 2.5.2 胶原多肽螯合钙添加量对面条干物质失落率的影响

在食盐添加量为 0.5%,复合磷酸盐添加量 0.6%,猪皮明胶添加量为 2% 的条件下加工面条,胶原多肽螯合钙添加量对面条干物质失落率的影响实验结果如图7。

由图7 可以看出,不添加胶原多肽螯合钙面条的干物质失落率为 5.97%,添加胶原多肽螯合钙面条的干物质失落率随着添加量的增加呈现不断升高的趋势,面条品质逐渐下降,这主要是由于面条中的

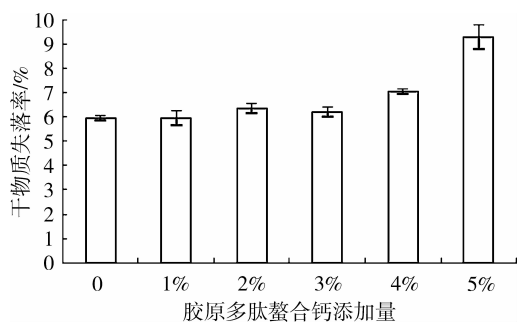


图7 胶原多肽螯合钙添加量对面条干物质失落率的影响

胶原多肽螯合钙在水中溶解度较高。通过采取与猪皮明胶同时加入的方法,猪皮明胶可以有效阻止面条中胶原多肽螯合钙和淀粉颗粒溶入水中,减缓干物质失落率升高速度。

### 2.5.3 胶原多肽螯合钙添加量对面条吸水率的影响

在食盐添加量为 0.5%,复合磷酸盐添加量 0.6%,猪皮明胶添加量为 2%的条件下加工面条,胶原多肽螯合钙添加量对面条吸水率影响的实验结果如图 8。

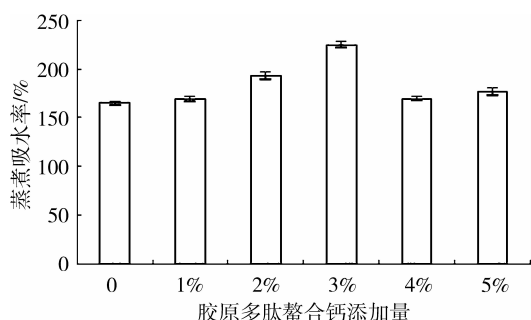


图8 胶原多肽螯合钙添加量对面条吸水率的影响

由图 8 可以看出,随着胶原多肽螯合钙添加量的增加,面条吸水率呈现先增大后减小的趋势。胶原多肽螯合钙添加量 3%,面条吸水率最高,为 224.74%。主要是由于胶原多肽螯合钙和猪皮明胶都具有较强的吸水溶胀性和胶凝特性,有效增加了面条的吸水率,但是随着添加量的增加,胶原多肽螯合钙会对面条产生一定的分散作用,造成面条淀粉颗粒的散落,一定程度的降低了面条的吸水率。

### 2.5.4 胶原多肽螯合钙添加量对面汤浊度的影响

在食盐添加量为 0.5%,复合磷酸盐添加量 0.6%,猪皮明胶添加量为 2%的条件下进行加工面条,胶原多肽螯合钙添加量对面汤浊度影响的实验结果如图 9。

由图 9 可以看出,面条的面汤浊度随着胶原多

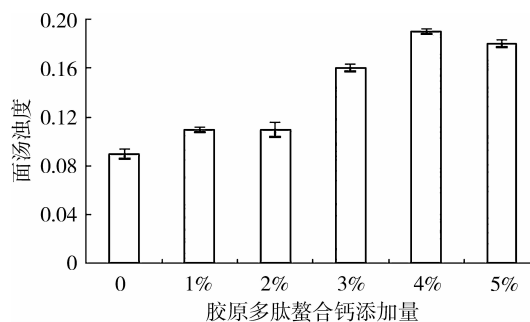


图9 胶原多肽螯合钙添加量对面汤浊度的影响

肽螯合钙添加量增加呈现增大趋势,胶原多肽螯合钙添加量大于 3%时,面汤浊度迅速增大。这主要是由于胶原多肽螯合钙会对面条产生一定的分散作用,造成面条水溶性物质的散落,从而增大面汤浊度。猪皮明胶具有较强的胶凝特性,可以一定程度上阻碍面条物质散落,当胶原多肽螯合钙添加量超过 3%时,阻碍效果不明显。

## 2.6 补钙面条正交试验

### 2.6.1 正交试验设计

考察胶原多肽螯合钙、猪皮明胶、复合磷酸盐和食盐的协同作用对面条感官品质的影响,进行正交试验设计,如表 3。

表3 感官评价因素水平

| 水平 | 因素           |           |            |         |
|----|--------------|-----------|------------|---------|
|    | 胶原多肽螯合钙(A)/% | 猪皮明胶(B)/% | 复合磷酸盐(C)/% | 食盐(D)/% |
| 1  | 1            | 1.5       | 0.4        | 1       |
| 2  | 2            | 2         | 0.6        | 1.5     |
| 3  | 3            | 2.5       | 0.8        | 2       |

### 2.6.2 正交试验结果

由表 4 极差分析可知,因素 A 中  $k_2 > k_1 > k_3$ ,取

表4 正交试验结果与极差分析

| 试验号 | 因素         |         |          |       | 面条评价得分 |
|-----|------------|---------|----------|-------|--------|
|     | 胶原多肽螯合钙(A) | 猪皮明胶(B) | 复合磷酸盐(C) | 食盐(D) |        |
| 1   | 1          | 1       | 1        | 1     | 88.3   |
| 2   | 1          | 2       | 2        | 2     | 84.6   |
| 3   | 1          | 3       | 3        | 3     | 80.1   |
| 4   | 2          | 1       | 2        | 3     | 86.7   |
| 5   | 2          | 2       | 3        | 1     | 85.5   |
| 6   | 2          | 3       | 1        | 2     | 81.4   |
| 7   | 3          | 1       | 3        | 2     | 89.4   |
| 8   | 3          | 2       | 1        | 3     | 84.7   |
| 9   | 3          | 3       | 2        | 1     | 74.9   |
| k1  | 84.3       | 88.1    | 84.8     | 82.9  |        |
| k2  | 84.5       | 84.9    | 80.1     | 85.1  |        |
| k3  | 83.0       | 78.5    | 85.0     | 83.8  |        |
| R   | 1.5        | 9.6     | 4.9      | 2.2   |        |

$A_2$ ; 因素 B 中  $k_1 > k_2 > k_3$ , 取  $B_1$ ; 因素 C 中  $k_3 > k_1 > k_2$ , 取  $C_3$ ; 因素 D 中  $k_2 > k_3 > k_1$ , 取  $D_2$ ; 故优化工艺配方为:  $A_2 B_1 C_3 D_2$ , 即胶原多肽螯合钙添加量为 2%, 猪皮明胶添加量为 1.5%, 复合磷酸盐添加量为 0.8%, 食盐添加量为 1.5%, 小麦粉 94%, 制备补钙面条。

### 2.7 补钙面条验证试验

在上述优化工艺配方条件下, 将胶原多肽螯合钙和猪皮明胶充分溶胀, 复合磷酸盐和食盐与小麦粉混合均匀后, 按料液比 5:2 加入温水和面, 熟化后制作面条。面条干燥后测定面条品质, 实验结果: 面条产品弯曲断条率 0, 熟断条率为 0, 干物质失落率为 6.9%, 蒸煮吸水率为 167.5%, 面汤浊度为 0.104。经感官评价, 面条得分为 88.7。

### 3 结论

胶原多肽螯合钙、猪皮明胶、复合磷酸盐和食盐复合作用对面条可以起到良好品质改良作用, 可以有效提高面条感官品质。在胶原多肽螯合钙添加量为 2%, 猪皮明胶添加量为 1.5%, 复合磷酸盐添加量为 0.8%, 食盐添加量为 1.5%, 小麦粉 94% 条件下, 面条产品断条率为 0, 干物质失落率和面汤浊度较低, 蒸煮吸水率合理, 感官评价较高。

胶原多肽螯合钙中钙含量为 7.18%, 按面条添加量为 2% 计, 面条中强化钙量为 143.6 mg/100 g, 成人按每天食用 200 g 面条计, 则可通过补钙面条摄入钙量为 287.2 mg。猪皮明胶和胶原多肽螯合钙中含有丰富的蛋白质和多种人体必须氨基酸, 通过添加可以有效增加面条中营养物质的含量, 提高面条食用的营养价值。

#### 参考文献:

[1] 中华人民共和国国家统计局. 2012 年全国粮食生产再获丰收. 2012.  
[2] 孙茹, 张正茂, 刘苗苗, 等. 营养功能性苗条研究现状[J]. 麦类作物学报, 2014, 34(4): 568 - 575.

[3] 于玮, 王雪蒙, 马良, 等. 猪皮胶原蛋白提取过程中酶解条件优化及结构鉴定[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2015, 37(4): 106 - 113.  
[4] A G Ward, A Courts. The science and technology of gelatin [M]. Academic Press, 1977. 241.  
[5] 杨芳宁, 张慧芸, 康怀彬, 等. 猪皮胶原蛋白制备及其抗氧化肽水解条件优化[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(4): 65 - 69.  
[6] Phannang Kaewruang, Soottawat Benjakul, Thummanoon Prodpran. Characteristics and gelling property of phosphorylated gelatin from the skin of unicorn leatherjacket [J]. Food Chemistry, 2014, 146: 591 - 596.  
[7] X L BAO, Y L V, B C YANG, et al. A study of the soluble complexes formed during calcium binding by soybean protein hydrolysates [J]. Food Chemistry, 2008(10): 1750 - 1754.  
[8] 李彦春, 祝德义, 靳丽强. 胶原多肽钙的制备及小鼠应用试验[J]. 中国皮革, 2005, 34(15): 36 - 41.  
[9] 韩樱, 何慧, 赵宁宁, 等. 蛋清肽-钙配合物体内促钙吸收作用研究[J]. 食品科技, 2012, 33(11): 262 - 265.  
[10] 张小强, 董文宾, 张闯等. 明胶抗氧化多肽制备的酶法筛选和响应面优化[C]. 中国农业机械学会国际学术年会论文集, 2012: 100 - 104.  
[11] 彭巧云, 沈菊泉, 魏东芝, 等. 正交试验优化胶原多肽螯合钙的制备工艺[J]. 食品科学, 2013, 34(8): 94 - 99.  
[12] 刘闪, 刘良忠, 李小娜, 等. 白鲢鱼骨胶原多肽螯合钙的工艺优化[J]. 食品科学, 2014, 35(10): 76 - 81.  
[13] 许先猛, 王里青, 李静茹, 等. 富含小麦麸皮高纤维面条加工工艺的优化[J]. 粮食加工, 2015, 40(2): 38 - 41.  
[14] 杜巍, 魏益民, 张国权, 等. 小麦品质与面条品质关系的研究[J]. 西北农林科技大学学报, 2001, 29(3): 24 - 28.  
[15] 刘延奇, 杨留枝, 陶颜娟, 等. 氧化淀粉对面条品质的影响研究[J]. 食品工业科技, 2006, 27(11): 65 - 68.  
[16] 付文雯. 牛骨胶原多肽螯合钙的制备及其结构表征[D]. 武汉: 华中农业大学, 2011.  
[17] 张茹, 张正茂, 刘苗苗, 等. 营养功能性面条研究现状[J]. 麦类作物学报, 2014, 34(4): 568 - 575.  
[18] 成少宁, 李静茹, 刘晓峰. 猪皮明胶对面条品质的影响研究[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(1): 259 - 261. 完