

畜禽骨骼营养成分提取分离技术及应用进展

张根生, 王子谛, 郭洁, 石慧, 任媛媛

(哈尔滨商业大学食品工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150076)

摘要: 长期以来我国畜禽屠宰行业产生的大量骨骼没有得到有效的利用, 在造成巨大浪费的同时也污染了环境。本文介绍近年来对于畜禽骨骼的各种营养成分的提取分离及应用的相关进展, 以期为更好地利用畜禽骨骼资源的研究提供参考。

关键词: 畜禽骨骼; 营养成分; 提取分离; 应用

Progress in Extraction and Separation Technologies and Applications of Nutrients from Livestock and Poultry Bones

ZHANG Gen-sheng, WANG Zi-di, GUO Jie, SHI Hui, REN Yuan-yuan

(College of Food Engineering, Harbin University of Commerce, Harbin 150076, China)

Abstract: A large number of livestock and poultry bones from the slaughtering industry were not used effectively in China for a long time, causing both great waste and environmental pollution. This paper outlines some recent progresses that have been made in extracting, separating and applying various nutrients from livestock and poultry bones with the aim of providing references for better use of the resources.

Key words: livestock and poultry bones; nutrition; extraction and separation; application

中图分类号: TS251.94

文献标识码: A

文章编号: 1001-8123(2011)12-0048-05

我国是世界上猪、牛、羊、鸡、鸭等禽畜饲养最多的国家, 2010年中国肉类产量为7925万t^[1], 居世界各国之首。每年我国约有近2183万t的各类禽畜骨骼产生, 但目前的消费市场, 除排骨和腔骨可直接用于饮食, 而且需求较大, 其他骨头均销路不佳, 绝大多数骨头都没有得到充分利用, 这不仅造成巨大的浪费, 还会因骨头富含的营养物质易于腐败而造成严重的环境污染。因此, 畜禽骨骼的综合利用一直是众多研究者的研究方向, 列入了全国食品行业2006—2016年科技发展纲要建议中。

骨骼是由骨膜、骨质和骨髓三部分构成。骨膜是由致密结缔组织包围在骨骼表面的一层硬膜, 里面有神经、血管。骨质根据构造的致密程度分为骨密质和骨松质, 骨密质主要分布在长骨的骨干和其他类型骨的表面, 致密而坚硬; 骨松质分布于长骨的内部、骺以及其他类型骨的内部, 疏松而多孔。骨骼按形状可分为管状骨、扁平骨和不规则骨, 管状骨密质层厚, 扁平骨骨密质层薄。在管状骨的骨髓腔及其他骨的松质层孔隙内充满着骨髓。骨髓分为红骨髓和黄骨髓, 红骨髓主要存在于胎儿和幼龄

动物的骨骼中, 含各种血细胞和大量的毛细血管; 成年动物黄骨髓含量较多, 主要是脂类成分。

骨的化学成分中水分占45%~60%, 胶原蛋白占20%~30%, 无机质占20%, 无机质的主要成分主要是钙和磷^[2]。骨营养丰富, 蛋白质、脂肪的含量与等量鲜肉相似, Ca、P、Fe、Zn等矿物质元素是鲜肉的数倍, 且比例适宜。骨蛋白是较为全价的可溶性蛋白质, 生物学效价高。另外, 还有人脑不可缺少的磷脂质、磷蛋白, 防止衰老的软骨素、骨胶原, 能促进肝脏功能的蛋氨酸等多种营养素^[3]。因此, 研究畜禽骨骼综合利用技术, 有利于提高我国肉类加工企业经济效益和竞争力, 减少畜禽骨骼废弃物带来的环境污染, 具有十分重要的意义。

骨骼中具有很多对人体有益的营养成分, 如骨蛋白质、骨多糖、钙磷以及骨油等物质。如何将这些营养物质分离提取出来并且进行合理的应用, 是畜禽骨骼利用的一个重大课题。近年来国内外在针对骨骼中不同营养成分的提取和应用方面做了很多的研究和尝试, 并且取得了很多有益的成果。

收稿日期: 2011-11-23

基金项目: 黑龙江省科技攻关计划项目(GB06B403-2)

作者简介: 张根生(1964—), 男, 教授, 硕士, 研究方向为畜产品加工。E-mail: zhanggsh@163.com



1 畜禽骨骼中蛋白质的提取及利用

畜禽骨骼中的蛋白质营养含量很高,可以与鲜肉媲美,其中90%的蛋白质为胶原蛋白,骨蛋白中的8种必需氨基酸(EAA)含量较高,有资料显示每100mg骨粉中EAA为5.518mg,占氨基酸总量的20.67%^[4],骨胶原以及软骨素具有防止人体老化作用^[5],除此之外骨蛋白食品还可用于美容保健品,满足生长期儿童、恢复期病人、老年人及高体能消耗的运动员等特殊人群的营养需求。因此提取畜禽骨骼中大骨蛋白具有十分重要的现实意义和经济价值。目前,骨蛋白质的提取与利用是骨营养成分研究的热点和最重要的部分。利用物理和化学方法提取骨蛋白的步骤为:骨原料处理→脱脂→浸酸→浸灰→洗涤中和→熬煮→骨蛋白质。

首先剔除原料骨中含有的残肉、皮、腱、软骨及其他非骨骼成分,然后将骨粒粉碎,用水清洗去除骨中大量的脂肪和血红蛋白;将清洗后的骨装在密闭的脱脂容器中,控制其温度,采用石油醚逆流循环的方式回流一段时间,除去骨料中的油脂。接着采用盐酸浸泡方法去除其中的矿物质,用 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液浸泡;使用稀盐酸调节碱处理后骨产品的pH值,再用清水冲洗,除掉盐酸与石灰相互作用生成的氯化钙和剩余的酸。处理后的骨块进行加热熬煮以提取骨蛋白质^[6]。

骨蛋白质是较为全价的可溶性蛋白质,生物效价高,是优质的蛋白源。在骨蛋白的利用上,利用酶法提取分离骨蛋白是近来研究的一个热点,国内外很多研究人员对此进行了大量的研究,并对其工业化提出了较多的建议,酶法提取骨蛋白具有缩短有效提取时间,减少环境污染等特点^[7]。Suróukat等^[8]采用猪的胃蛋白酶进行了酶解鸡骨蛋白的研究,确定了最佳酶解条件,并测定了酶解产物中氨基酸成分含量。Wu等^[9]对骨骼中提取的胶原蛋白进行了酶解研究;国内在骨蛋白的利用方面起步较晚,但也做了不少的研究。王朝旭等^[10]采用了胰蛋白酶对鲜猪骨进行了酶法水解的研究,确定了酶解的最佳工艺条件;赵霞等^[11]介绍了酶解技术利用骨蛋白的主要工艺以及蛋白水解物的脱苦方法;李泰等^[12]研制了骨参饮料这一动植物蛋白复合的营养型饮料。李帆等^[13]采用了木瓜蛋白酶对牦牛骨蛋白的酶解最优条件进行了研究,确定了酶解的最佳工艺条件,从3种蛋白酶中筛选出一种水解效果最好的蛋白酶,并对酶解最优条件进行了优化,建立了牦牛骨蛋白多肽制备的适宜工艺条件,为牦牛骨资源的深加工利用提供了新思路和新途径。将蛋白质水解为多肽,其意义不仅在于提高蛋白质类食品的价值,而且使一些从前难以开发的蛋白质资源以多肽类食品的形式得以利用并可以在此基础上调配出富含骨蛋白的复合调味料^[14]。

郑明强等^[15]研究了从鸡骨中提取骨胶原蛋白的酶解工艺,采用胃蛋白酶酶解来提取骨胶原蛋白,得到的产品具有比较高的骨胶原蛋白及钙含量。王晨等^[16]以下脚料鸡骨粉为主要原料做了类似的研究,同样采用胃蛋白酶进行酶解,正己烷脱脂、加酶、抽提、浓缩等工序并进行了盐酸脱钙处理,得到了较高含量的骨胶原蛋白制品。张根生等^[17-19]采用Alcalase蛋白酶酶解火鸡骨胶原制备火鸡骨胶原口服液,确定了酶解的最佳工艺条件和口服液配方;且通过 $\cdot\text{OH}$ 、DPPH自由基、 $\text{O}_2\cdot^-$ 3种典型自由基体系实验及铁离子还原能力实验和D-半乳糖致衰小鼠抗氧化性实验,研究了鸡骨胶原蛋白肽的抗氧化功能。孙寿等^[20]通过实验得出木瓜蛋白酶、胰蛋白酶及Asi398中性蛋白酶3种蛋白酶应用于猪骨水解时,木瓜蛋白酶有着最好的水解效果。除此之外,胡君景等^[21]研究了复合酶法分步提取牛骨胶原蛋白的工艺,摆脱了单一酶法的限制,赫桂丹等^[22]将高压脉冲电场应用于牛骨胶原蛋白的酶法提取中也取得了不错的效果。

2 畜禽骨骼中多糖(软骨素)的提取及利用

畜禽的骨骼中,尤其是软骨中含有大量的多糖成分,畜禽多糖的主要组成为硫酸软骨素、透明质酸、硫酸角质素、硫酸皮肤素、低聚糖等。畜禽骨骼中的这些多糖尤其是硫酸软骨素对人类有着很多有益的作用,研究表明它们具有抗癌、抗病毒、调节血脂血糖、增强机体免疫力等一系列作用。因此提取畜禽骨骼中的多糖成分极具现实意义。

在畜禽骨骼所含的各种多糖中,目前对于软骨素的研究比较多,它们主要是从牛、羊、猪的喉、鼻、软骨中提取出来的,可以作为软骨素片、软骨素注射液等药品的重要原料。其常见的制备方法是稀碱胰酶法和稀碱浓盐法^[23]。负建民等^[24]以牦牛胸小骨为主要原料,采用稀碱-酶解法提取硫酸软骨素,经过调整工艺条件,得到的产品为白色粉末,纯度高达92.5%。张国蓉等^[25]以牛的鼻软骨、喉软骨、肋软骨为实验材料,用酶法提取其中的软骨多糖成分,对工艺进行了优化,并通过分离纯化得到了拥有较高纯度的产品,3种软骨的分离纯化产物其软骨多糖含量均在79%以上。华子义^[26]采用复合酶在中空纤维超滤技术的作用下提取硫酸软骨素,较之传统酶解方法得率提高了1%~2%,生产周期和生产成本也都得到下降。高华等^[27]牛鼻软骨为原料,采用增大提取液的碱浓度、添加复合酶水解及浓缩后酒精沉淀的方法并探讨工艺条件。在最佳工艺条件下,得到硫酸软骨素为白色粉末,纯度达95.2%,收率为32.6%。张华珺^[28]建立了牛软骨中硫酸软骨素的蛋白酶酶解提取工艺,并且建立了硫酸软骨素的定量检测方



法。丁璞等^[29]采用二次通用旋转组合设计对碱液提取驴软骨硫酸软骨素的工艺条件进行了优化,使其产率达到33.6%,含量达到13.53%。除软骨素外,刘安军等^[30]还利用DEAE离子交换树脂法分离纯化蛋白多糖,采用逐级提取的办法,成功地从复杂的牛骨混合物中提取到了较为单一的多糖成分。各级溶液中分别溶有不同等电点的物质,多糖得以精确分离提取。

3 畜禽骨骼中钙的提取及利用

骨骼是动物机体内磷酸钙、碳酸镁、磷酸镁、氟化钙等钙磷类物质主要的贮藏场所。而钙、磷又是中老年、婴幼儿等人群的重要必需营养物质,如果长期缺乏,会导致身体发育迟缓、佝偻病等。因此,如何从畜禽骨骼中获取并利用其中的钙磷成分,在营养学上具有重大的意义,是一个需要研究的课题。

目前对于畜禽骨骼中的钙主要是采用化学提取和物理研磨两种方法进行加工和利用。物理方法是将畜禽骨骼粉碎成骨粉颗粒,这种处理方法可以比较好地保留骨骼中原有的营养成分^[31]。其中粉碎的粒度对于吸收和利用的影响比较大,而近年来纳米级超微粉碎技术的应用进一步提高了骨粉的产品质量。化学方法又称化学粉碎,主要采用酸解、碱解、酶解和微生物发酵等方法,这类方法要注意骨中羟磷灰石和胶原纤维具有有机的结合,必需使胶原纤维水解才能使酸碱等作用于羟磷灰石上^[32]。采用酶工程现代化技术提取骨中钙质产品理化性能好,氨基酸钙提取率高,易于被人体吸收^[33]。

叶明泉等^[34]介绍一种全新的超细鲜骨粉的制备方法,从不同性质的组成部分着手,采取了有针对性、高效的粉碎原理及方法,制得了超细低脂鲜骨粉,克服了传统加工方法上的问题,保持了骨粉的营养成分,同时确定了其工艺流程和工艺条件;连喜军等^[35]对骨粉进自然发酵和纯种发酵的比较研究,初步了解微生物分解骨粉生成了可溶性钙的规律,为骨的加工及人体补钙提供参考;赵昌杰^[36]采用物理法和酶法结合,从钙溶出率和进入人体后的吸收率两个角度出发,研究提高羊骨中钙的生物利用率的基本工艺流程和最佳工艺条件。

在对畜禽骨骼中钙质的实际利用中,李君等^[37]就食用醋酸对骨汤中钙离子含量的影响进行探讨得出:加入一定量的食用醋酸对补钙具有显著意义。陈华等^[38]通过感官及骨汤得率等指标评价对骨汤冲剂工业化生产工艺进行了研究,结果表明常压条件下煮制工艺骨汤质量、风味优于高压煮制工艺。罗宾等^[39]使用方法对超细红牛鲜骨粉生产及在方便面中的应用分别进行了研究,确立了在配面中及汤料包中复合使用骨粉的概念,解决了鲜骨加工及应用中的一些难题,并确定了最佳配方方案;Rosen等^[40]就增加对骨的熬煮时间加入蔬菜和酸性条件

下,研究骨汤中钙含量,提出补钙的又一新途径。而近年来很多研究者提出将牛骨中的胶原与钙结合,生成一种新的物质——胶原多肽钙,可以为人体同时提供必需氨基酸和钙离子^[41],更加充分地利用畜骨资源。营景颖^[42]也提出了可以用于多肽钙分离的方法,而对于多肽钙的应用近年来也有着不少的成果,研究表明食用富含胶原多肽钙的食品可以有效防止骨质疏松症的发生^[43]。

4 畜禽骨骼中骨油的提取及利用

由于动物骨骼中含有12%~20%的脂肪,这些脂肪类成分可以在高温蒸煮下融化和释出,经过分离后可以得到纯度较高的油脂,其中成分主要为棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、豆蔻酸、豆蔻油酸等。其中亚油酸是人体维持各项生理活动所必需的一种脂肪酸,而骨油中的不饱和脂肪酸对于降低胆固醇,预防心血管疾病有一定功效。因此,从畜禽骨骼中提取的油脂,可以作为食用油及多种保健产品的主要原料。

田安民^[44]介绍了骨油的萃取工艺,萃取溶剂应具备的条件、对物料的要求、影响萃取的因素等重要的工艺条件;徐德林等^[45]介绍了以骨油制备油酸的工艺过程和最终产品油酸的理化性质,深入研究骨油产品的深加工,为提高骨油的经济价值提供了一条较可行的利用途径。赵振厚^[46]提出在骨油的生产中乳化和防止乳化的措施。李云龙^[47]于1999年介绍了水力脱脂法加工鲜牛骨的副产品——牛油。刘安军等^[48]对pH值以及温度的控制,以提取率、凝胶强度以及黏度为指标进行研究,提出了猪骨明胶的最佳提取条件。吕生华等^[49]利用猪、牛、马等动物的骨头在熬炼骨胶时所得到的油脂制备了硫酸化骨油、硫酸化含硅骨油及亚硫酸化骨油加脂剂。张根生等^[50-51]对骨油进行了精制并采用胶囊包埋技术对精制骨油进行了包埋,将猪骨油微胶囊应用于快餐汤包的研究。

5 畜禽骨骼中呈味物质的提取及利用

畜禽骨骼中的呈味物质主要由氨基酸、肽类、核苷酸、有机酸、含氮有机物等组成。从骨中提取其中的呈味物质,不但可以更好的利用骨骼的营养成分,更可以为某些调味品制作提供原料。此类调味品是肉类工业发展的趋势,不但营养丰富,而且口感丰满醇厚、鲜香浓郁、耐煮性强、留香持久、风味自然,广受消费者喜爱^[52]。

杨铭铎等^[53]通过与蒸煮法对比,表明微波提取法可以更好地提取猪骨中的呈味物质,不仅可以缩短时间,提高得率,更可以节约能耗,降低成本。而超声波和酶协同作用提取猪骨呈味物质同样有着很好的效果。蔡丽华等^[54]对于骨蛋白中风味肽的提取中指出离子交换色



谱法、凝胶色谱法、反相色谱法等都可用于生物肽的分离纯化,同时要注意处理骨骼中的苦味肽。

尤其近年来不少企业和研究人员开发研制了多种骨素产品,其包含骨中的多种有益营养物质,并且依靠其中的呈味物质,将其作为调料使用。这种天然调味品因其物美价廉味美而迅速被许多消费者所接受,目前已成为日本、韩国等国调味品的主流^[55]。目前,骨素作为调味物质已经广泛应用于方便面调味包、酱类食品、休闲食品中,用于加强其产品的风味及蛋白质含量。杨锋等^[56]利用瑞士乳杆菌分泌二肽酶、三肽酶等多种蛋白酶加之其代谢的生香作用,在传统酶解法的基础上对猪骨酶解物进行了修饰,并在其基础上研制出了口味纯正鲜美的新型发酵猪骨调味料。张根生等^[57]利用微胶囊包埋技术,研究出了制作猪骨汤粉的最佳工艺条件。李琼^[58]以畜禽鲜骨为原料,经过对骨素的酶解和调配制成了肉味香精。毛晓飞等^[59]采用新型加工工艺和成套设备对畜禽鲜骨进行高压蒸煮、酶解以及美拉德反应等处理,制成了鲜骨系列调味料。

6 结 语

作为畜禽产业中曾经的废料,经过近年来的研究和发 展, 畜 禽 骨 骼 越 来 越 多 的 得 到 了 合 理 和 有 效 的 利 用。相关的研究也一直在进行中,越来越多的分离提取技术被采用,很多新的骨产品被开发出来。在减少产业中的垃圾,保护了环境的同时,更是为消费者带来了营养丰富的骨产品,为企业带来了更多的经济利益。然而我国仍然有大量的畜禽骨骼没有得到有效的利用,在工艺、设备、口味上经常会遇到一些问题,有些项目存在着前期投入大,生产成本高等问题,这都需要研究者做出更多的努力。相信随着国家和企业相关投入的加大,相关技术研究的进一步深入,畜禽骨骼营养成分分离提取及应用的前景将更加广阔。

参考文献:

- [1] 国家统计局. 2010 年国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. 2010-02-28. http://www.yanagri.gov.cn/_main/article-793218.html.
- [2] 周光宏, 张兰威, 李洪军, 等. 畜产食品加工学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002: 18.
- [3] 刘广. 猪骨营养物质提取分离及利用[D]. 哈尔滨: 哈尔滨商业大学, 2011.
- [4] 刘丽莉, 马美湖, 杨协力. 畜禽骨骼开发利用的研究进展[J]. 肉类工业, 2008(9): 50-53.
- [5] 赵玉红. 骨的综合利用[J]. 肉类工业, 2001(3): 23-24.
- [6] 张根生, 杨春艳, 董继生, 等. 猪骨蛋白提取工艺的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(5): 234-237.
- [7] 李帆, 贾冬英, 姚开. 骨胶原蛋白的制备及性能表征研究进展[J]. 食品科技, 2006(10): 115-118.
- [8] SUROUKAT K, FIC M. Studies on the recovery of proteinaceous substances from chicken heads[J]. J Sci Food Agric, 1994, 65(3): 289-296.
- [9] WU Jiannjiu, EYRE D R. Fine powdering exposes the mineral-protected collagen of bone to protease digestion[J]. Biomedical and Life Sciences, 1988, 42(4): 243-247.
- [10] 王朝旭, 赵丹, 王小雪. 酶法水解骨蛋白最佳条件的研究[J]. 食品科学, 2001, 22(2): 48-49.
- [11] 赵霞, 马丽珍. 酶解骨蛋白的研究[J]. 食品科技, 2003(7): 9-10.
- [12] 李泰, 张荣强, 高建新, 等. 骨参饮料的研究[J]. 食品科技, 2000(1): 47-50.
- [13] 李帆, 贾冬英, 姚开, 等. 牦牛骨蛋白的酶解条件研究[J]. 氨基酸和生物资源, 2006, 28(4): 7-10.
- [14] 钟秋平, 朱萍. 固体曲法水解牛骨骼蛋白研制复合调味料[J]. 食品工业, 1999(5): 14-18.
- [15] 郑明强, 李新文, 仇宏伟, 等. 从鸡骨中提取骨胶原的酶解工艺研究[J]. 烟台大学学报, 2010, 23(2): 161-163.
- [16] 王晨, 吴晖. 胃蛋白酶酶解提取鸡骨胶原蛋白工艺的研究[J]. 现代食品科技, 2008, 24(12): 1300-1303.
- [17] 张根生, 岳晓霞, 叶晓昊, 等. 火鸡骨胶原多肽口服液的研究[J]. 食品科学, 2005, 26(8): 563-567.
- [18] 张根生, 符群, 岳晓霞, 等. 鸡骨胶原蛋白肽抗氧化性的研究[J]. 食品科学, 2009, 30(13): 133-135.
- [19] 张根生, 符群, 岳晓霞, 等. 鸡骨胶原蛋白肽对 D- 半乳糖致衰老小鼠抗氧化性的研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(1): 361-363.
- [20] 孙赛, 王峥峥, 罗永康, 等. 猪骨蛋白生物活性肽酶法制备工艺的研究[J]. 肉类研究, 2008, 22(5): 37-41.
- [21] 胡君景, 刘景圣, 张大力, 等. 复合酶分步酶解法提取牛骨胶原蛋白工艺的研究[J]. 肉类研究, 2010, 24(1): 34-36.
- [22] 赫桂丹, 殷涌光. 高压电脉冲电场下的牛骨胶原蛋白酶法提取[J]. 农业机械学报, 2010, 41(11): 124-128.
- [23] 任红敏, 刘晓宇, 陈翊平. 畜禽骨的研究现状和发展前景[J]. 农产品加工: 学刊, 2008(4): 34-37.
- [24] 贡建民, 吴国锋. 牦牛胸小骨中硫酸软骨素的提取研究[J]. 兰州农业大学学报, 2008, 43(5): 155-159.
- [25] 张国蓉, 张红, 刘安军, 等. 三种软骨多糖的提取、分离纯化与鉴定[J]. 现代食品科技, 2009, 25(8): 928-931.
- [26] 华子义. 硫酸软骨素生产新工艺[J]. 上海大学学报, 2001, 7(4): 334-337.
- [27] 高华, 刘坤, 于兹东, 等. 硫酸软骨素生产新工艺研究[J]. 青岛大学学报, 2003, 18(4): 56-58.
- [28] 张华琚. 硫酸软骨素和氨基葡萄糖制备及检测方法的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2006.
- [29] 丁璞, 王志兵. 驴软骨硫酸软骨素提取工艺的优化[J]. 长春工业大学学报: 自然科学版, 2008, 29(5): 578-582.
- [30] 刘安军, 孙洪臣, 刘有志, 等. 牛骨蛋白与多糖的逐级提取及分离方法研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(3): 208-212.
- [31] 吴立芳, 马美湖. 我国畜禽骨骼综合利用的研究进展[J]. 现代食品科技, 2005, 21(1): 138-143.
- [32] 朱迎春. 畜禽骨的综合利用及复合氨基酸螯合钙的开发研制[D]. 太谷: 山西农业大学, 2005.
- [33] 许雄, 孙灵霞, 李苗云, 等. 酶解畜禽骨肉的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(9): 3677-3678.
- [34] 叶明泉, 李春俊, 刘东升, 等. 鲜骨加工技术研究进展[J]. 食品工业科技, 1999, 28(1): 32-36.
- [35] 连喜军, 蒋爱民, 孙群. 微生物发酵骨粉的研究[J]. 食品研究与开发, 2000, 21(1): 15-18.
- [36] 赵昌杰. 提高羊骨中的钙的生物可利用性的研究[J]. 食品工业科技, 2003, 24(10): 79-81.
- [37] 李君, 方忠祥. 食用醋酸对骨头汤中钙离子含量影响的探讨[J]. 广州食品工业科技, 2003, 18(4): 11-12.
- [38] 陈华, 李德远. 骨头汤冲剂的工业化研究[J]. 肉类工业, 2002(4): 26-28.



- [39] 罗宾, 周先玉, 王志宏, 等. 超细红牛鲜骨粉生产及其在方便面中的应用研究[J]. 食品工业科技, 2000, 21(4): 37-39.
- [40] ROSEN H N, SALEMME H, ZEIND A J, et al. Chicken soup revisited: calcium content of soup increases with duration of cooking[J]. Calcified Tissue Int, 1994, 54(6): 486-488.
- [41] 付文雯, 马美湖. 牛骨蛋白酶解制取肽钙的研究进展[J]. 食品与发酵科技, 2009, 45(1): 1-5.
- [42] 营景颖. 胶原多肽螯合钙的制备及其壮骨、骨质疏松防治作用研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2006.
- [43] 张根生, 袁超, 杨春艳, 等. 胶原多肽钙预防骨质疏松的研究[J]. 食品工业科技, 2010, 37(4): 346-348.
- [44] 田安民. 骨胶生产中骨油的萃取[J]. 明胶科学与技术, 1993, 12(4): 209-211.
- [45] 徐德林, 刘振国. 骨油深加工制备油酸的研究[J]. 黑龙江日化, 1994(2): 8-9.
- [46] 赵振厚. 骨油的乳化与分离[J]. 明胶科学与技术, 1995, 15(2): 89-91.
- [47] 李云龙. 水力脱脂法加工鲜牛骨的副产品: 牛油[J]. 明胶科学与技术, 1999, 19(12): 183-185.
- [48] 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.
- [49] 吕生华, 俞从正. 骨油皮革加脂剂的制备与应用[J]. 西部皮革, 2003(10): 36-38.
- [50] 张根生, 刘广, 董继生, 等. 猪骨油精炼工艺的研究[J]. 食品与机械, 2011, 27(1): 84-86.
- [51] 张根生, 李杭, 杨春艳, 等. 猪骨油微胶囊包埋技术及快餐汤料包的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(8): 379-382.
- [52] 孙蓓, 王龙刚. 畜禽骨的综合利用现状及发展前景[J]. 中国调味品, 2011, 36(4): 1-13.
- [53] 杨铭铎, 沈春燕, 张根生. 基于微波法的猪骨提取呈味物质最佳水解工艺条件的研究[J]. 中国调味品, 2009, 34(5): 59-66.
- [54] 蔡丽华, 马美湖. 骨蛋白酶解及风味肽分离现代技术研究进展[J]. 肉类研究, 2008, 22(6): 57-61.
- [55] 赵电波, 陈茜. 骨素开发利用现状与发展趋势[J]. 肉类工业, 2010(1): 9-12.
- [56] 杨锋, 任仙娥, 黄永春, 等. 发酵型猪骨调味料的研制[J]. 食品科技, 2007(9): 154-156.
- [57] 张根生, 刘广, 岳晓霞, 等. 微胶囊猪骨汤粉生产技术研究[J]. 食品科学, 2010, 31(18): 471-475.
- [58] 李琼. 禽畜鲜骨再生利用与肉类香味料开发研究[D]. 上海: 东华大学, 2005.
- [59] 毛晓飞, 孙连贵. 新型鲜骨系列调味剂加工工艺[J]. 中国酿造, 2006(6): 58-59.