

pH 和双醛淀粉 对罗非鱼鱼皮明胶膜性质的影响

唐兰兰,赵阳芳,翁武银*,陶忠,郑惠彬
(集美大学生物工程学院,福建厦门 361021)

摘要:考察了 pH 和双醛淀粉(DAS)对鱼皮明胶膜的机械性能和耐水性能的影响。结果表明,随着 pH 的升高,明胶膜的抗拉伸强度(TS)呈现先增加后降低的趋势,pH7 时达到最大值(23.78MPa),而膜的固形物溶解率(MS)和蛋白溶解率(PS)逐渐下降。当明胶膜添加了 DAS 后,膜的 TS 显著增大($p < 0.05$),而 MS 和 PS 都显著下降($p < 0.05$)。另一方面,在 pH7 下,添加 1.5% 的 DAS 可有效提高膜的机械性能和耐水性能。SDS-PAGE 分析结果表明,在成膜过程中 pH 对明胶蛋白组分没有产生明显的影响,DAS 与明胶蛋白之间发生了交联反应。

关键词:鱼皮明胶膜,双醛淀粉,机械性能,耐水性能

Effect of pH and dialdehyde starch on the properties of tilapia skin gelatin films

TANG Lan-lan,ZHAO Yang-fang,WENG Wu-yin*,TAO Zhong,ZHENG Hui-bin

(College of Biological Engineering,Jimei University,Xiamen 361021,China)

Abstract:The effect of pH and dialdehyde starch (DAS) on the mechanical properties and water resistance of edible gelatin films prepared from tilapia skins was investigated. With increasing pH of film-forming solution, the tensile strength(TS) of films firstly increased, but a decrease of TS was observed after pH7, where the maximum TS of 23.78MPa was found. However, the matter solubility(MS) and protein solubility(PS) of gelatin films decreased gradually with increasing pH. The TS of gelatin films increased when incorporating DAS into film-forming solution, while their MS and PS declined significantly. On the other hand, the mechanical properties and water resistance of films were effectively improved by adding 1.5% DAS at pH7. Based on the SDS-PAGE analysis, no obvious change in the gelatin components was found at different pH during the film forming process, and the crosslinking between gelatin proteins was mainly induced by DAS.

Key words:gelatin films;dialdehyde starch;mechanical properties;water resistance

中图分类号:TS206.4

文献标识码:A

文章编号:1002-0306(2014)01-0098-05

随着人们对生态环境保护意识的日益加强,利用蛋白质、多糖、脂质等天然高分子材料制备可食膜替代传统的塑料膜已成为近年来的研究热点之一^[1]。其中,蛋白可食膜不仅具有一定的营养价值,还具备良好的阻气性能和机械性能^[2],淡水鱼类明胶蛋白膜机械性能已经接近 OPP 塑料包装膜^[3-4]。然而,由于明胶蛋白中亲水性氨基酸含量较高,导致明胶蛋白膜耐水性能差,机械性能易受环境湿度影响^[1,4-5],限制了蛋白膜的应用范围。一般,利用物理交联、化学交联及酶交联等方法促进蛋白分子交联,可以提高蛋白膜的机械性能和耐水性能。然而,物理交联的

交联强度不够^[6],酶法交联采用的酶制剂成本太高^[7],而以戊二醛、甲醛、乙二醛为主的化学交联剂具有毒性,在可食膜中的应用受到限制^[8-10]。另一方面,利用氧化剂将淀粉中葡萄糖单元的羟基氧化成醛基得到的双醛淀粉(DAS)具有低毒性、生物可降解性、可再生性等特征^[11-12],其醛基与明胶分子中的赖氨酸和羟赖氨酸残基上的 ϵ -氨基容易发生交联反应^[13]。据报道,适量的 DAS 可以显著提高动物明胶膜的耐水性能^[14],而且可以提高明胶膜的抗拉伸强度、平衡溶胀率及耐热降解稳定性^[15]。然而,关于在不同 pH 鱼皮明胶成膜液中添加 DAS 对膜性质的影响目前却鲜有报道。本文利用罗非鱼鱼皮明胶制备可食性蛋白膜,考察了 pH 和 DAS 的添加对明胶蛋白膜性质的影响,为利用 DAS 改良明胶膜的性质提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

新鲜的尼罗罗非鱼鱼皮 由厦门同安源水产

收稿日期:2013-07-01 *通讯联系人

作者简介:唐兰兰(1989-),女,硕士研究生,主要从事蛋白质化学和水产加工研究。

基金项目:福建省高校新世纪优秀人才支持计划(JA11143);大学生创新创业训练计划项目(Z81255);厦门市科技计划项目(3502Z20123025)。

食品有限公司提供;双醛淀粉,AR 泰安市金山变性淀粉有限公司;甘油,AR 国药集团化学试剂有限公司;氢氧化钠,AR 广东光华化学厂有限公司;盐酸,AR 西陇化工股份有限公司;DC 蛋白测定试剂盒美国 Bio-Rad 公司。

UV-8000A 型紫外可见分光光度计 上海元析仪器有限公司;UM-113 型搅拌脱泡机 日本 Unix 有限公司;PSX 智能型恒温恒湿箱 宁波莱福科技有限公司;厚度仪 日本 Ozaki MFG 公司;TMS-PRO 质构仪 美国 Food Technology 公司;WSC-S 测色色差计 上海精密科学仪器有限公司;G:Box 凝胶成像仪 英国 Syngene 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 鱼皮明胶的提取 鱼皮明胶提取参照陈书霖等^[16]报道的方法。将罗非鱼鱼皮用相当于其质量三倍的 0.05mol/L NaOH 溶液在 4℃ 下浸泡 16h 后,用冰水漂洗至中性,再于室温下用三倍体积的 0.05mol/L HCl 浸泡 2h,用冰水漂洗至中性后,利用 80℃ 水浴浸提 1h,迅速冷却至室温后离心(15000 × g, 25℃, 20min),取上清液进行冷冻干燥制备成明胶粉末样品,保存在-18℃ 下,供以下实验使用。

1.2.2 鱼皮明胶蛋白膜的制备 在明胶粉末中加入适量蒸馏水溶胀 30min 后,利用 60℃ 水浴 30min 使明胶完全溶解,根据 Lowry 法^[17]利用试剂盒测定溶液中的蛋白含量,将明胶蛋白浓度调配至 2% (w/v),添加蛋白质量 20% 的甘油,利用 1mol/L NaOH 将溶液 pH 调整至目标值后,混合均匀得到成膜液,利用搅拌脱泡机对其脱泡后倒在 5cm × 5cm 的有机硅树脂框内,置于恒温恒湿箱中,在温度(25 ± 1)℃、相对湿度(RH)50% ± 5% 下干燥 24h 后制备成明胶蛋白膜。将膜从有机硅树脂上小心剥离,在温度(25 ± 1)℃、RH 50% ± 5% 的恒温恒湿箱中平衡 24h 后,作为实验的测试样品。

为了考察 DAS 对明胶膜性质的影响,将经 80℃ 水浴完全溶解的 DAS 添加到上述成膜液中。其中,考察不同 pH 下 DAS 对明胶膜性质的影响时,DAS 的添加量为明胶蛋白质量分数的 1%;考察 DAS 添加量对明胶膜性质的影响时,成膜液的 pH 为 7。

1.2.3 蛋白膜机械性能的测定 明胶蛋白膜机械性能参考翁武银等^[1]报道的方法进行测定。膜的抗拉伸强度(tensile strength, TS)和断裂延伸率(elongation at break, EAB)按照以下公式进行计算:

$$TS(\text{MPa}) = F/S$$

$$EAB(\%) = (E/30) \times 100$$

式中,F 为膜断裂时承受的最大张力(N),S 为膜的横断面积(m²);E 为膜断裂时被拉伸的长度(mm),30 为拉伸测试时初始间隔的距离(mm)。

1.2.4 蛋白膜颜色的测定 蛋白膜的颜色利用 WSC-S 测色色差计进行测定。膜的颜色参数为:L* (明度),a* (红绿值),b* (黄蓝值),其中白板的参数值为:L* = 91.86, a* = -0.88, b* = 1.42。

1.2.5 蛋白膜的蛋白溶解率和固形物溶解率的测定 将蛋白膜称重后放入含有 0.1% 叠氮钠水溶液的

锥形瓶中,在 30℃ 下振荡 24h 后,未溶解的蛋白膜在 105℃ 常压下干燥测定其重量,溶解在水中的蛋白质量根据 Lowry 法^[17]进行测定,膜中总蛋白质量利用凯氏定氮法进行测定。蛋白溶解率为溶解的蛋白质量占膜中总蛋白质量的百分比,固形物溶解率为溶解的蛋白膜干重占原始膜干重的百分比。

1.2.6 SDS-聚丙烯酰胺凝胶电泳(SDS-PAGE) 蛋白膜利用蛋白变性剂(2% SDS、8mol/L 尿素、20mmol/L Tris-HCl, pH8.8 的溶液)进行溶解后,溶解的蛋白利用 6% 的分离胶在 10mA 恒流下进行电泳,电泳结束后用考马斯亮蓝 R-250 染色液染色,然后用脱色液(V_{甲醇}:V_{乙酸}:V_水 = 30:10:60)脱色到背景完全透明为止,利用凝胶成像仪进行拍照保存。

1.2.7 数据统计与分析 所有数据采用 SPSS 17.0 软件进行 ANOVA 方差分析,显著性检验方法为 Duncan 多重检验,检测限为 0.05^[18]。

2 结果与分析

2.1 pH 对添加 DAS 罗非鱼鱼皮明胶膜性质的影响

2.1.1 明胶膜的机械性能 pH 和 DAS 对罗非鱼鱼皮明胶膜的抗拉伸强度(TS)及断裂延伸率(EAB)的影响如图 1 所示。在未添加 DAS 的条件下,随着成膜溶液 pH 的升高,膜的 TS 出现先增大后减小的趋势,在 pH7 时达到最大值。当明胶成膜溶液中添加蛋白质量 1% 的 DAS 后,任一 pH 下膜的 TS 都得到了显著提高($p < 0.05$),而且在碱性条件下制备的膜其 TS 明显高于酸性条件。DAS 中的醛基与明胶分子中赖氨酸(Lys)和羟赖氨酸(Hyl)残基上的 ε-氨基容易发生交联反应^[13],结果导致明胶膜的强度得到提高(图 1),可能在碱性条件下,明胶溶液中产生较多的游离 Lys 和 Hyl^[19],促进 DAS 与其交联,因此 TS 的增加幅度更大。

明胶膜的 EAB 在 pH6 时最低,添加了 DAS 后,在 pH6 和 pH7 下制备的明胶膜其 EAB 都得到显著增加。这可能是 DAS 中含有较多的羟基,具有明显的增塑作用,使明胶膜的延展性得到增强^[14]。然而,在 pH5、8 下 DAS 的添加没有使明胶膜的 EAB 产生明显的变化($p < 0.05$),而且也没有观察到 pH 对 DAS-明胶膜的 EAB 产生明显的影响,表明 DAS 的增塑作用具有一定的饱和性。

2.1.2 明胶膜的颜色 色泽是表征蛋白膜性能的一项重要指标,pH 和 DAS 对罗非鱼鱼皮明胶蛋白膜色泽影响结果如表 1 所示。由表 1 可知,未添加 DAS 时,pH 对明胶膜的 L* 值、a* 值和 b* 值均无显著影响($p > 0.05$)。当明胶膜添加了蛋白质量 1% 的 DAS 后,在 pH7 和 pH8 下制备的膜的 L* 值得到显著提高($p < 0.05$),表明膜的透明性得到增强。而膜的 a* 值和 b* 值则随着 DAS 的添加分别出现降低和升高,且随着 pH 的上升,两者的变化趋势增强。通常,DAS 与明胶蛋白之间的美拉德反应在中性或碱性条件下相对酸性条件时更易发生^[20],结果使膜的颜色变黄。

2.1.3 明胶膜的 SDS-PAGE 分析 明胶膜中蛋白组分的 SDS-PAGE 分析结果如图 2 所示。由图 2 可以看出,未添加 DAS 时,不同 pH 成膜溶液制备的明胶

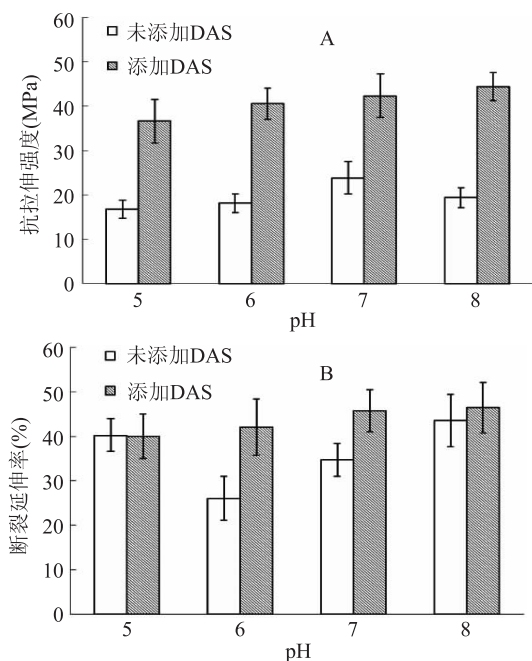


图1 pH和双醛淀粉(DAS)对罗非鱼鱼皮明胶膜抗拉伸强度和断裂延伸率的影响

Fig.1 Effect of pH and dialdehyde starch (DAS) on the tensile strength and elongation at break of gelatin films from tilapia skins
注:A:抗拉伸强度;B:断裂延伸率。

膜中主要蛋白组分没有明显差异,都是由 β 肽链、 α_1 肽链和 α_2 肽链组成。而当明胶膜添加了DAS后,在SDS-PAGE中观察到浓缩胶顶部存在明显的高分子组分(HMWF),表明DAS与明胶蛋白之间在干燥成膜过程中发生了交联反应,使膜的强度增强(图1)。

表1 pH和DAS对罗非鱼鱼皮明胶膜颜色的影响

Table 1 Effect of pH and DAS on the color of gelatin films from tilapia skins

样品	pH	L*	a*	b*
未添加DAS	5	89.60 ± 0.31 ^a	-1.01 ± 0.02 ^c	2.73 ± 0.11 ^a
	6	89.74 ± 0.34 ^a	-0.98 ± 0.01 ^c	2.63 ± 0.08 ^a
	7	89.89 ± 0.15 ^a	-1.04 ± 0.06 ^c	2.86 ± 0.11 ^a
	8	89.88 ± 0.30 ^a	-1.10 ± 0.09 ^c	2.84 ± 0.09 ^a
添加DAS	5	89.85 ± 0.10 ^a	-1.43 ± 0.09 ^b	3.18 ± 0.07 ^b
	6	89.91 ± 0.15 ^a	-1.48 ± 0.07 ^b	3.08 ± 0.04 ^b
	7	90.17 ± 0.11 ^b	-1.60 ± 0.03 ^a	3.25 ± 0.06 ^{bc}
	8	90.11 ± 0.09 ^b	-1.67 ± 0.07 ^a	3.37 ± 0.03 ^c

注:同一列不同小写字母表示显著性差异($p < 0.05$),表2~表4同。

2.1.4 明胶膜的耐水性能 膜的固形物溶解率(MS)可作为评价蛋白膜耐水性能的指标^[14],而膜的蛋白溶解率(PS)也用于判断膜中蛋白的交联效果^[21]。pH和DAS对罗非鱼鱼皮明胶膜MS和PS的影响结果如表2所示。由表2可以看出,未添加DAS时,明胶膜的MS和PS都随着成膜液pH的上升呈现降低的趋势,与文献[19]的报道相一致。当添加DAS后,膜的MS和PS也出现降低的趋势。通常,明胶蛋白中的氨基可与水结合形成氢键,而DAS容易

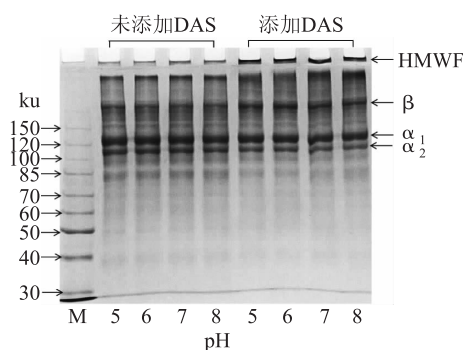


图2 罗非鱼鱼皮明胶膜的SDS-PAGE图谱

Fig.2 SDS-PAGE patterns of gelatin films from tilapia skins
注:HMWF:高分子组分;M:标准蛋白,图4同。

与Lys和Hyl的 ϵ -氨基发生交联,且在碱性条件下交联反应更易发生,因此降低了膜的吸水能力,使明胶膜的耐水性能得到提高。

表2 pH和DAS对罗非鱼鱼皮明胶膜固形物溶解率(MS)和蛋白溶解率(PS)的影响

Table 2 Effect of pH and DAS on the matter solubility (MS) and protein solubility (PS) of gelatin films from tilapia skins

样品	pH	固形物溶解率(%)	蛋白溶解率(%)
未添加DAS	5	97.03 ± 0.58 ^e	93.01 ± 1.91 ^f
	6	85.16 ± 0.30 ^d	87.12 ± 1.96 ^e
	7	73.95 ± 1.58 ^c	87.07 ± 2.44 ^e
	8	74.18 ± 2.29 ^c	78.32 ± 2.05 ^d
添加DAS	5	57.82 ± 2.17 ^b	71.56 ± 0.67 ^e
	6	58.54 ± 0.45 ^b	64.89 ± 1.73 ^b
	7	53.19 ± 2.17 ^a	61.73 ± 1.89 ^b
	8	51.91 ± 1.60 ^a	56.32 ± 2.35 ^a

以上结果表明,中性及碱性条件下的成膜液制备的明胶膜其机械性能(图1)和耐水性能(表1)都优于酸性条件下的样品。另一方面,明胶膜中添加DAS后,在中性及偏碱性条件下,明胶膜的强度得到明显提高($p < 0.05$),且其耐水性能也得到有效改善(表2)。然而,在实际应用中,中性条件的蛋白膜更适合用于包装食品,因此在pH7条件下进一步考察DAS添加量对明胶膜性质的影响。

2.2 DAS添加量对罗非鱼鱼皮明胶膜性质的影响

2.2.1 明胶膜的机械性能 在pH7条件下,随DAS添加量的增加,明胶膜的TS出现先增加后降低的趋势(图3)。这可能是由于DAS与明胶蛋白形成了过多局部交联点使膜的应力集中导致其强度降低^[15]。另一方面,少量的DAS会使明胶膜的EAB出现上升的趋势,当DAS的添加量超过蛋白质质量的1.0%时,膜的EAB不再发生明显的变化。这个现象再次表明DAS对鱼皮明胶膜的增塑作用具有一定的饱和性。

2.2.2 明胶膜的色泽 在pH7条件下,伴随着DAS添加量的增加,明胶膜的L*值没有显著变化,而a*值和b*值分别呈现下降和增加的趋势(表3)。这主要是DAS的添加促进了干燥成膜过程中的美拉德反应的发生,导致明胶蛋白膜变得越黄,这一结果类似于DAS添加对大豆分离蛋白膜^[21]和蛋清膜^[22]颜色的影响。

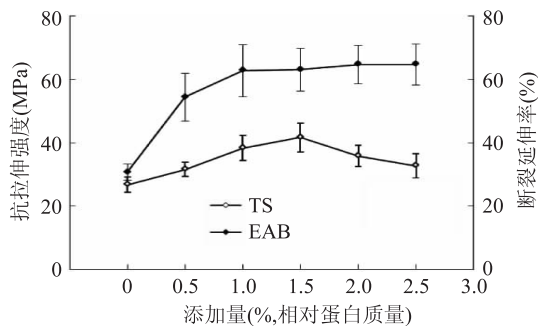


图3 DAS添加量对罗非鱼鱼皮明胶膜的抗拉伸强度(TS)和断裂延伸率(EAB)的影响

Fig.3 Effect of DAS content on the tensile strength(TS) and elongation at break(EAB) of gelatin films from tilapia skins

表3 DAS添加量对罗非鱼鱼皮明胶膜颜色的影响

Table 3 Effect of DAS content on the color of gelatin films from tilapia skins

添加量(% , 相对蛋白质质量)	L*	a*	b*
0	90.19 ± 0.16 ^a	-1.09 ± 0.10 ^d	2.78 ± 0.11 ^a
0.5	90.07 ± 0.11 ^a	-1.22 ± 0.03 ^c	2.99 ± 0.05 ^b
1.0	90.11 ± 0.09 ^a	-1.28 ± 0.06 ^c	3.22 ± 0.09 ^c
1.5	90.13 ± 0.20 ^a	-1.3 ± 0.09 ^{bc}	3.42 ± 0.10 ^d
2.0	90.13 ± 0.09 ^a	-1.41 ± 0.06 ^b	3.56 ± 0.15 ^d
2.5	90.20 ± 0.13 ^a	-1.51 ± 0.04 ^a	3.92 ± 0.04 ^e

2.2.3 明胶膜的 SDS-PAGE 分析 利用 SDS-PAGE 分析 DAS-明胶膜的蛋白组分,结果表明,在 pH7 条件下, DAS 添加量为 0.5% ~ 1.5% 时,浓缩胶顶部 HMWF 的条带浓度与添加量成正相关关系。然而,当进一步增加 DAS 时, HMWF 条带浓度出现了降低的趋势。这可能是过量的 DAS 与明胶蛋白组分大量交联,导致明胶膜在蛋白质变性剂(2% SDS、8mol/L 尿素)中的溶解性下降(数据未显示),因此形成的 HMWF 的条带浓度在 SDS-PAGE 中也降低。

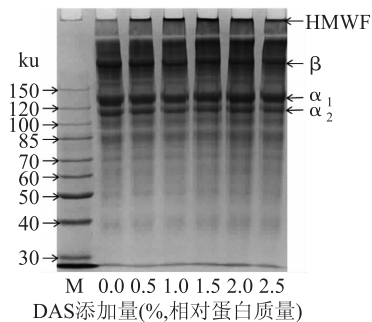


图4 罗非鱼鱼皮明胶膜的 SDS-PAGE 图谱

Fig.4 SDS-PAGE patterns of gelatin films from tilapia skins

2.2.4 明胶膜的耐水性能 表4 显示的是 DAS 添加量对明胶蛋白膜的 MS 和 PS 的影响。由表4 可知,在 pH7 条件下,随着添加量的增加,明胶蛋白膜的 MS 逐渐降低($p < 0.05$),这与文献 14 相吻合。当 DAS 添加量超过 2.0% 时,膜的 MS 和 PS 的下降幅度明显减缓(表4)。虽然 DAS 与戊二醛一样都含有醛

基,能够与明胶蛋白分子发生交联反应^[13],但可能是 DAS 分子量较大会产生空间位阻,与明胶蛋白的交联反应不容易发生彻底^[10,22],导致膜的 MS 和 PS 与 DAS 添加量之间没有呈现出线性关系。此外,有意思的是明胶膜的 PS 总是高于 MS,表明了明胶膜的耐水性能主要取决于明胶蛋白的溶解性。

表4 DAS添加量对罗非鱼鱼皮明胶膜的 MS 和 PS 的影响
Table 4 Effect of DAS content on the MS and PS of gelatin films from tilapia skins

添加量(% , 相对蛋白质质量)	固形物溶解率 (%)	蛋白溶解率 (%)
0	73.95 ± 1.58 ^c	87.07 ± 2.44 ^d
0.5	71.13 ± 1.51 ^c	88.70 ± 0.81 ^d
1.0	53.19 ± 2.17 ^d	61.73 ± 1.89 ^c
1.5	43.79 ± 0.45 ^c	51.57 ± 2.44 ^b
2.0	38.13 ± 0.73 ^b	40.51 ± 2.82 ^a
2.5	34.06 ± 0.44 ^a	38.49 ± 0.14 ^a

3 结论

利用罗非鱼鱼皮明胶可以制备无色透明的可食膜,成膜溶液的 pH 对明胶膜的色泽没有显著的影响,在中性和偏碱性条件下可以获得机械性能和耐水性能良好的明胶膜。当明胶膜添加了适量 DAS 后,膜的机械性能、耐水性能可以得到有效改善,而且碱性条件下的效果优于酸性条件。这主要是在碱性条件下 DAS 的添加会促进明胶蛋白分子之间发生交联反应,使膜的颜色变黄。

参考文献

[1] 翁武银,刘光明,苏文金,等.鱼皮明胶蛋白膜的制备及其热稳定性[J].水产学报,2011,35(12):1890-1896.
 [2] Ou S, Kwork KC, Kang Y. Changes in in vitro digestibility and available lysine of soy protein isolate after formation of film[J]. Journal of Food Engineering, 2004, 64(3):301-305.
 [3] 吴菲菲,翁武银,苏文金,等.罗非鱼鱼鳞明胶蛋白膜的制备及特性[J].食品工业科技,2013,34(11):277-282.
 [4] Shiku Y, Hamaguchi PY, Tanaka M. Effect of pH on the preparation of edible films based on fish myofibrillar proteins[J]. Fisheries Science, 2003, 69(5):1026-1032.
 [5] Hoque MS, Benjak Dal S, Prodpran T. Properties of film from cuttlefish (Sepia pharaonis) skin gelatin incorporated with cinnamon, clove and star anise extracts[J]. Food Hydrocolloids, 2011, 25(5):1085-1097.
 [6] 郑学晶,霍书浩.天然高分子材料[M].北京:化学工业出版社,2010:167-168.
 [7] Cao N, Fu YH, He JH. Mechanical properties of gelatin films cross-linked, respectively, by ferulic acid and tannin acid[J]. Food Hydrocolloids, 2007, 21(4):575-584.
 [8] Bigi A, Cojazzi G, Panzavolta S, et al. Mechanical and thermal properties of gelatin films at different degrees of glutaraldehyde crosslinking[J]. Biomaterials, 2001, 22(8):763-768.
 [9] Carvalho De RA, Grosso CRF. Characterization of gelatin

(下转第 105 页)

表5 不同成分在薄片制作过程中的损失程度

Table 5 Losses of different compositions during tobacco sheet producing process

	性质	理论预计值(%)	未烤薄片实际值(%)	损失率(%)	薄片实际值(%)	损失率(%)
还原糖	完全可溶	23.29	12.51	46.34	10.80	53.61
水溶性总糖	完全可溶	25.04	14.12	43.73	11.52	54.13
淀粉	基本不溶	13.64	13.82	-2.18	13.30	2.49
蛋白质	完全不溶	7.07	6.56	7.20	6.31	10.70

注:表中负值由实验检测误差造成。

当,但薄片制作过程中损失严重。

烟草薄片生产原料中大分子淀粉和蛋白质较烟草制品含量为低,可能是薄片能够降焦减害的原因之一。

淀粉、蛋白质等大分子不可溶物质加工损失率远小于还原糖、可溶性总糖等水溶性物质。

参考文献

- [1]唐胜,沈光林,饶国华,等.利用烟末酶液制备烟用美拉德反应香精的研究[J].食品工业科技,2011,32(4):268-271.
- [2]吕志中.对烟草行业技术改造工作的两点思考[J].建筑经济与管理,2006,11(4):189-191.
- [3]江选国.烟草薄片的开发应用[J].中外技术情报,1996(1):7-8.
- [4]司马炎,胡智辉.中国烟草行业体制改革研究与政策建议[J].湖南经济管理干部学院学报,2006,17(1):36-38.
- [5]刘刚毅.试论我国烟草薄片技术发展战略[J].烟草科技,1995(4):2-4.
- [6]缪应菊,刘维涓,刘刚,等.烟草薄片制备工艺的现状[J].中国造纸,2009,28(7):55-60.

[7]唐兴平,陈学榕,戴达松,等.烟草废弃物造纸法制烟草薄片[J].福建农林大学学报:自然科学版,2007,36(2):205-207.

[8]汪华文.造纸法薄片在卷烟中的应用效果分析[J].烟草科技,2000(8):15-16.

[9]韩文佳,赵传山.造纸法烟草薄片发展现状[J].黑龙江造纸,2007(4):47-49.

[10]安瑞,谢益民,王磊.白腐菌粗酶液处理对烟梗RMP木素含量及烟草薄片物理性能的影响[J].中国造纸,2012,31(7):35-37.

[11]张文同.雪茄烟草薄片酶萃取技术的应用[J].食品工业,2011(5):75-77.

[12]尹建雄,卢红,谢强,等.3,5-二硝基水杨酸比色法快速测定烟草水溶性总糖、还原糖及淀粉的探讨[J].云南农业大学学报,2007,22(6):829-838.

[13]李晓艳.浅谈凯氏定氮法测定食品中蛋白质注意事项[J].计量与测试技术,2008,35(8):74.

[14]中华人民共和国卫生部.GB 5009.5-2010.食品安全国家标准——食品中蛋白质的测定[S].北京:中国标准出版社,2010.

(上接第101页)

based films modified with transglutaminase, glyoxal and formaldehyde[J].Food Hydrocolloids,2004,18(5):717-726.

[10]Rhim JW, Gennadios A, Weller CL, et al. Soy protein isolate-dialdehyde starch films[J]. Industrial Crops and Products, 1998, 8(3):195-203.

[11]程庆魁,王硕,李秋鸿,等.双醛淀粉/胶原共混膜的制备及性能研究[J].皮革科学与工程,2010,20(6):8-16.

[12]王保全.双醛淀粉及其交联效率的研究[D].广州:广东工业大学,2004.

[13]Schacht E, Bogdanov B, Bulcke AVD, et al. Hydrogels prepared by crosslinking of gelatin with dextran dialdehyde[J]. Reactive and Functional Polymers, 1997, 33(2-3):109-116.

[14]Martucci JF, Ruseckaite RA. Tensile properties, barrier properties, and biodegradation in soil of compression-molded gelatin-dialdehyde starch films[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2009, 112(4):2166-2178.

[15]郑学晶,李俊伟,刘捷,等.双醛淀粉改性明胶膜的制备与性能研究[J].中国皮革,2011,40(23):28-36.

[16]陈书霖,陶忠,吴菲菲,等.鱼皮明胶蛋白膜的制备及其性质改良[J].集美大学学报:自然科学版,2012,17(5):

335-342.

[17]Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, et al. Protein measurement with the folin phenol reagent[J]. The Journal of Biological Chemistry, 1951, 193(1):265-275.

[18]Steel RGD, Torrie JH. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach[M]. New York: McGraw-Hill, 1980.

[19]Farris S, Song JH, Huang QR. Alternative reaction mechanism for the cross-linking of gelatin with glutaraldehyde[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2010, 58(2):998-1003.

[20]Nayudemma Y, Joseph KT, Bose SM. Studies on the interaction of collagen with dialdehyde starch[J]. Journal of the American leather chemists association, 1961, 56:548-567.

[21]Rhim JW, Gennadios A, Handa A, et al. Solubility, tensile, and color properties of modified soy protein isolate films[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48(10):4937-4941.

[22]Gennadios A, Handa A, Froning GW, et al. Physical properties of egg white-dialdehyde starch films[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1998, 46(4):1297-1302.