

H₂O₂ 在鸡骨明胶提取中的应用

刘小玲 许时婴

(江南大学食品学院, 无锡, 214036)

摘要 对明胶传统提取工艺进行改良,在骨素吸水膨胀阶段添加微量 H₂O₂ 并直接加热提取明胶,结果表明,骨素中添加 0.2% 的 H₂O₂,明胶的提取率提高近 3 倍,同时明胶的色泽浅,抗菌性好,但明胶的粘度与凝胶强度有所降低。改良的提取工艺极大地缩短了明胶生产时间,减少能耗。通过氨基酸和粘均分子质量的测定结果表明,由于 H₂O₂ 对芳香族氨基酸的破坏,加速胶原链的断裂解聚,因而使明胶的提取率提高,明胶粘均分子质量略有下降。红外光谱显示,该法提取的明胶不存在螺旋结构。

关键词 鸡骨,明胶,过氧化氢(H₂O₂)

明胶是一种重要的生物大分子材料,它以其溶胶-凝胶的热可逆性质,广泛应用于食品、医药、照相、化妆品等多种工业领域^[1]。

明胶的性质强烈地受到原料来源以及生产工艺的影响。工业上明胶传统的提取一般采用逐级升温,分道(即分次)熬胶工艺,即从 55℃ 开始提第一道胶,以后每升高 5~10℃ 提一道,直至 100℃。整个提胶需进行 5~8 道,耗时 40 h 左右^[2]。这种传统的熬胶方法耗时长、能耗大,而且所得的胶液太稀,体积庞大,浓缩的能耗大。同时浓缩本身也是一个受热的过程,时间延长,会促进次级水解,降低明胶的质量。长时间的加热也产生颜色反应,使明胶的色泽更黄。因此在不降低明胶性能的基础上如何有效地缩短明胶生产时间,提高明胶的提取效率、减少能耗是明胶工业急待攻关的难关。

过氧化氢(H₂O₂),俗称双氧水,在食品等多种领域中常作为消毒杀菌剂、漂白剂和氧化剂使用^[3,4]。在明胶生产的后续工段,也常用作漂白剂和杀菌剂使用^[5]。Noll 等人^[6,7]用明胶与 H₂O₂ 反应生产氧化型照相明胶。本文在鸡骨明胶的提取过程中加入适量 H₂O₂ 处理骨素,并研究 H₂O₂ 对明胶的提取率和明胶品质的影响,旨在缩短明胶的提胶时间,减少能耗,为明胶生产工艺提供一条新的工艺路线。

1 材料和方法

1.1 材料

鸡腿骨,大江集团;体积分数为 30% 的 H₂O₂,食品级;HCl,分析纯。

浸酸骨素^[8],浸灰骨素^[9]。

第一作者:博士研究生(许时婴教授为通讯作者)。

收稿日期:2004-12-22, 改回日期:2005-03-07

1.2 仪器与设备

501 型超级恒温水浴,上海市实验仪器厂;JB300-D 型强力电动搅拌机,上海标本模型厂;ZX98-1 旋转蒸发仪,上海欧特传动机电有限公司;TA * Xti 物性仪,英国 TA 公司;奥氏粘度计,乌氏粘度计,上海化学试剂公司;WSC-S 色差计,上海精密科学仪器有限公司;722 型分光光度计,上海精密科学仪器有限公司;1100 安捷伦液相色谱仪。

1.3 测定方法

凝胶强度,粘度,明胶提取率,色价见参考文献[9];明胶的冻点和熔点见参考文献[10],最小胶凝浓度见参考文献[10];H₂O₂ 含量测定见参考文献[11]。

抗菌性:2% 的明胶凝胶置于直径 9 cm 的培养皿中,敞口于室温下放置,以凝胶表面出现菌斑或有融化现象产生时经历的时间(d)来衡量。

粘均分子质量:采用乌氏粘度计测定明胶溶液在 35℃ 时的相对粘度 η_r ,以比浓粘度 η_{sp}/C 对浓度 C 作图,曲线外推至浓度为 0 时的比浓粘度为其特性粘度 $[\eta]$ ^[12]。根据高聚物分子量与特性粘度关系: $[\eta] = KMa$,其中 K 为给定温度与溶剂下的常数, α 为高聚物溶液体系的特性系数。明胶在以水为溶剂的体系中,35℃ 时的 K 和 α 分别为 0.166×10^{-4} ,0.885^[13],由特性粘度可以计算出明胶的粘均分子质量。

氨基酸组成测定:明胶以 6 mol/L HCl,真空封管,110℃ 水解 24 h,水解液采用氨基酸自动分析仪分析。

傅立叶红外光谱测定:明胶固体样品取约 1 mg,用 KBr 压片,在 4 000~400 cm⁻¹ 区间扫描。

1.4 工艺流程

传统提取工艺:骨素→粉碎→加水浸泡涨润→调 pH→提胶→后处理→鸡骨明胶 1

改良提取工艺:骨素→粉碎→加 H_2O_2 溶液浸泡
涨润→调 pH→提胶→后处理→鸡骨明胶 2

提取条件:pH 5, 温度 70°C , 加热时间 3 h, 搅拌
速率 100 r/min。

2 结果与讨论

2.1 H_2O_2 浓度对明胶提取液粘度的影响

骨骼中的矿物质经 HCl 溶液浸泡脱除后, 剩余的具有柔韧性的物质称为脱矿骨素。脱矿骨素再经石灰水浸泡处理后的骨素称为浸灰骨素, 两者统称骨素。骨素是以胶原蛋白为主的有机物。骨素在加热熬胶的过程中, 胶原蛋白逐渐被水解转化为可溶性的明胶, 使提取液的粘度逐渐提高。明胶的溶出主要受提取温度、pH 值、时间等影响。将骨素置于不同浓度 ($\text{gH}_2\text{O}_2/100\text{ g}$ 骨素) 的 H_2O_2 溶液中浸泡 24 h, 然后加热提取明胶, 提取液的粘度变化如图 1 和图 2。

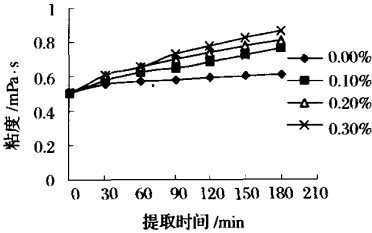


图 1 H_2O_2 浓度对明胶提取液粘度的影响(脱矿骨素)

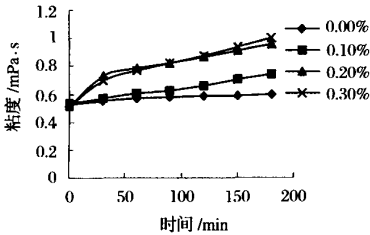


图 2 H_2O_2 浓度对明胶提取液粘度的影响(浸灰骨素)

由图 1、图 2 可见, 随着提取时间的延长, 溶液的粘度逐渐上升, 而随浸泡液中 H_2O_2 浓度的增大, 提取液粘度随提取时间上升而增加。由于相同体积的溶液中, 明胶溶液粘度与其浓度成正比, 因而提取液粘度的增加说明明胶的提取率增加。当不添加 H_2O_2 时, 加热到 60 min 时, 溶液的粘度已基本不增加, 明胶的提取率相当低。

在骨素浸泡涨润时添加 H_2O_2 , 可以明显提高明胶的提取率, 提高的程度随 H_2O_2 浓度增大而提高, 当 H_2O_2 浓度达到骨素的 0.2% 后, 再增大 H_2O_2 浓度对提高溶液粘度的程度不明显。0.2% 浓度的 H_2O_2

溶液可以使浸灰骨素的明胶提取液粘度在 180 min 时达到 0.955 mPa·s, 而脱矿骨素明胶提取液的粘度仅为 0.806 mPa·s, 由此可见, H_2O_2 处理对改善浸灰骨素的提取效果更显著。

2.2 H_2O_2 浓度对明胶品质的影响

从表 1 和表 2 可以发现, 在相同的提取条件下, H_2O_2 处理明显提高了明胶的提取率。 H_2O_2 浓度为 0.2% 时, 提取率比未加 H_2O_2 提高了近 3 倍。而 H_2O_2 处理使明胶的粘度和凝胶强度有一定程度的下降。随 H_2O_2 浓度增大, 明胶的粘度和凝胶强度越小。在 Lab 表色系统中, L^* 表示亮度, b^* 反映黄值, H_2O_2 处理后, L^* 变大, b^* 变小, 说明明胶的亮度增加, 黄度下降, 色泽更浅。

比较表 1 和表 2 可知, H_2O_2 使脱矿骨素的明胶提取率更高, 但粘度和凝胶强度相对较低。由于粘度和凝胶强度(冻力)是评价明胶的 2 个重要质量指标, 以浸灰骨素为原料, 采用 H_2O_2 处理, 可同时保证提取率和品质指标。经 0.2% H_2O_2 浓度处理后, 在 pH 5, 70°C 加热 3h, 得到的明胶提取率达 49.62%, 粘度为 4.43mPa·s, 凝胶强度为 1 148g。可见与传统的提取方法相比, 经 H_2O_2 处理提取的明胶明显缩短了热处理时间和强度, 降低了能耗, 同时明胶的品质可以保持在中高档胶的水平。

表 1 H_2O_2 浓度对脱矿骨素明胶性质的影响

| H_2O_2 浓度/% | 提取率/% | 粘度 /mPa·s | 凝胶强度 /g | 色 泽 | | |
|-----------------------------|-------|-----------|---------|-------|-------|-------|
| | | | | L^* | a^* | b^* |
| 0 | 21.26 | 3.78 | 1 836 | 43.37 | 3.79 | 14.19 |
| 0.1 | 48.12 | 3.26 | 1 098 | 48.12 | -1.29 | 4.28 |
| 0.2 | 54.95 | 2.98 | 1 104 | 48.12 | -0.25 | 7.5 |
| 0.3 | 62.85 | 2.49 | 1 041 | 49.57 | 0.32 | 11.86 |

表 2 H_2O_2 浓度对浸灰骨素明胶性质的影响

| H_2O_2 浓度/% | 提取率/% | 粘度 /mPa·s | 凝胶强度 /g | 色 泽 | | |
|-----------------------------|-------|-----------|---------|-------|-------|-------|
| | | | | L^* | a^* | b^* |
| 0 | 19.92 | 4.782 | 2 059 | 43.98 | 0.40 | 12.89 |
| 0.1 | 28.48 | 4.350 | 1 189 | 48.75 | -1.07 | 1.49 |
| 0.2 | 49.62 | 4.427 | 1 148 | 47.20 | -0.39 | 4.86 |
| 0.3 | 50.51 | 4.03 | 1 147 | 48.15 | -0.73 | 1.46 |

2.3 浸泡时间对明胶提取液粘度和明胶品质的影响

为了进一步提高明胶的提取率, 在不改变其他提取条件下, 以 0.2% H_2O_2 浸泡浸灰骨素不同时间。由图 3 可见, 不同浸泡时间, 明胶提取液粘度增长趋势一致; 浸泡时间越长, 明胶提取液的粘度有一定提高, 但提高不明显。由于涨润是在常温下进行的, 浸

泡时间对明胶溶液的粘度影响不大,说明需要在一定温度下才能发挥 H_2O_2 的作用。

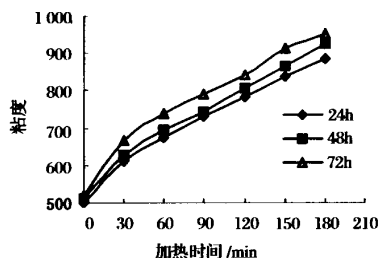


图3 H_2O_2 浸泡时间对明胶提取液粘度的影响(浸灰骨素)

表3显示随着浸泡时间延长,明胶提取率略有上升而明胶的粘度和凝胶强度略为下降。由此可见,浸泡时间对提高明胶的提取率没有显著影响。为缩短明胶生产工艺时间,采取24h的浸泡时间。

表3 过氧化氢浸泡时间对浸灰骨素明胶性质的影响

| H_2O_2 浸泡时间 /h | 提取率 /% | 粘度 /mPa·s | 凝胶强度 /g | 色 泽 | | |
|--------------------------------------|-----------|--------------|------------|-------|-------|------|
| | | | | L* | a* | b* |
| 24 | 49.62 | 4.427 | 1147 | 47.20 | -0.39 | 4.86 |
| 48 | 49.19 | 4.302 | 1093 | 48.88 | -1.11 | 1.08 |
| 72 | 50.21 | 3.928 | 1009 | 46.73 | -0.63 | 4.42 |

2.4 提取时间对明胶提取率和品质的影响

以0.2% H_2O_2 浸泡浸灰骨素24 h,然后将溶液调至pH 5,在70℃下提取不同时间,所得明胶的提取率和品质见表4。随着提取时间延长,明胶的提取率从3 h的49.62%提高到9 h的83.44%,但同时明胶的粘度和凝胶强度下降,但颜色随提取时间延长没有显著变化。这种变化趋势与传统提取方式是一致的,但颜色变深的程度比不经 H_2O_2 处理的小。可见,延长提取时间虽然提高了明胶的提取率,但降低了明胶品质。在明胶生产中,需要控制提取的时间和 H_2O_2 的添加量。

表4 提取时间对浸灰骨素明胶性质的影响

| 提取时间 /h | 提取率 /% | 粘度 /mPa·s | 凝胶强度 /g | 色 泽 | | |
|------------|-----------|--------------|------------|-------|-------|------|
| | | | | L* | a* | b* |
| 3 | 49.89 | 4.427 | 1 147 | 47.20 | -0.39 | 4.86 |
| 5 | 59.92 | 3.834 | 1 107 | 48.43 | -0.96 | 2.42 |
| 7 | 69.29 | 2.845 | 1 013 | 48.76 | -0.90 | 2.33 |
| 9 | 83.44 | 2.550 | 875 | 53.6 | -2.12 | 2.32 |

2.5 明胶的性质

以0.2% H_2O_2 浸泡浸灰骨素24 h,然后将溶液调至pH 5,在70℃下提取3 h,对所得的明胶的各项指标进行测定,以不加 H_2O_2 提取所得明胶作对照

(见表5)。尽管 H_2O_2 处理使明胶的粘度和凝胶强度有所下降,但粘度仍保留在中高档胶的水平,其最低胶凝浓度仅为0.8%。 H_2O_2 的残留量小于100 mg/L的要求^[1],同时由于存在微量的 H_2O_2 残留,致使其抗菌性显著提高。由此可见, H_2O_2 处理在显著提高明胶提取率的同时,也可使明胶的品质保留在较好的水平上。

表5 明胶的质量指标^[1]

| 指 标 | 明胶 1 | 明胶 2 |
|--|-------|------------------------|
| 粘度/mPa·s | 4.78 | 4.43 |
| 凝胶强度/g | 2 059 | 1 147 |
| 最低胶凝浓度/g·dL ⁻¹ | 0.5 | 0.8 |
| 冻点/℃ | 29.5 | 27 |
| 熔点/℃ | 34 | 30.5 |
| 抗菌性/d | 3 | 7 |
| H_2O_2 残留/mg·g ⁻¹ | — | 2.615×10^{-2} |

1) 鸡骨明胶1:浸灰骨素为原料,传统工艺提取;鸡骨明胶2:浸灰骨素为原料,改良工艺提取。

2.6 明胶的粘均分子质量

胶原为三股右手超螺旋结构,其分子质量为300 ku,由2条 α_1 链和1条 α_2 链组成。胶原转变为明胶,发生3股链的解聚或断裂,产生明胶。由于胶原水解的非专一性,导致明胶的相对分子质量具有一定分布和不确定性。明胶平均相对分子质量的大小和相对分子质量分布是决定明胶性质的重要因素。研究表明,明胶的性质与其链 α 组分的含量密切相关^[14],而明胶的分子质量<15 500 u时,基本没有胶凝性。水解程度较低的优质明胶产品分子质量约为55 000 u^[15]。通过测定比浓粘度,求得鸡骨明胶1和鸡骨明胶2的特性粘度分别为0.527 9和0.274 8(见图4、5),由 $[\eta] = KM\alpha$ 计算得二者的粘均分子质量分别为122 ku和58.5 ku。由于 α 链的相对分子质量为97 ku,从二者的粘均分子质量看,传统工艺提取的明胶保留了大量 α 链组分,因而性质较改良工艺提取的明胶好。 H_2O_2 处理后,明胶的粘均分子质量

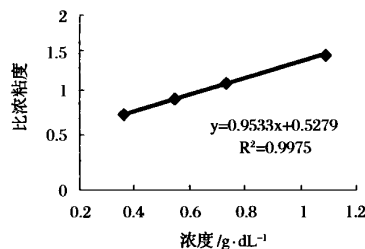


图4 鸡骨明胶1的比浓粘度和浓度关系

有所降低,但仍保持较好水平。

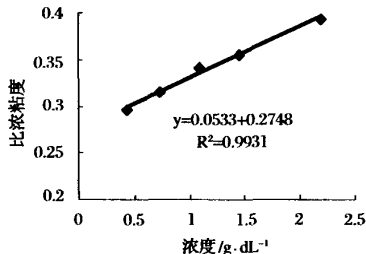


图5 鸡骨明胶2的比浓粘度和浓度关系

2.7 明胶的氨基酸组成

明胶作为胶原的水解产物,具有与胶原相似的氨基酸组成,同时由于明胶生产工艺的差异也可能引起氨基酸组成的改变。由表5可见,采用 H_2O_2 处理后,所得明胶的氨基酸组成发生一定程度的改变。经过 H_2O_2 处理后,组氨酸、酪氨酸、蛋氨酸和苯丙氨酸在明胶中的含量显著减少。这是因为酪氨酸和苯丙氨酸为芳香族氨基酸,具有光学敏感性,而蛋氨酸中的一S—含有2对孤对电子,因此,这些氨基酸较容易被 H_2O_2 攻击。胶原中这些氨基酸的破坏可直接导致胶原 α 链快速断裂,最终使粘均分子量降低而使提取率快速提高。

表5 鸡骨明胶的氨基酸组成(每1 000个氨基酸残基中氨基酸个数)

| 氨基酸 | 鸡骨明胶1 | 鸡骨明胶2 | 氨基酸 | 鸡骨明胶1 | 鸡骨明胶2 |
|------|-------|-------|------|-------|-------|
| 天冬氨酸 | 45 | 46 | 缬氨酸 | 20 | 19 |
| 谷氨酸 | 82 | 83 | 蛋氨酸 | 8 | 0 |
| 丝氨酸 | 27 | 27 | 苯丙氨酸 | 15 | 3 |
| 组氨酸 | 5 | 3 | 亮氨酸 | 12 | 11 |
| 甘氨酸 | 325 | 323 | 异亮氨酸 | 26 | 26 |
| 苏氨酸 | 20 | 20 | 赖氨酸 | 28 | 27 |
| 丙氨酸 | 119 | 122 | 脯氨酸 | 118 | 132 |
| 精氨酸 | 52 | 51 | 羟脯氨酸 | 80 | 92 |
| 酪氨酸 | 4 | 0 | 羟赖氨酸 | 13 | 11 |

2.8 明胶的红外光谱

鸡骨明胶1和鸡骨明胶2的红外光谱都表现出了蛋白质的特征吸收(见图6),在 $1\ 600\sim 1\ 700\text{ cm}^{-1}$ 存在酰胺I特征吸收带。酰胺I带通过去卷积可以分出3个子峰,它们的波数分别为: $1\ 650\sim 1\ 654\text{ cm}^{-1}$ 、 $1\ 646\sim 1\ 647\text{ cm}^{-1}$ 、 $1\ 631\sim 1\ 634\text{ cm}^{-1}$ 。鸡骨明胶1和鸡骨明胶2的各子峰的峰面积百分比不同。由于胶原由大量的Gly—X—Y的重复序列组成,而每个重复序列(即3个氨基酸残基)只存在一个维持3股螺旋的分子内氢键,一般胶原可形成3种形式的

C=O伸缩振动,一是没有氢键形成的C=O伸缩振动,其酰胺I带不随溶剂或相的改变而改变;二是存在内氢键参与的C=O伸缩振动;三是存在与水分子形成氢键的C=O伸缩振动。后2种因为氢键的形成使其羰基伸缩振动波数降低。通常氢键越强,降低越明显^[16]。X-射线衍射显示^[17],胶原3股螺旋内氢键比一般氢键弱,因而可以把3个子峰中 $1\ 646\sim 1\ 647\text{ cm}^{-1}$ 和 $1\ 631\sim 1\ 634\text{ cm}^{-1}$ 分别归属为分子内氢键和与水形成氢键的羰基振动。可见,子峰 $1\ 646\sim 1\ 647\text{ cm}^{-1}$ 占面积比越大,说明分子内氢键越强,由内氢键维系的胶原螺旋结构越多。红外光谱显示,传统提取工艺提取的明胶比改良提取工艺提取的明胶具有更多的螺旋结构。

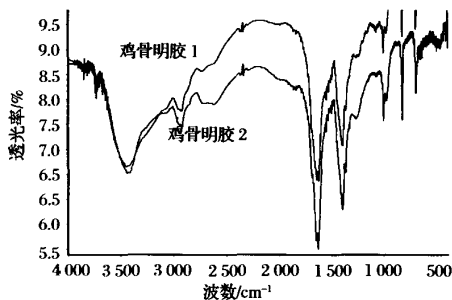


图6 明胶的红外光谱图

3 结 论

在明胶的提取过程中,在骨素中添加0.2%的 H_2O_2 ,浸泡24 h,在pH 5、70℃只需提取3 h,就可以使明胶的提取率达到50%左右,同时明胶颜色浅,抗菌性好。明胶的粘度和凝胶强度分别为 $4.43\text{ mPa}\cdot\text{s}$ 、 $1\ 147\text{ g}$ 。因此改良工艺可以有效缩短明胶生产时间,节约能耗,而且仍能保持明胶的品质。

H_2O_2 主要通过对胶原中的芳香族氨基酸如苯丙氨酸和酪氨酸以及蛋氨酸等的破坏使胶原肽链断裂,使明胶释放,提取率快速提高。粘均分子量和红外光谱解析表明, H_2O_2 处理后,明胶的粘均分子量下降,分子不存在螺旋结构。

参 考 文 献

- 1 Phillipa G O, Williams P A. Handbook of Hydrocolloids [M], New York: CRC Presss, 1992
- 2 Peter Harris. Food Gel[M]. London and New York: Elaevier Applied Science, 1990. 243~244
- 3 汪永超. 食品双氧水及其在食品行业中的应用[J]. 食品工

- 业科技, 2004, 25(3), 141~142
- 4 黄文诚. 蜜蜂过氧化氢的医疗作用[J]. 蜜蜂杂志, 2003 (2), 22~23
 - 5 沃德 A.G. 考茨 A.(美), 李文渊译. 明胶的科学工艺学[M]. 北京: 轻工业出版社, 1982. 181
 - 6 Noll F J, Wagner K. Determination: of cysteine/cystine in gelatin[J]. J Phot Sci, 1989, 37(1) 19~22
 - 7 李河冰, 闫天堂, 陈丽娟. 明胶氧化产物的分子量分布[J]. 感官科学与光化学, 1999, 17(2): 164~167
 - 8 刘小玲, 许时婴. 鸡骨明胶生产中浸酸工艺的控制[J]. 食品工业科技, 2004(8): 109~112
 - 9 刘小玲, 许时婴. 从鸡骨中制取明胶的加工工艺[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(9): 48~53
 - 10 徐 润, 梁庆华, 明胶的生产及应用技术[M]. 北京: 中国食品出版社, 1988. 192~204
 - 11 www. h2o2. com. cn
 - 12 Owen R F (美), 王 璋, 许时婴, 江 波等译. 食品化学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2003. 323
 - 13 复旦大学化学系高分子化学教研组编. 高聚物的分子量测定[M]. 北京: 上海科学技术出版社, 1982. 110
 - 14 史京京, 陈丽娟, 王 颖. 胶冻强度与明胶 a 组分关系的研究[J]. 感光科学与光化学, 2000, 20(6): 462~466
 - 15 胡国华. 功能性食品胶[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004, 163. 164
 - 16 谢晶曦, 常俊标, 王绪明. 红外光谱——在有机化学和药物化学中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001. 13
 - 17 Payne K J, Veis A. FTIR spectroscopy of collagen and gelatin solutions[J]. Biopolymers, 1988, 27: 1 749~1 760

Application of H_2O_2 in Gelatin Extraction from Chicken Bone

Liu Xiaoling Xu Shiying

(School of Food Science and Technology, Southern Yangtze University, Wuxi, 214036, China)

ABSTRACT The effect of H_2O_2 on yield and properties of gelatin extracting from chicken bone was studied. The result showed that the yield of gelatin increased about 3 times if 0.2% peroxide was added in ossein. Gelatin has bright color and good antibacterial ability, but lower viscosity and gel strength. Improving techniques of gelatin extraction resulted in shortening the processing time and decrease of energy cost. Analysis of amino acid and M_n showed that H_2O_2 make collagen disaggregate by destroying aroma amino acids, and make gelatin released and molecular weight decline. Analysis of FT-IR showed that gelatin contained no helix structure.

Key words chicken bone, gelatin, peroxide

信息窗

美国食品饮料公司研究激活味觉的新调料

为了争夺日益关注健康的消费者, 美国数家大型食品和饮料公司正在研究一种能产生甜味或咸味, 而实际上并未添加糖或盐的化合物作为新调料。

卡夫食品公司、雀巢公司、可口可乐公司和金宝汤有限公司目前都在与总部设在美国圣迭戈的生物技术公司 Senomyx 合作。这家公司已经研制出若干本身无味、但可以激活或阻碍口腔味觉感受器的化合物, 以加强或复制食品中的糖、盐和谷氨酸盐的味道。

如果在自己的产品中加入 Senomyx 公司研制的某种调味品, 制造商就可以在保持原有甜味或咸味的情况下, 将点心中的糖或汤料中的盐减少 1/3~1/2。但与人工甜味剂不同, Senomyx 的化合物将不再被单独列在配料标签上, 而是被归入已经在大部分食品包装中出现的笼统的“人工调料”类别。

Senomyx 公司使用的是生物技术公司用于研制新药物的许多同类研究技巧。舌头上的味觉感受器或口腔中的感受器群负责识别味道。Senomyx 公司通过利用人类基因组序列, 已辨别出数以百计的味觉感受器。新研制的化合物以加重盐或糖的味道的方式激活味觉感受器。研究人员仍在继续试验, 以确定哪些化合物效果最佳。食品安全专家在赞扬上述努力的同时, 也对新化学品表示了担忧。他们认为, 这些化学品在应用于食品之前还需继续试验。但 Senomyx 公司强调, 它的新产品是安全的, 因为新产品的使用量非常小。