

潘佳昕, 杨 恒, 时海波, 等. 畜禽副产物明胶的研究进展[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(20): 37–43.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.20.006

# 畜禽副产物明胶的研究进展

潘佳昕, 杨 恒, 时海波, 张新笑, 邹 烨, 徐为民, 王道营

(江苏省农业科学院农产品加工研究所, 江苏南京 210014)

**摘要:**近年来,对传统畜源明胶的开发与应用已较为全面,畜禽类副产物因具有丰富蛋白质且量大廉价,成为制备明胶的一种潜在优质来源。本文通过对国内外最新的畜禽明胶制备工艺及其应用展开综述,对未来畜禽副产物明胶尤其是禽类副产物明胶的开发和应用前景进行展望。经调查,有关禽源明胶的制备已取得初步研究进展,同时联合现代化提胶技术可有效改善传统制胶工艺的局限性。本文可为寻找和开拓新型明胶的高效绿色制备工艺提供参考,通过对畜禽源明胶进行修饰和改性,使其在食品、医药等各个领域充分发挥作用,对明胶产业的发展具有重要意义。

**关键词:**畜禽副产物;明胶;制备工艺;应用;研究进展

**中图分类号:** TS209 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)20-0037-06

明胶是一种从动物性食品中提取的天然高分子化合物,是胶原在酸、碱、酶或高温下变性的水解产物<sup>[1]</sup>,来源广泛。胶原蛋白属于糖蛋白,存在于机体的结缔组织和间质组织中,是构成细胞骨架的重要组成部分。组成胶原蛋白的原胶原分子由 3 条呈螺旋状的肽链以平行、右手螺旋的缠绕方式形成三螺旋构象。胶原明胶化的过程涉及胶原三螺旋结构中非共价键的维系和稳定以及非共价键的破坏,三螺旋结构的展开使得非螺旋结晶区被破坏,从而释放胶原亚基分子<sup>[2]</sup>。

明胶及其改性产物具有多种营养特性和功能特性,被广泛应用至食品工业中,另外根据其特殊的构造和生物性被应用至医药领域。商业明胶基本源于猪、牛的皮和骨,鱼源明胶的凝胶性、成膜性、乳化及发泡能力低于传统的哺乳动物明胶。受宗教(如犹太教和伊斯兰教)信仰和畜类病毒(如朊病毒和口蹄疫病毒)等的影响,猪、牛明胶不被一部分消费者所接受。因此,开发禽源明胶作为猪、牛

明胶的取代品具有现实意义。

本文以畜禽副产物明胶为综述对象,介绍明胶的原料来源、制备方法及原理、研究现状及应用前景,以为为畜禽来源明胶的开发与利用提供理论指导,同时为哺乳动物明胶替代品的寻找提供参考。

## 1 畜禽副产物明胶的来源与制备

### 1.1 畜禽副产物明胶的来源

1.1.1 畜类来源 来源于哺乳动物的明胶产量占明胶总产量的 98% 以上[分别来自猪皮(46%)、牛皮(29.4%)和牛骨(23.1%)]。羊骨占羊胴体质量的 24%,蛋白质含量高达 18.6%,其中胶原蛋白含量占骨蛋白总量的 90% 左右。于玮等利用酸法从兔皮中制得了明胶<sup>[3-4]</sup>。曾爱国总结了沙特阿拉伯羊皮、天津羊皮、青海羊皮的制胶情况,认为可利用羊皮资源制备高级明胶<sup>[5]</sup>。驴皮胶(阿胶)作为我国传统中药,由马科动物驴的皮经熬制、浓缩干燥而成,与猪、牛皮明胶同源性较高。鹿皮中胶原蛋白占鹿皮总量的 18%,以梅花鹿及马鹿的皮为原料,经高温高压反复蒸煮熬制而成的鹿皮胶属于胶原蛋白粗提共混物。

1.1.2 禽类来源 家禽加工业是世界上发展最快的农业食品部门之一。鸡皮和鸡骨中胶原成分含量丰富,可为人们提取明胶提供良好的胶原蛋白及明胶原料。英国萨里大学的研究人员首次提取了鸡皮明胶并分析其结构和理化性质,提出鸡皮明胶有望成为商业明胶的替代品<sup>[6]</sup>。郑巧东等利用酸法提取出鸭掌明胶<sup>[7]</sup>。另外也有从鸡肉残渣中提

收稿日期:2019-11-21

基金项目:国家现代农业(肉鸡)产业技术体系建设专项(编号:CARS-41);国家自然科学基金(编号:31901612);江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(18)1006];江苏省自然科学基金(编号:BK20180300);江苏省农业科学院基本科研业务专项资金[编号:ZX(18)3009]。

作者简介:潘佳昕(1996—),女,江苏宜兴人,主要从事肉品副产物高值化开发与综合利用研究。E-mail:echo29828@163.com。

通信作者:邹 烨,博士,副研究员,主要从事肉品副产物高值化开发与综合利用研究。E-mail:zouye@jaas.ac.cn。

取明胶的试验。

### 1.2 明胶的制备方法

明胶的制备涉及胶原明胶化和热力提胶这 2 个过程。预处理会对胶原微观结构产生影响,使胶原中的亚基组分在热力提胶阶段中游离出来。胶原分子受热变性,水解为明胶,该过程随温度变化可分为热致变性阶段、热分解阶段、复杂反应阶段(主要为水解反应与非酶褐变反应)。在 62 ~ 63 ℃ 条件下,胶原链间氢键断裂,分子的空间结构部分解旋,生成的产品色泽较浅,冷却后形成凝胶;当温度达到 80 ℃ 时,分子的一级结构出现热降解,生成明胶水溶液。根据诱导胶原明胶化介质的不同,预处理工艺可分为酸法(A 型明胶)、碱法(B 型明胶)及酶法(E 型明胶)。皮明胶通常采用酸法提取,骨明胶利用碱法提取,而酶法应用面更广。利用超声波、微波、超高压辅助提取的现代加工技术也被应用到明胶的提取工艺中。

1.2.1 酸法和碱法 酸法和碱法利用酸或碱(石灰或氢氧化钠)结合胶原分子的碱性或酸性基团,使得分子内或分子间的离子键和氢键断裂,释放胶原分子,诱导胶原明胶化以便于后期热力提胶。国产明胶约有 80% 为碱法明胶,碱法工艺能生产出得率、纯度较高的优质明胶。

1.2.2 酶法 伴随常规酸碱法产率低、周期长、废液污染等问题,酶法制胶工艺被开发,使用胃蛋白酶、中性蛋白酶、胰蛋白酶、木瓜蛋白酶、菠萝蛋白酶等酶预处理方法取代酸碱法,制备出的明胶具有高凝胶强度、高等电点和低黏度等特点。其中木瓜蛋白酶的水解能力相对较弱,而胃蛋白酶作用于骨蛋白时尽管不够温和,但水解度较高。目前对于畜禽明胶酶法工艺的相关理论研究较少,对酶解机制仍未有深入了解。

1.2.3 其他方法 超声波可产生能量与波动的空化效应、机械效应等多重效应,不但能加快化学反应,促进蛋白质溶出,还能打开胶原的纤维,改变明胶的二级结构<sup>[8]</sup>。微波依靠穿透力强的短波作用至胶原内部,使原料内外均匀受热,释放出原胶原分子<sup>[9]</sup>。超高压会影响维系蛋白质空间结构的氢键、疏水作用、静电作用、范德华力等非共价作用,破坏非共价键的平衡,致使蛋白变性<sup>[10]</sup>。此外,一些改良的酸碱法也被应用至畜禽明胶的提取中。

### 1.3 畜禽副产物明胶的制备工艺

传统的畜禽明胶预处理通常采用酸法、碱法及

其结合法,目前酶法主要应用于骨明胶的生产中,倾向于降解获取某些特殊分子量组分,酶解机制仍有待研究,未得到大规模应用,但因其具有高效、低污染、产品安全性高等潜在优势,颇具发展前景,正逐步取代传统酸法、碱法。近年来新型的高效绿色现代加工技术包括超声波、微波和超高压辅助提取技术被证实在畜禽明胶的生产中具有可行性,它们对明胶制备工艺的改良产生了显著影响,改善了传统酸法、碱法在生产周期、效率、废液等方面存在的问题。

#### 1.3.1 畜类皮肤组织

1.3.1.1 兔皮 杨晖在于玮等优化的兔皮明胶酸法提取工艺(1% 盐酸处理 10 min、提胶温度 65 ℃、提胶 pH 值为 4)<sup>[3]</sup>的基础上,在料液中按硅藻土溶液:提胶液 = 1 : 50 加入 6% 质量浓度的硅藻土溶液,以提高明胶纯度<sup>[4]</sup>。

1.3.1.2 猪、牛皮 猪、牛皮明胶提取一般采用碱法,具体操作为先用 1% 石灰水浸泡碎皮 24 h,浸碱 pH 值为 12.0 ~ 12.5,洗涤数次后用酸调节 pH 值为 2.5 ~ 3.5,60 ℃ 热水提胶 45 h。国外有酸法提取猪皮明胶的试验,以 4% 乙酸预处理 24 h 后,在 55 ℃ 下提胶 3 h。张锋等利用中性蛋白酶酶解猪皮,反应温度由 40 ℃ 逐步提高至 80 ℃,明胶产率达 23.05%<sup>[11]</sup>。陈丽清等以 250 MPa 的超高压压力改良酸法从猪皮中提取明胶<sup>[10]</sup>。Ahmad 等利用菠萝蛋白酶结合功率 500 W 的超声波改进酸法制备牛皮明胶<sup>[12]</sup>。

#### 1.3.2 禽类皮肤组织

1.3.2.1 鸡爪 禽类皮原料通常采用低浓度(含量 < 5%)的酸在 60 ~ 85 ℃ 的条件下热水提胶。Choe 等利用酸法从生鸡爪中提取明胶<sup>[13-14]</sup>。Almeida 等利用酸法从鸡脚的皮和肌腱中提取明胶,具体操作为首先以 4% 乙酸处理 16 h,洗至中性后按 1 g : 2 mL 加蒸馏水,于 55 ℃ 下提取 6 h<sup>[15]</sup>。陈龙等采用酸碱结合法制备鸡爪明胶<sup>[16-17]</sup>。

1.3.2.2 鸭掌 郑巧东等利用酸法提取鸭掌明胶,具体操作为用 2% 的盐酸处理新鲜鸭掌后,用去离子水分别于 65 ℃ 和 85 ℃ 下进行 2 次抽提,明胶的平均得率为 9.0%<sup>[7]</sup>。

1.3.2.3 禽肉 碱预处理法被应用至机械去骨鸡肉残渣中明胶的提取,优化后的最佳工艺条件为氢氧化钠浓度 2.9 ~ 3.4 g/100 mL,温度 76 ~ 82 ℃,提取时间 105 ~ 183 min<sup>[18]</sup>。

1.3.2.4 鸡皮 柴梦阳等以提取率为响应值对鸡皮明胶提取的纯碱法工艺进行单因素试验优化,通

过 Box - Behnken 中心组合试验得出最佳工艺条件为 NaOH 浓度 0.07 mol/L, 浸碱时间 30 h, 提取温度 65 ℃, 提取时间 2 h, 该条件下提取率为 12.03%<sup>[19]</sup>。Tümerkan 等从 2 月龄的肉鸡背皮中利用酸预处理法提取明胶<sup>[20]</sup>。Sarbon 等也分别利用酸、碱预处理的方法提取鸡皮明胶<sup>[21-22]</sup>。陈海华等在浸酸 20 h 的鸡皮混合液中加入 0.1% 亚硫酸氢钠, 处理 1 h 后采用微波技术加热提胶并以超声波处理胶液, 通过正交试验得到, 560 W 微波处理 11 min, 超声波处理 8 min 是从鸡皮中提取明胶工艺改进的最优组合<sup>[9]</sup>。

### 1.3.3 畜禽骨

1.3.3.1 猪骨 传统的骨明胶提取工艺耗时较长, 具体操作为以 4% ~ 5% 盐酸、0.1% 氢氧化钙、0.2% 过氧化氢分别浸泡猪骨 10、20、7、1 d 后, 在 70 ℃、pH 值 5.0 条件下提取 3 h。刘安军等考察得出, 酸碱预处理后的猪骨明胶最佳提取条件为 pH 值 10.5, 提取温度 70 ℃, 提取时间 5 h<sup>[23]</sup>。许立新等以 1 000 W 的超声波辅助酸碱法制备猪骨明胶大大缩短了预处理时间(约 9 d)<sup>[24]</sup>。

1.3.3.2 鸡骨 刘小玲等根据溶液中酸对钙的置换浓度, 采用优化酸法提取鸡骨明胶, 2 h 更换 1 次酸液, 总浸酸时长仅为 12 h, 缩短为传统提取方式的 1/20<sup>[25]</sup>。Rafieian 等以 1 种优化酸法从鸡去骨残渣中提取明胶, 具体为将鸡去骨残渣在 68.3 g/L 盐酸中浸泡后于 86.8 ℃ 下水提 1.95 h<sup>[26]</sup>。刘小玲等改进了传统明胶的提取工艺, 以鸡腿骨为原料, 经盐酸脱矿后以石灰浸泡制得浸灰骨素<sup>[27]</sup>。

1.3.3.3 牛羊骨 孙卫青等研究得出, 中性蛋白酶对鲜羊骨的酶解效果较理想<sup>[28]</sup>。张兵等用蛋白酶降解脱脂牛骨粉, 并经粗滤、精滤及离子交换树脂除盐制备纯化明胶<sup>[29]</sup>。张海林等使用外切型蛋白酶(风味蛋白酶)与内切型 2709 蛋白酶以 8:2 的组合酶解浸酸后的骨粉 20 h 制得高档医用明胶, 改善了内切型蛋白酶制备明胶过程中黏度不高等方面的缺陷, 浸酸终点 pH 值控制在 2.0, 得率为 15.3%<sup>[30]</sup>。

1.3.3.4 新技术在骨胶工艺中的应用 曾小芳等以猪骨粒为原料, 以超声波辅助胃蛋白酶提取明胶, 经 250 W 超声波前处理 10 或 20 min, 在料液比为 1 g:10 mL, pH 值为 1.5 条件下, 加 60 U/g 胃蛋白酶恒温提胶的得率提高至 80% 以上<sup>[31]</sup>。Yue 等研究发现, 热压抽提时间对鸡骨凝胶有显著影响, 利用高温高压法在骨水比 1 g:1.5 mL、130 ℃ 和 0.175 MPa 下

提取 40 min 和 60 min, 制得鸡骨明胶<sup>[32]</sup>。

## 2 畜禽副产物明胶的改性及应用

明胶被广泛应用于食品工业不同领域, 蛋白质改性一直是食品及医药满足社会、经济或健康需求的重要方式。明胶的物理修饰程度较低, 应用受到限制, 主要通过化学修饰如醛类、酯类、糖类和生物提取物等以及共混修饰、明胶交联或形成多元体系来提升相应性能。

### 2.1 食品领域

#### 2.1.1 食品和保健品

2.1.1.1 阿胶与鹿皮胶 驴皮胶即阿胶具有调节机体能量代谢的独特聚负离子基结构, 含有丰富的药效氨基酸, 如甘氨酸(Gly)、谷氨酸(Glu)、天冬氨酸(Asp)、精氨酸(Arg)等活性成分, 被现代药理学证实为疗效明确的药食同源产品。中国农业科学院特产研究所采用酶工程和现代生物技术加工制成的鹿皮软胶囊具有良好的营养保健功效, 张宝香等发现它具有免疫调节的作用<sup>[33]</sup>。鹿皮胶对环磷酸酰胺所致造血功能低下有显著的促进恢复作用, 另外还具有抗疲劳作用, 并对生殖系统的功能特性产生影响。在鹿皮胶基础上制成的鹿皮膏便于消费者食用。张磊等研究发现, 鹿皮胶与驴皮胶具备利用氨基酸开发营养调节剂的可能, 有用于开发治疗心血管、气管、癌症肿瘤等疾病新药的前景, 并具备较好的防治高胆固醇血症的作用<sup>[34]</sup>。驴皮胶与鹿皮胶中的脂肪酸接近于中国营养学会推荐的健康比例。张磊等在研究中检测到驴皮胶及鹿皮胶中水分、重金属、水不溶物及氨基酸含量均达到《药典》规定水平<sup>[34]</sup>。

2.1.1.2 补钙剂 皮明胶以其含量丰富的羟脯氨酸被用作补钙剂。许先猛等利用小分子猪皮明胶水解多肽与葡萄糖酸钙制得的高螯合率钙补充剂, 具有预防骨质疏松症和增加骨密度的功效<sup>[35]</sup>。

2.1.1.3 其他保健品 目前, 已有关于猪皮明胶抗氧化和抗疲劳肽机制、功效等方面的研究<sup>[36-37]</sup>。牦牛皮明胶能在一定程度上改善人体营养性贫血, 且未出现不良反应<sup>[38]</sup>。明胶作为保健食品能保护胃黏膜, 清除体内金属铝, 促进指甲和头发生长, 缓解皮肤由紫外线照射引发的炎症。

#### 2.1.2 食品添加剂

2.1.2.1 普通食品添加剂 明胶作为稳定剂、澄清剂、絮凝剂和乳化剂被应用至冰淇淋、酸乳酪、糖

衣、酒、黑苦荞饮料、面包、糖果、果酱、果冻及低脂产品的制作过程中,另外可充当食品的包装材料如肠衣和保鲜涂层如果蔬皮膜以及棉花糖、面包、蛋糕、预混咖啡饮料等的发泡剂。明胶作为胶冻剂和增稠剂被应用至肉制品、馅饼、人造鱼子酱、保护性涂层、点心、粮食胶冻、肉冻、烘干食品、透明包衣、水晶皮蛋、水晶火腿中。

**2.1.2.2 抗氧化剂** 蛋白质的酶促水解是制备生物活性肽的有效方法,明胶衍生肽由于含有疏水性氨基酸,被认为具有高抗氧化效果。Sarbon 等依次利用与底物比为 1:50、1:33 和 1:100 的碱性蛋白酶、链霉蛋白酶和胶原酶有效地水解鸡皮明胶制得的抗氧化肽,与商用抗氧化剂 BHT 和抗坏血酸在相同浓度下相比,具有更高的自由基清除和金属螯合活性,为制备生物活性肽提供了所需抗氧化肽和氨基酸<sup>[21]</sup>。

**2.1.2.3 抗菌剂** 利用硝酸银和猪皮明胶聚合物基体通过热液高压灭菌技术合成的银纳米粒子<sup>[39]</sup>具有良好的细胞毒活性和抗氧化性,并对革兰氏阳性菌有显著的优先抗菌性,可用作治疗和预防性保健品中的抗菌剂。

### 2.1.3 可食性膜

**2.1.3.1 单一明胶膜** 添加量为 4 g/100 mL 的兔皮明胶膜的电泳谱带反映出胶膜体系内的低分子量蛋白产生了更多交联,表现出良好的抗拉强度。对鸡皮明胶的机械和物理性能进行表征,与商业明胶(牛、猪)相比,显示出良好的特性,具有作为哺乳动物明胶膜优选替代品的非凡潜力<sup>[40]</sup>。

**2.1.3.2 酚类化合物交联明胶膜** 明胶是综合性能仅次于壳聚糖的可食性成膜基材,可通过与生物活性因子如酚类化合物进行化学交联来改善其机械性能,经改性的禽源明胶在各类奶酪的应用中获得理想的保鲜效果。0.08% 迷迭香酸-明胶膜结合聚乙烯(PE)外包装可将冷藏猪肉货架期延长至 10 d。刘英健等以具有体外抗菌性和抗氧化性的牛蒡提取物作为改性材料进行研究发现,在添加浓度为 5% 时与鸡皮明胶制成的复合膜综合性能最佳<sup>[41]</sup>。分别添加波尔多叶提取物<sup>[42]</sup>、丁香花蕾油<sup>[43]</sup>和肉桂皮油<sup>[44]</sup>的猪皮明胶、鸡爪明胶和鸡皮明胶被用作普拉托干酪、切达干酪和马苏里拉奶酪的新型抗菌抗氧化包装。添加 1.0% 肉桂油的鸭掌明胶薄膜<sup>[45]</sup>延缓了樱桃番茄在储存期间的成熟过程,并减少了颜色的变化,显示出理想的拉伸强度和断裂伸

长率,能有效抑制鼠伤寒沙门氏菌的生长。

**2.1.3.3 单宁酸交联明胶膜** 单宁酸是一种来源于植物的低酸多酚化合物,可通过氢键和疏水作用与蛋白质分子进行诱导交联,在其表面形成足量涂层,增强凝胶网络<sup>[46]</sup>,具有抗氧化和清除自由基活性的功能。Cao 等在 12% 的 B 型牛骨明胶成膜液中分别添加 30 mg 单宁酸/g 明胶和 20 mg 阿魏酸/g 明胶,制成的明胶薄膜在成膜溶液 pH 值为 9 和 7 时机械强度最大,其中单宁酸改性薄膜在特定溶液环境下储存 90 d 后性能得到改善<sup>[47]</sup>。

**2.1.3.3 其他改性膜** 甘油作为增塑剂与鸡腿皮明胶可制成可食性薄膜<sup>[48]</sup>。含有月桂酰精氨酸乙酯(LAE)的抗菌淀粉的牛 B 型明胶改性薄膜可延长鸡胸肉片的保质期<sup>[49]</sup>。添加 20% 米粉的鸡皮明胶薄膜表现出良好的功能特性<sup>[50]</sup>。

## 2.2 医药领域

明胶因其良好的生物相容性、生物降解性和生物吸附性被广泛应用于医药学领域<sup>[51]</sup>。

**2.2.1 明胶纳米纤维电纺膜** 利用静电纺丝技术制备的明胶纳米纤维膜具有高度仿生天然细胞外基质胶原蛋白结构的特征,在组织工程支架材料、药物缓释材料、创口包覆材料、止血敷料、牙周牙齿修复材料等生物医用材料领域具有广泛应用。可降解的明胶与人体细胞的相容性好,不易引起炎症和免疫排斥反应。明胶/聚己内酯纳米纤维电纺膜<sup>[52]</sup>弥补了单一明胶组分存在的应用缺陷,被应用于修复和构建组织工程器官。通过静电纺丝制备的含有百里香精油/ $\beta$ -环糊精  $\epsilon$ -聚赖氨酸纳米颗粒的明胶纳米纤维<sup>[53]</sup>对鸡的空肠弯曲杆菌表现出优异的抗菌活性。

**2.2.2 止血材料** 明胶分子的 Arg-Gly-Asp 序列与组织附着和细胞生长有关,被用作创口的止血敷料。增凝明胶海绵和明胶海绵作为胶原蛋白类止血材料未能达到理想效果,极易出现破裂现象。转谷氨酰胺酶修饰的明胶/纳米银复合生物材料对金黄色葡萄球菌的抑制率比纯明胶材料提高了 60.15%,可用作皮肤敷料和人工皮肤,起抑菌抗炎的效果<sup>[54]</sup>。利用转谷氨酰胺酶和酪氨酸酶催化来自于猪的 A 型明胶溶液或明胶-壳聚糖复合物可生成水凝胶<sup>[55]</sup>。

**2.2.3 控缓释材料** 明胶被广泛应用于药物载体、赋型剂和缓释壳层等,其中实现控缓释、靶向定位的明胶微球被用作给药制剂。复合后的海藻酸盐

水凝胶支架减少了支架的孔隙度,可显著抑制药物的突释行为,21 d 累积释药量仅为 46.4%<sup>[56]</sup>。顾梦洁等改进的乳化交联明胶微球在外观、分散性等方面均得到了改善<sup>[57]</sup>。美国食品药品监督管理局(FDA)已批准了 8 种可注射的微球制剂,目前我国尚无国产微球制剂产品正式上市,开发起长效缓控释作用的明胶微球具有广阔市场。

### 2.3 护肤领域

2.3.1 保湿霜 明胶以其吸湿保湿性能被用作护肤品中,国外早有关于胶原作为护肤品成分地报道,20 世纪后期生物改性明胶成为新的护肤品主题,具有胶体保护作用和酸碱缓冲性的明胶成为劳动保护霜<sup>[58]</sup>的主材料。国产护肤品中主要添加胶原的变性或水解产物,张忠楷等申请了 1 种纯天然胶原护肤品的专利,在相关试验中发现,明胶能停留在皮肤表面,甚至渗透进毛囊中,但对角质形成细胞生长繁殖的促进作用远不如胶原,其保湿抗衰效果不够理想<sup>[59]</sup>。

2.3.2 面膜 范金石等以壳聚糖为主要原料,通过与共混组分聚乙烯醇和医药级明胶的协同增效作用,成功制得了具有良好成膜性和脱膜性的护肤用壳聚糖基凝胶面膜<sup>[60]</sup>,符合 QB/T2872—2017《面膜》的要求,适用于皮肤护理。

2.3.3 防晒霜 将负载芦丁的明胶纳米颗粒应用到防晒霜<sup>[61]</sup>中,可提高防晒霜的防晒指数(SPF),与紫外线(UV)过滤剂结合,可增强防晒剂的防晒效果。

### 2.4 其他领域

明胶在照相和印刷工业中可用作涂布纸和照相纸的施胶剂、油墨辊筒材料以及制造胶卷;明胶是糖锭、火柴、墨汁、砂布、家具以及航空行业中飞机铝板的理想黏合剂;明胶可用于生产抗生素药物的发酵培养基、固定化酶、无炭复写纸、煤砖、灭火器的热破裂胶囊以及洗衣工业中;改性后的交联明胶可用作皮革的涂饰材料和填充剂以及超声诊断仪质检用仿真模块;骨胶在纺织业、编织业中可用于上浆、上光;康海彦等发明了 1 种涉及海藻酸钠/明胶固化纳米  $\text{Fe}^0$  的去除水中偶氮染料及重金属等污染物的方法<sup>[62]</sup>;废鸡爪作为天然诱导物明胶酶的来源,可从中分离出一种具有明胶分解活性的泡囊短波单胞菌 MF276770<sup>[63]</sup>。

## 3 总结和展望

传统制胶工艺随着明胶应用结构的调整与深

入细化,面临新的挑战,协同提取法的开发与新技术的应用在明胶的制备和性能改善方面取得显著效果。一种以超声波、超高压和微波为辅助提取明胶的技术有望在明胶的清洁生产中被广泛应用。猪源动物明胶替代品的开发已成为近年来研究的热点。目前对禽类副产物明胶的开发仍处于起步阶段,相关研究主要集中在鸡的皮、爪、骨这些原料上,禽源性明胶的开发与应用有着广阔的发展空间。

明胶改性已成为现今的研究热点之一,国内外已开展关于明胶在食品、包装材料和医药等领域的多项研究并获得理想效果,但有关新型改性明胶在产品中的应用研究仍鲜见报道。明胶这种材料以后会在分子/纳米水平上被更多地应用到生物材料中,推动我国医疗水平的发展。

### 参考文献:

- [1] 韩军,朱天虹,袁信华,等. 斑点叉尾鲷鱼头明胶性质的研究[J]. 大连水产学院学报,2008,23(1):42-46.
- [2] 周梦柔,马良,张宇昊. 超高压诱导胶原蛋白明胶化机制研究进展[J]. 食品安全质量检测学报,2013,4(5):1313-1317.
- [3] 于玮,王雪蒙,马良,等. 兔皮明胶提取工艺优化[J]. 食品科学,2016,37(10):1-5.
- [4] 杨晖. 兔皮明胶膜的制备及特性研究[D]. 重庆:西南大学,2017.
- [5] 曾国爱. 羊皮明胶[J]. 明胶科学与技术,2004(4):208.
- [6] 朱静. 鸡皮明胶有望替代商业明胶大规模应用[J]. 中国家禽,2012,34(14):72.
- [7] 郑巧东,蒋军贤,林东强,等. 禽源性胶原蛋白的提取及水解多肽的制备[J]. 中国皮革,2005(3):41-43.
- [8] Li D F, Mu C, Cai S, et al. Ultrasonic irradiation in the enzymatic extraction of collagen[J]. Ultrasonics Sonochemistry,2009,16(5):605-609.
- [9] 陈海华,李海萍. 微波辅助提取鸡皮明胶的工艺改进[J]. 食品工业科技,2009,30(6):282-284.
- [10] 陈丽清,张宇昊,周梦柔,等. 猪皮明胶提取过程中的超高压预处理工艺优化[J]. 农业工程学报,2012,28(19):262-269.
- [11] 张锋,施辉阳,张鹏. 酶法制备明胶的新工艺研究[J]. 北京化工大学学报(自然科学版),2003,30(1):9-12.
- [12] Ahmad T, Ismail A, Ahmad S A, et al. Characterization of gelatin from bovine skin extracted using ultrasound subsequent to bromelain pretreatment[J]. Food Hydrocolloids,2018,80(7):264-273.
- [13] Choe J, Kim H Y. Effects of chicken feet gelatin extracted at different temperatures and wheat fiber with different particle sizes on the physicochemical properties of gels[J]. Poultry Science,2018,97(3):106.
- [14] Yasin H, Babji A S, Norrakiah A S. Modification of chicken feet gelatin with aqueous sweet basil and lemongrass extract[J]. LWT - Food Science and Technology,2017,77:72-79.

- [15] Almeida P F, Lannes S C S. Extraction and physicochemical characterization of gelatin from chicken by-product[J]. Journal of Food Process Engineering, 2013, 36(6): 824–833.
- [16] 陈 龙. 鸡爪皮胶原多肽制备及对酪氨酸酶活性抑制研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2014: 12–24.
- [17] Chakka A K, Muhammed A, Sakhare P Z, et al. Poultry processing waste as an alternative source for mammalian gelatin: extraction and characterization of gelatin from chicken feet using food grade acids[J]. Waste and Biomass Valorization, 2017, 8(8): 2583–2593.
- [18] Erge A, Zorba Ö. Optimization of gelatin extraction from chicken mechanically deboned meat residue using alkaline pre-treatment[J]. LWT – Food Science and Technology, 2018, 97: 205–212.
- [19] 柴梦阳, 辛 颖, 赖少娟, 等. 纯碱法制备鸡皮明胶的工艺优化研究[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(2): 28–33.
- [20] Tümerkan E T A, Cansu Ü, Boran G, et al. Physicochemical and functional properties of gelatin obtained from tuna, frog and chicken skins[J]. Food Chemistry, 2019, 287: 273–279.
- [21] Sarbon N M, Badii F, Howell N K. Preparation and characterisation of chicken skin gelatin as an alternative to mammalian gelatin[J]. Food Hydrocolloids, 2013, 30(1): 143–151.
- [22] 刘英健, 薛 伟, 张华超. 牛蒡提取物对鸡皮明胶膜结构和性能的影响[J]. 现代食品科技, 2019, 35(3): 15–20.
- [23] 刘安军, 石 清, 朱振元, 等. 猪骨明胶的提取工艺研究[J]. 现代食品科技, 2010, 26(5): 519–522.
- [24] 许立新, 李恒月, 赵东旭. 兽骨明胶的新提取工艺研究[J]. 生物学杂志, 2017, 34(6): 89–92.
- [25] 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, 25(8): 109–111.
- [26] Rafieian F, Keramat J, Shahedi M. Physicochemical properties of gelatin extracted from chicken deboner residue[J]. LWT – Food Science and Technology, 2015, 64(2): 1370–1375.
- [27] 刘小玲, 许时婴.  $H_2O_2$  在鸡骨明胶提取中的应用[J]. 食品与发酵工业, 2005(4): 64–68.
- [28] 孙卫青, 马丽珍. 酶法水解鲜羊骨骼的研究[J]. 肉类研究, 2007(4): 26–29.
- [29] 张 兵, 史京京, 王 颖, 等. 酸预处理对酶法骨明胶功能性质和分子质量分布的影响[J]. 影像科学与光化学, 2012, 30(2): 102–109.
- [30] 张海林, 朱友双, 张玉然, 等. 外切型蛋白酶法制备高档医用骨明胶工艺研究[J]. 济宁医学院学报, 2018, 41(6): 381–383, 387.
- [31] 曾小芳, 赵 伟, 杨瑞金, 等. 超声波辅助酶法提取骨明胶研究[J]. 食品工业科技, 2017, 38(14): 167–170, 180.
- [32] Yue J Y, Wang J Y, Zhang C H, et al. Effects of hot-pressure extraction time on composition and gelatin properties of chicken bone extracts[J]. Journal of Food Science, 2017, 82(5): 1066–1075.
- [33] 张宝香, 姜 英, 邵建新. 鹿皮胶软胶囊免疫调节作用研究[J]. 特产研究, 2008(1): 19–21.
- [34] 张 磊, 王燕华, 刘 畅, 等. 驴皮胶及鹿皮胶的化学品质分析与评价[J]. 食品科学, 2018, 39(22): 57–63.
- [35] 许先猛, 董文宾. 猪皮胶原多肽螯合钙增加大鼠骨密度[J]. 食品科学, 2017, 38(23): 191–195.
- [36] 许先猛, 董文宾, 孙皎皎. 猪皮胶原多肽螯合钙的制备及其结构表征[J]. 食品工业科技, 2015, 36(20): 309–313, 330.
- [37] 但年华, 但卫华, 曾 睿, 等. 动物皮的利用方式及其发展前景(续)[J]. 中国皮革, 2007(3): 30–34.
- [38] 党合群, 杨黎彬, 孙青惠. 牦牛皮胶对人体营养性贫血的改善作用[J]. 医药世界, 2005(10): 76–77.
- [39] Pihlanto A. Antioxidative peptides derived from milk proteins[J]. International Dairy Journal, 2006, 16(11): 1306–1314.
- [40] Salaheldin H I, Amr N, Osman G E H. Porcine skin gelatin-silver nanocomposites: synthesis, characterisation, cell cytotoxicity, and antibacterial properties[J]. IET nanobiotechnology, 2017, 11(8): 957–964.
- [41] 刘英健, 薛 伟, 张华超. 牛蒡提取物对鸡皮明胶膜结构和性能的影响[J]. 现代食品科技, 2019, 35(3): 15–20.
- [42] Bonilla J, Sobral P J A. Gelatin-chitosan edible film activated with Boldo extract for improving microbiological and antioxidant stability of sliced Prato cheese[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2019, 54(5): 1617–1624.
- [43] Lee J H, Lee J, Song K B. Development of a chicken feet protein film containing essential oils[J]. Food Hydrocolloids, 2015, 46: 208–215.
- [44] Yang S, Lee K, Beak S, et al. Antimicrobial activity of gelatin films based on duck feet containing cinnamon leaf oil and their applications in packaging of cherry tomatoes[J]. Food Science and Biotechnology, 2017, 26(5): 429–435.
- [45] Kaewdang O, Benjakul S. Effect of ethanolic extract of coconut husk on gel properties of gelatin from swim bladder of yellowfin tuna[J]. LWT – Food Science and Technology, 2015, 62(2): 955–961.
- [46] Kim H, Beak S E, Yang S Y, et al. Application of an antimicrobial packaging material from chicken bone gelatine and cinnamon bark oil to mozzarella cheese[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2017, 53(3): 619–625.
- [47] Cao N, Fu Y, He J. Mechanical properties of gelatin films cross-linked, respectively, by ferulic acid and tannin acid[J]. Food Hydrocolloids, 2007, 21(4): 575–584.
- [48] Sompie M, Surtijono S E, Junus C H. The effect of native chicken legskin gelatin concentration on physical characteristics and molecular weight of edible film[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2018, 207(1): 120–129.
- [49] Moreno O, Atarés L, Chiralt A, et al. Starch-gelatin antimicrobial packaging materials to extend the shelf life of chicken breast fillets[J]. LWT, 2018, 97: 483–490.
- [50] Soo P Y, Sarbon N M. Preparation and characterization of edible chicken skin gelatin film incorporated with rice flour[J]. Food Packaging and Shelf Life, 2018, 15: 1–8.
- [51] 卢伟鹏, 张 兵, 郭燕川. 明胶静电纺丝的研究进展[J]. 明胶科学与技术, 2013, 33(1): 8–14.
- [52] 燕 丽, 郑 蕊, 沈征宇. 明胶/聚己内酯纳米纤维电纺膜在组织工程中的应用进展[J]. 组织工程与重建外科杂志, 2018, 14

林娜,陈宏,赵健,等.轻小型无人机遥感在精准农业中的应用及展望[J].江苏农业科学,2020,48(20):43-48.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.20.007

# 轻小型无人机遥感在精准农业中的应用及展望

林娜<sup>1</sup>,陈宏<sup>1</sup>,赵健<sup>1</sup>,池美香<sup>2</sup>

(1.福建省农业科学院数字农业研究所,福建福州 350003; 2.福建省农业科学院植物保护研究所,福建福州 350012)

**摘要:**近年来,轻小型无人机遥感以其操作简便、可动态连续监测等独特优势,在精准农业领域得到广泛应用,使农业生产管理具有了实时获取数据、准确定位及高效率应对的新特点。笔者针对现有的轻小型无人机遥感系统在国内外精准农业领域的主要应用进行阐述,包括农作物识别提取和精细分类、农作物估产及长势监测分析、农作物病虫害监测方面,同时对轻小型无人机遥感技术在精准农业应用中未来面临的挑战及发展方向进行分析与展望。轻小型无人机遥感设备的改进与更新、遥感信息解析方法的自动化及智能化、多源数据的融合等对精准农业的发展具有重要意义。

**关键词:**轻小型无人机;遥感;农情监测;精准农田作业

**中图分类号:**S127      **文献标志码:**A      **文章编号:**1002-1302(2020)20-0043-06

近年来,随着计算机技术、通信技术的迅速发展,农业调查及监测方法向现代化、信息化、精准化方向大力转变,特别是遥感技术在农业领域中的应用越来越广泛<sup>[1-2]</sup>。轻小型无人机遥感技术是在小型化无人机平台上配备相应的微型传感器,利用通信技术和定位定姿技术快速准确地获取关于目标

地物的影像及数据,经过后期分析处理,相关产出可用于参数提取或行业具体应用<sup>[3-4]</sup>。现有的卫星和地面遥感技术提高了农情信息获取效率,但卫星遥感技术存在重访周期长,较易受天气影响,难以获得高质量影像等缺点;地面遥感技术费时费力,能监测的范围小,干扰因素多,难以快速获取作物信息。轻小型无人机遥感系统具有体积小、质量轻、成本低、操作简便等一系列优势,且受天气、云层覆盖限制小,飞行高度及飞行时间灵活,能获取中小尺度范围内的高时空分辨率的影像数据,有效地弥补了卫星遥感和地面遥感的缺陷,满足精准农业管理的需求<sup>[5-7]</sup>。

收稿日期:2020-02-07

基金项目:福建省科技重大专项(编号:2017NZ0003-1);国家重点研发计划(编号:2017YFC1200601)。

作者简介:林娜(1988—),女,福建福州人,硕士,研究实习员,主要从事农业遥感与地理信息化研究。E-mail:linna@faas.cn。

通信作者:赵健,博士,副研究员,主要从事农业信息化研究。E-mail:zhaojian@faas.cn。

(3):159-161.

[53]赵亚妮,王君,赵棉.血清2微球蛋白、视黄醇结合蛋白、胱抑素C、中性粒细胞明胶酶相关脂质运载蛋白及基质金属蛋白酶2多指标联合检测在糖尿病肾病患者中的价值[J].实用临床医药杂志,2018,22(13):20-23.

[54]王艺峰,郭雪成,王燕梅,等.生物酶修饰的明胶/纳米银复合生物材料[J].高分子学报,2014(11):1494-1500.

[55]Wolfgang F, Gerhard W, Conrad C. Asymmetrical flow field-flow fractionation and multiangle light scattering for analysis of gelatin nanoparticle drug carrier systems[J]. Analytical Chemistry, 2004, 76(7):1909-1920.

[56]陈智,田景振.药用微球应用概况[J].齐鲁药事,2009,28(3):164-167.

[57]顾梦洁,王欢,胡新,等.明胶微球制备方法的改进[J].实验室研究与探索,2015,34(4):57-60.

[58]佚名.二十一世纪护肤品主旋律的华彩乐章[J].中国化妆品,

1999(10):75.

[59]张忠楷,李国英.胶原、明胶和水解胶原蛋白的护肤功能比较[J].日用化学工业,2006(1):18-21,25.

[60]范金石,刘丽娜,雷东,等.护肤用壳聚糖基凝胶的制备及性能[J].山东化工,2019,48(7):4-6.

[61]Oliveira C A, Peres D D, Graziola F, et al. Cutaneous biocompatible rutin-loaded gelatin-based nanoparticles increase the SPF of the association of UVA and UVB filters[J]. European Journal of Pharmaceutical Sciences, 2016, 81:1-9.

[62]康海彦,杨治广,黄晓楠.海藻酸钠/ $\beta$ -环糊精固定化纳米Fe<sup>0</sup>去除重金属的性能研究[J].环境工程,2015,33(6):144-147.

[63]Sameena M F, Goel R, Karthik A, et al. Brevundimonas vesicularis MF276770, a new strain for gelatinase production by utilizing chicken feet gelatin[J]. Biocatalysis and Biotransformation, 2019, 37(4):278-290.