

鲟鱼软骨 II 型胶原蛋白的提取工艺优化

郑平安^{1,2*}, 滕芳芳², 胡梦玲³, 李桥妹³, 徐 宁³, 李文敬¹, 王娇华¹, 张浩聪¹

(1. 海力生集团有限公司, 舟山 316000; 2. 浙江海力生生物科技股份有限公司, 舟山 316000;
3. 舟山海力生海洋生物研究院有限公司, 舟山 316000)

摘 要: **目的** 以鲟鱼软骨为原料, 提取 II 型胶原蛋白并优化其工艺参数。**方法** 选热解-酶解法提取制备 II 型胶原蛋白, 并对工艺中影响提取效果的各个因素进行单因素试验, 最后通过正交试验获得最优参数。**结果** 软骨提取最佳工艺参数: 热解温度 120 °C 处理 30 min, 加酶量 8000 U/g·Pro, 酶解时间 4 h, 酶解 pH 8, 酶解温度 50 °C。采用上述最优参数提取鲟鱼软骨中 II 型胶原蛋白的水解度为 10.85%, 蛋白质含量 70.7%, 对该提取物检测分析粘多糖-硫酸软骨素含量, 可得其含量为 30.6%(以干基计)。**结论** 该提取工艺重复性好, 适用于鲟鱼软骨 II 型胶原蛋白的提取, 为下一步其活性功能研究提供理论数据基础。

关键词: 鲟鱼软骨; II 型胶原蛋白; 酶解; 水解度; 粘多糖

Optimization of extraction process of collagen type II from sturgeon cartilage

ZHENG Ping-An^{1,2*}, TENG Fang-Fang², HU Meng-Ling³, LI Qiao-Mei³, XU Ning³,
LI Wen-Jing¹, WANG Jiao-Hua¹, ZHANG Hao-Cong¹

(1. Hailisheng Group Co., Ltd., Zhoushan 316000, China; 2. Zhejiang Hailisheng Biotechnology Co., Ltd.,
Zhoushan 316000, China; 3. Zhoushan Hailisheng Marine Biological Research Institute Co., Ltd.,
Zhoushan 316000, China)

ABSTRACT: Objective To extract collagen type II from sturgeon cartilage using sturgeon cartilage as raw material and optimize its technical conditions. **Methods** The collagen type II was isolated through a method of pyrolysis-enzyme hydrolysis, and single factor test orthogonal experiment was used to optimize the extraction process of collagen. **Results** The best extraction technology of sturgeon cartilage was: the pyrolysis 120 °C of 30 min, enzyme dosage of 8000 U/g pro, hydrolysis time 4 h, enzymolysis pH 8, the temperature of 50 °C. The degree of hydrolysis of the collagen type II extracted from sturgeon cartilage was 10.85%, the content of protein was 70.7%, and the content of mucopolysaccharide chondroitin sulfate was 30.6% (dried). **Conclusion** This method has good repeatability, it can be used for extraction of type II collagen from sturgeon cartilage, and provides theoretical data basis for the research on bioactivity and function.

KEY WORDS: sturgeon cartilage; collagen type II; enzymatic hydrolysis; degree of hydrolysis; mucopolysaccharide

基金项目: 浙江省科技计划项目(2019C02076)

Fund: Supported by the Science and Technology Program of Zhejiang Province Program (2019C02076)

*通信作者: 郑平安, 工程师, 主要研究方向为海洋生物资源高值化利用。E-mail: zhengpingan@hailisheng.com

*Corresponding author: ZHENG Ping-An, Engineer, Hailisheng Group Co., Ltd., Zhoushan 316000, China. E-mail: zhengpingan@hailisheng.com

0 引言

鲟鱼, 又称鲟龙, 隶属于硬骨鱼纲辐鳍亚纲硬鳞总目鲟形目, 和鲨鱼一样是地球上最古老和最原始的软骨鱼种^[1]。据统计, 我国境内分布的鲟鱼主要有 8 种, 其中中华鲟、达氏鲟以及白鲟 3 种被列为国家一级保护动物, 养殖的商品鲟鱼主要包括俄罗斯鲟、史氏鲟以及匙吻鲟^[2]。鲟鱼因其丰富的营养价值和较强的保健功能, 具有极高的经济和科学价值, 素有“鲨鱼翅、鲟鱼骨, 食之明目壮阳, 延年益寿”之说^[3-7]。

胶原蛋白是生物体内含量最丰富、分布最广泛的蛋白质种类之一。目前已知的胶原蛋白种类超过 28 种, 分别被命名为 I 型、II 型、III 型等^[8-9]。在胶原蛋白家族成员中, II 型胶原蛋白主要分布在软骨、玻璃体中, 早在 20 世纪 70 年代初, 国外研究者就从鸡软骨组织中分离出一种新型的胶原蛋白, 称之为 II 型胶原蛋白(collagen type II, C II)^[10]。

鲟鱼软骨在鲟鱼体内所占比例约占 5.7%, 除部分骨化的鱼鳍和头部真骨外, 其余部分的骨骼均为软骨。软骨主要由软骨细胞和细胞基质组成, 其表面光滑, 均匀一致。细胞基质的主要成分为水、蛋白多糖和胶原纤维。软骨内的胶原纤维主要为 II 型胶原, 在基质内呈相互平行排列, 粗大而致密的 II 型胶原纤维束交织成坚固的网架, 从而保持软骨结构的完整性。随着对胶原蛋白研究的日益深入, 人们发现胶原蛋白还具有强筋健骨、增强体质等多种保健功能, 在食品工业中具有越来越广阔的应用前景。鲟鱼软骨作为鲟鱼深加工后主要的副产物, 含有丰富的 II 型胶原蛋白, 因此可以作为天然优质胶原蛋白的提取原料。目前针对鲟鱼皮提取胶原蛋白的相关研究已有较多报道^[11], 但是针对鲟鱼软骨中 II 型胶原蛋白的提取及理化性质等研究不多。因此, 本研究主要以人工养殖鲟鱼软骨为原料, 采用酶法提取, 对其提取工艺进行研究, 为鲟鱼加工副产物高效利用及产业化应用提供基础依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

新鲜鲟鱼软骨: 衢州鲟龙水产食品科技开发有限公司。

碱性蛋白酶(2.3×10^5 U/g)、中性蛋白酶(3.0×10^5 U/g)、复合蛋白酶(8.5×10^4 U/g)、胰蛋白酶(1.6×10^5 U/g)、风味蛋白酶(1.4×10^5 U/g)、木瓜蛋白酶(2.0×10^5 U/g)(上海安谱实验科技公司); 羟脯氨酸($\geq 99\%$, 上海安谱实验科技公司); 柠檬酸、氢氧化钠、醋酸钠、二甲氨基苯甲醛、甘油、氯胺 T、异丙醇(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司); 其他试剂: 均为国产分析纯。

1.2 仪器与设备

LC-20A、LC2030 高效液相色谱仪、UV-2600 紫外分光光度计(日本岛津公司); HJ-4A 数显四联异步磁力加热搅拌器(金坛市科析仪器有限公司); BSA124S 分析天平(德国赛多利斯科学仪器公司); DHG-9123A 电热鼓风干燥箱(上海一恒科学仪器有限公司); GZS-0.1 冷冻干燥机(沈阳北冰洋工程公司); HH-1 电热恒温数显水浴锅(上海越众仪器设备有限公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 鲟鱼软骨成分测定

(1) 鲟鱼软骨基本成分测定

水分: GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》^[12]直接干燥法测定;

蛋白质: GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》^[13]凯氏定氮法测定;

灰分: GB 5009.4—2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》^[14]灰化法测定;

粗脂肪: GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》^[15]酸水解法测定。

(2) 羟脯氨酸含量的测定

取 0.5~1 g 样品于开口玻璃瓶中, 加入适量 6 mol/L 盐酸溶液, 酒精喷灯封口后于 120 °C 下水解 4 h, 转移至 100 mL 容量瓶中, 加入甲基红指示试剂, 用 2 mol/L NaOH 溶液调至淡黄色, 用蒸馏水定容至 100 mL。取 2 mL 按羟脯氨酸标准曲线的操作方法用紫外分光光度计测定, 实验结果取 3 次平行测定的平均值。

1.3.2 鲟鱼软骨 II 型胶原蛋白的提取

冷冻的鲟鱼软骨→前处理→脱脂、去杂质→离心→酶解→离心→分离纯化→干燥→II 型胶原蛋白

(1) 前处理

将鲟鱼软骨用冰水冲洗, 去除其表面的杂质及非软骨组织, 切块后冰冻绞碎称重。然后分别考察未处理、0.5 mol/L 冰醋酸处理 8 h、100 °C 处理 30 min、110 °C 处理 30 min 和 120 °C 处理 30 min 5 种前处理方式对后续鲟鱼软骨 II 型胶原蛋白提取率的影响, 以确定前处理条件。

(2) 提取工艺

分别考察不同蛋白酶、加酶量、酶解温度、酶解提取时间和酶解提取料液比等条件对鲟鱼软骨 II 型胶原蛋白提取率的影响^[16-19]。试验先对常用工业用酶(胰酶、中性蛋白酶、复合蛋白酶、碱性蛋白酶、风味蛋白酶和木瓜蛋白酶 6 种酶)在其最适条件下对鲟鱼软骨 II 型胶原蛋白进行酶解。设定酶解基本条件: 酶解时间 4 h, pH 值 8, 加酶量 6000 U, 酶解温度 50 °C, 料液比为 1:20。然后分别考察加酶量、酶解料液比及酶解时间 3 个因素对鲟鱼软骨 II 型胶原蛋白酶解程度的影响。在确定各提取因素最佳水平的基础上, 选

取胰酶加酶量(6000、8000 和 10000 U)、酶解时间(3、4 和 5 h)、酶解温度(40、50 和 60 ℃)和 pH(7、8 和 9) 4 个因素进行四因素三水平正交试验, 确定鲟鱼软骨 II 型胶原蛋白的最佳提取工艺(见表 1)。

表 1 鲟鱼软骨 II 型胶原蛋白的提取条件正交试验
Table 1 Orthogonal experiment of extraction of type II collagen from sturgeon cartilage

试验号	因素			
	加酶量/U	酶解时间/h	pH	酶解温度/℃
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

1.3.3 鲟鱼软骨 II 型胶原蛋白水解度测定

鲟鱼软骨 II 型胶原蛋白水解度(%)=水解后每克蛋白质被裂解的肽键毫摩尔数(mmol)-NH₂/每克原料蛋白质的肽键毫摩尔数(mmol)×100%。使用茚三酮比色法, 利用水解蛋白液和茚三酮显色剂混匀显色, 在紫外分光光度计 570 nm 处测其吸光度值, 通过绘制水解度标准曲线, 并根据标准曲线测定提取物的水解度。

1.3.4 分子量的测定

分子量测定采用高效体积排阻色谱法, 利用 LC2030 高效液相色谱仪(专用数据处理软件, 即 GPC 软件), 在色谱条件[TSK gel G2000 SWXL 色谱柱(300 mm×7.8 mm),

流动相乙腈:水:三氟乙酸(40:60:0.05, V:V:V), 紫外检测波长 220 nm, 流速 0.5 mL/min, 柱温 30 ℃]下进行检测, 对色谱图及其数据进行处理, 根据校正曲线方程计算得到样品相对分子质量大小及分布范围。

2 结果与分析

2.1 鲟鱼软骨的基本成分分析

鲟鱼软骨基本成分分析如表 2 所示。从表 2 中可以看出鲟鱼软骨中蛋白质含量较高为 14%以上, 同时脂肪含量较低, 水分含量占总重量的 78%左右, 而羟脯氨酸干基占比 4.64%, 可见鲟鱼软骨是良好的胶原蛋白提取原料。

表 2 鲟鱼软骨基本成分分析
Table 2 Analysis of sturgeon cartilage

名称	水分	蛋白质	粗脂肪	灰分	其他物质	羟脯氨酸
含量/%	77.82	14.24	1.30	2.13	4.51	4.6 4(占干重)

2.2 不同前处理方式对胶原蛋白的提取影响

以羟脯氨酸提取率为评价指标, 分别考察未处理, 酸处理 8 h, 煮沸处理(100 ℃)30 min, 110 ℃处理 30 min, 120 ℃处理 30 min, 5 种前处理条件对胶原蛋白提取率的影响, 结果如图 1 所示。结果表明 120 ℃处理 30 min 可以明显提高胶原蛋白的提取率。然后考察 120 ℃下处理时间对后续胶原蛋白提取率的影响, 结果如图 2 所示。结果表明随着处理时间的增加, 胶原蛋白的提取率增加, 至 30 min 后趋于平稳, 因此后续试验选择 120 ℃处理 30 min 作为原料的前处理条件。

在前处理过程中, 更高的温度有助于对原料热解的效果提高, 同时便于后一步酶解的效果提升。

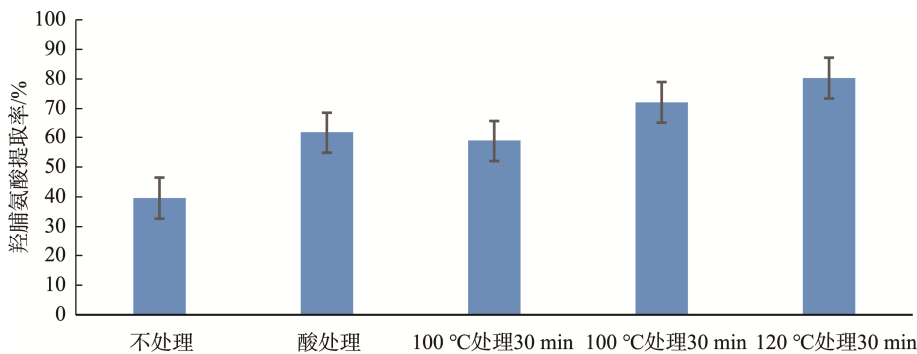


图 1 前处理方式对胶原蛋白提取率的影响(n=5)
Fig.1 Effect of pretreatment on extraction rate of collagen(n=5)

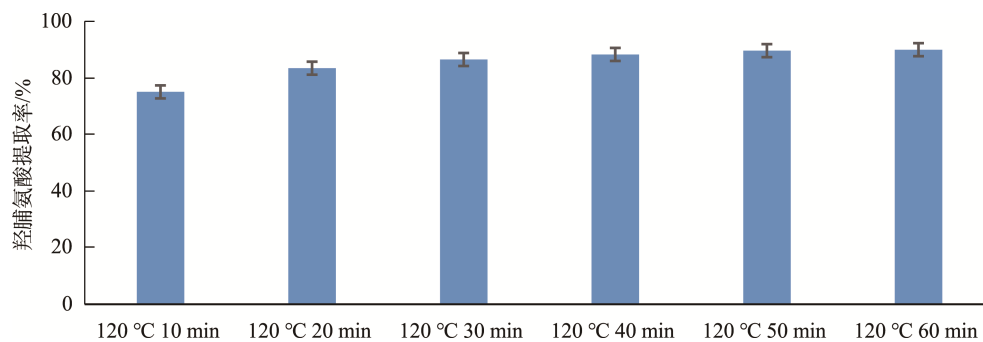


图 2 不同前处理时间对胶原蛋白提取率的影响(n=5)

Fig.2 Effect of different pretreatment time on extraction rate of collagen(n=5)

2.3 不同蛋白酶对鲟鱼软骨 II 型胶原蛋白的提取影响

选取实验室内常用的工业用酶(胰酶、中性蛋白酶、复合蛋白酶、碱性蛋白酶、风味蛋白酶和木瓜蛋白酶 6 种酶),在其最适条件下对鲟鱼软骨进行酶解提取,结果如图 3 所示。酶解结果显示,胰酶对鲟鱼软骨的酶解效果最好,因此选用胰酶作为后续试验用酶。

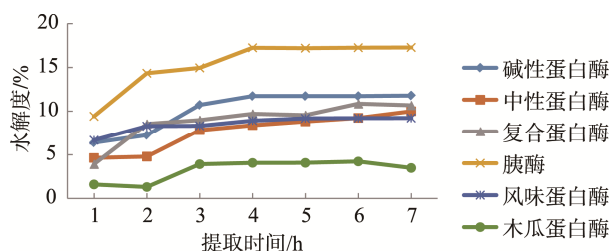


图 3 不同蛋白酶对鲟鱼软骨酶解提取胶原蛋白的影响(n=5)

Fig.3 Effect of different proteases on the extraction of collagen from sturgeon cartilage(n=5)

2.4 酶解条件对鲟鱼软骨 II 型胶原蛋白的提取影响

2.4.1 加酶量对鲟鱼软骨 II 型胶原蛋白的提取影响

酶解加酶量: 分别考察胰酶加酶量为 2000、4000、6000、8000、10000、12000 U/g·Pro 6 个加酶量对鲟鱼软骨酶解水解度的影响,结果如图 4 所示。结果发现,随着加酶量的增加,鲟鱼软骨提取胶原蛋白的水解度升高,超过 8000 U/g·Pro 后升高的不明显,故选择胰酶 8000 U/g·Pro 的加酶量。

水解度升高,超过 1:25 后升高的不明显。随着底物浓度的变化,会影响酶促反应的速率,达到某一值后不再随着浓度的变化而增加,故选择 1:25 的底物料液比浓度。

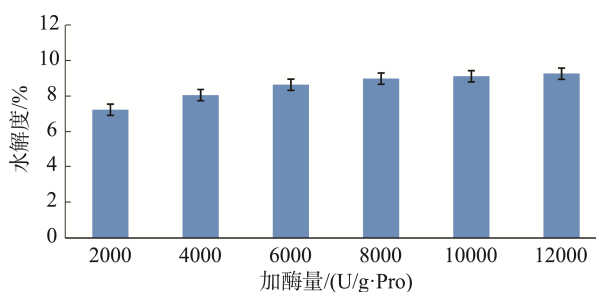


图 4 胰酶加酶量对胶原蛋白水解度的影响(n=5)

Fig.4 Effect of trypsin dosage on the degree of hydrolysis of collagen (n=5)

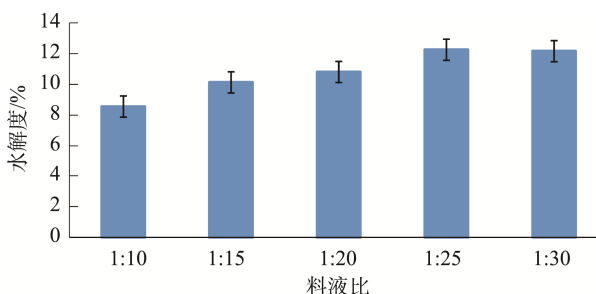


图 5 料液比对胶原蛋白水解度的影响(n=5)

Fig.5 Effect of solid-to-liquid ratio on the degree of hydrolysis of collagen(n=5)

2.4.2 底物浓度对鲟鱼软骨 II 型胶原蛋白的提取影响

考察料液比为 1:10、1:15、1:20、1:25 和 1:30 5 个料液比对胰酶酶解鲟鱼软骨胶原蛋白的影响,结果如图 5 所示。结果表明,随着料液比的增加,鲟鱼软骨胶原蛋白的

2.4.3 酶解时间对鲟鱼软骨 II 型胶原蛋白的提取影响

分别考察胰酶酶解时间 1、2、3、4、5、6 h 对鲟鱼软骨胶原蛋白水解度的影响,结果如图 6 所示。结果表明,随着酶解时间的增加,鲟鱼软骨胶原蛋白的水解度升高,超过 4 h 后升高的不明显。酶解时间过短,导致酶与底物的接触时间不足,酶解效果不充分;酶解时间过长,则存在酶解过度导致蛋白质被水解成短肽、寡肽或氨基酸。故选择 4 h 为胰酶的酶解时间。

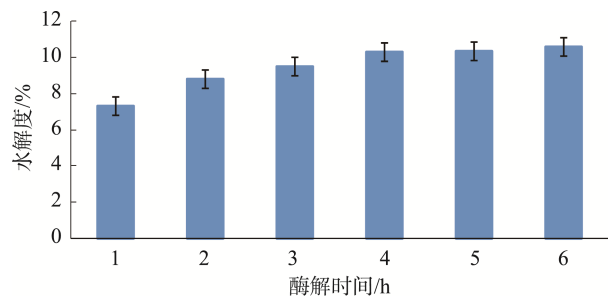


图 6 酶解时间对胶原蛋白水解度的影响($n=5$)
Fig.6 Effect of enzymolysis time on the degree of hydrolysis of collagen($n=5$)

2.4.4 pH 对鲟鱼软骨 II 型胶原蛋白的提取影响

分别考察胰酶在 pH 5、6、7、8、9、10 对鲟鱼软骨胶原蛋白水解度的影响, 结果如图 7 所示。结果表明, 随着酶解 pH 的增加, 鲟鱼软骨胶原蛋白的水解度呈先升高后下降, 超过 pH 8 后呈下降趋势。pH 过高过低都会对酶的活性造成影响, 本试验过程中, 胰酶的最适 pH 超过 8 时, 其生物活性开始降低直至丧失。故选择 pH 8 为胰酶的酶解 pH 值。

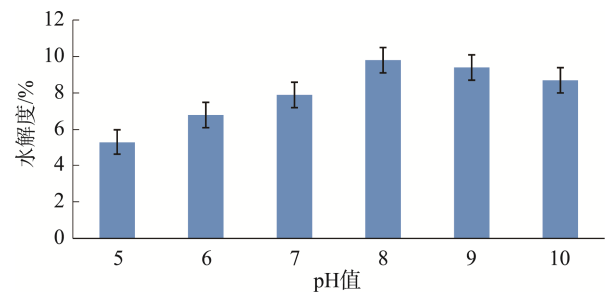


图 7 pH 值对胶原蛋白水解度的影响($n=5$)
Fig.7 Effect of pH on the degree of hydrolysis of collagen($n=5$)

2.5 正交试验

根据单因素试验选取胰酶加酶量、酶解时间、酶解温度和酶解 pH 4 个因素, 进行四因素三水平的正交试验, 实验结果如表 3 所示。结果显示, 4 个因素中对产品提取率的影响大小顺序为酶解温度 > 加酶量 > 酶解时间 > pH, 鲟鱼软骨提取 II 型胶原蛋白的胰酶最佳酶解条件为 $A_2B_2C_2D_2$, 即加酶量为 8000 U/g·Pro、酶解时间 4 h, 酶解 pH 8, 酶解温度 50 ℃。

在 $A_2B_2C_2D_2$ 条件下, 通过酶解条件优化, 水解度为 10.85%, 其中蛋白质含量 70.7%, II 型胶原蛋白代表性成分粘多糖-硫酸软骨素含量占 30.6%(干基计)(具体见表 4)。

3 结论与讨论

通过上述试验及结果分析, 胰蛋白酶对鲟鱼软骨提

取制备 II 型胶原蛋白的效果最佳, 通过酶解处理可以提高软骨中可溶性蛋白被水解的程度。实验结果也表明鲟鱼软骨中 II 型胶原蛋白的最佳提取工艺参数: 软骨 120 ℃前处理 50 min, 通过最佳酶解步骤: 加酶量 8000 U/g·Pro、酶解时间 4 h, 酶解 pH 8, 酶解温度 50 ℃, 此时水解度为 10.85%, 蛋白质含量 70.7%; 对该提取物检测分析粘多糖-硫酸软骨素含量, 可得其含量为 30.6%(以干基计), 说明鲟鱼软骨中的提取物为 II 型胶原蛋白。鲟鱼软骨中提取制备的 II 型胶原蛋白, 其含有的粘多糖-硫酸软骨素活性物质对关节炎症方面有着很好的作用, 作为一种功能性活性物质在结构鉴定、功效评价上还需进一步研究分析。

本研究只探讨了鲟鱼软骨的酶解提取制备 II 型胶原蛋白工艺, 并通过对提取物的检测分析, 确认其提取物为 II 型胶原蛋白, 具有特征性粘多糖-硫酸软骨素成分。这一研究结果也为下一步针对鲟鱼软骨 II 型胶原蛋白的活性功能研究提供理论数据基础。

表 3 胰酶酶解提取 II 型胶原蛋白正交试验结果
Table 3 Result of orthogonal test on extraction of type II collagen by trypsin

试验号	因素				水解度
	加酶量 /(U/g·Pro)	酶解时间 /h	pH	酶解温度 /℃	
1	1	1	1	1	8.400972
2	1	2	2	2	10.44736
3	1	3	3	3	7.862448
4	2	1	2	3	8.8677
5	2	2	3	1	10.8423
6	2	3	1	2	11.56
7	3	1	3	2	10.65
8	3	2	1	3	9.191
9	3	3	2	1	10.579
K_1	8.904	9.306	9.717	9.941	
K_2	10.423	10.160	9.965	10.886	
K_3	10.140	10.000	9.785	8.640	
R	1.519	0.854	0.248	2.246	

表 4 胰酶酶解提取 II 型胶原蛋白的检测结果
Table 4 Result of test on extraction of type II collagen by trypsin

名称	水分 /%	蛋白质 /%	粗脂肪 /%	灰分 /%	硫酸软骨素 /%	平均分子量 /Da
含量	4.9	70.7	1.1	8.4	30.6(干基)	1361

参考文献

[1] 贺艳辉, 袁永明, 张红燕, 等. 中国鲟鱼产业发展现状、机遇与对策建议[J]. 湖南农业科学, 2019, (7): 118–121.
HE YH, YUAN YM, ZHANG HY, *et al.* Current situation, opportunities and countermeasures of sturgeon industry in China [J]. Hunan Agric Sci, 2019, (7): 118–121.

[2] 杨移斌, 夏永涛, 赵蕾, 等. 鲟鱼养殖常见疾病及防治[J]. 水产养殖, 2013, 34(2): 46–48.
YANG YB, XIA YT, ZHAO L, *et al.* Prevention and treatment of sturgeon culture [J]. J Aquacul, 2013, 34(2): 46–48.

[3] 郝淑贤, 李晓燕, 李来好, 等. 鲟鱼营养组成、高值化加工利用及质量安全研究进展[J]. 南方水产科学, 2014, 10(6): 101–106.
HAO SX, LI XY, LI LH, *et al.* Research progress on nutrition composition, high threshold processing technology and quality & safety of sturgeon [J]. South Chin Fish Sci, 2014, 10(6): 101–106.

[4] 黄攀, 王文秋, 宫臣, 等. 大型鲟鱼不同部位肌肉的营养成分分析[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(18): 162–168.
HUANGP, WANGWQ, GONG C, *et al.* Chemical compositions of different muscle zones in giant hybrid sturgeon [J]. Food Res Dev, 2020, 41(18): 162–168.

[5] 董颖, 胡红霞, 马国庆, 等. 大小两种规格鲟鱼肉质营养成分的比较分析[J]. 营养学报, 2018, 40(2): 200–202.
DONG Y, HU HX, MA GQ, *et al.* Nutritional comparative analysis of compositions in sturgeons of different sizes [J]. Acta Nutr Sin, 2018, 40(2): 200–202.

[6] 杨少玲, 戚勃, 赵永强, 等. 大青鲨和镰状真鲨软骨中部分营养成分分析与安全评价[J]. 中国渔业质量与标准, 2019, 9(6): 65–70.
YANG SL, QI B, ZHAO YQ, *et al.* Nutrition analysis and safety evaluation on the cartilage of *Prionace glauca* and *Carcharhinus falciformis* [J]. Chin Fish Qual Stand, 2019, 9(6): 65–70.

[7] 杨少玲, 戚勃, 李来好, 等. 鲨鱼肌肉与鱼翅营养价值的比较[J]. 食品科学, 2019, 40(15): 184–191.
YANG SL, QI B, LI LH, *et al.* Comparison of the nutritional value of

shark meat and fin [J]. Food Sci, 2019, 40(15): 184–191.

[8] 周晓辉, 常亚南, 何晓亮, 等. II型胶原蛋白的结构、功能及其最新研究进展[J]. 河北科技大学学报, 2017, 38(2): 202–208.
ZHOU XH, CHANG YN, HE XL, *et al.* Structure, function and latest research development of collagen of type II [J]. J Hebei Univ Sci Technol, 2017, 38(2): 202–208.

[9] 姜艳敏, 丁长河. 水产类胶原蛋白的结构、生理功能及应用[J]. 食品科技, 2019, 44(8): 115–119.
JIANG YM, DING CH. Structure, physiological function and application of aquatic collagen [J]. Food Sci Technol, 2019, 44(8): 115–119.

[10] 宋瑞瑞, 包斌, 卜永士, 等. 蓝鲨软骨 II 型胶原蛋白的物理化学特性[J]. 食品科学, 2013, 34(9): 24–27.
SONG RR, BAO B, PU YS, *et al.* Physico-chemical characteristics of type II collagen isolated from *Prionace glauca* cartilage [J]. Food Sci, 2013, 34(9): 24–27.

[11] 杨玲, 赵燕, 鲁亮, 等. 鲟鱼鱼皮胶原蛋白的提取及其理化性能分析[J]. 食品科学, 2013, 34(23): 41–46.
YANG L, ZHAO Y, LU L, *et al.* Isolation and characterization of collagen from the skin of sturgeon [J]. Food Sci, 2013, 34(23): 41–46.

[12] GB 5009.3—2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S].
GB 5009.3—2016 National food safety standard-Limit of moisture in food [S]

[13] GB 5009.5—2016 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S].
GB 5009.5—2016 National food safety standard-Limit of protein in food [S]

[14] GB 5009.4—2016 食品安全国家标准 食品中灰分的测定[S].
GB 5009.4—2016 National food safety standard-Limit of ash in food [S].

[15] GB 5009.6—2016 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定[S].
GB 5009.6—2016 National food safety standard-Limit of fats in food [S].

[16] 杨帆, 栗丽, 陈荫, 等. 胰蛋白酶酶解制备孔鲷软骨蛋白寡肽及抗氧化活性研究[J]. 水产学报, 2019, 43(4): 544–553.
YANG F, LI L, CHENG Y, *et al.* Petides from the tryptic hydrolysate of cartilage proteins of *Raja porosa* and their antioxidant activities [J]. J Fish Chin, 2019, 43(4): 544–553.

[17] 顾斌洲, 王加斌, 滕芳芳, 等. 鳕鱼皮制备胶原蛋白肽的工艺优化[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2015, 34(5): 452–456.
GU BZ, WANG JB, TENG FF, *et al.* Process for preparing cod skin collagen peptide optimization [J]. J Zhejiang Ocean Univ (Nat Sci Ed), 2015, 34(5): 452–456.

[18] 何云, 赵淑静, 汪有先, 等. 鮫鳐鱼骨胶原蛋白提取工艺[J]. 食品工业科技, 2018, 39(5): 185–190.
HE Y, ZHAO SJ, WANG YX, *et al.* Extraction technology of collagen in

lophiuslitulon bone [J]. Sci Technol Food Ind, 2018, 39(5): 185-190.

[19] 宋居易, 桂萌, 马长伟, 等. 鲟鱼硫酸软骨素制备工艺优化[J]. 中国农业大学学报, 2014, 19(5): 116-123.

SONG JY, GUI M, MA CW, *et al.* Optimized technology of chondroitin sulfate preparation from cultured sturgeon [J]. J Chin Agric Univ, 2014, 19(5): 116-123.

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介



郑平安, 工程师, 主要研究方向海洋生物资源高值化利用。
E-mail: zhengpingan@hailisheng.com

“天然产物综合利用与检测”专题征稿函

天然产物是指由动物、植物或昆虫、海洋生物和微生物体内分离出来的生物二次代谢产物及生物体内源性生理活性化合物。近年来随着养生理念逐渐深入人心, 天然产物对健康促进作用的相关研究也获得了越来越多的关注。此外, 茶多酚、香辛料、壳聚糖、细菌素等天然产物在食品的护色保鲜领域也起着重要的作用。我国是天然资源大国, 也是应用天然产物历史最悠久的国家之一。如何充分发挥我国的资源优势, 从而更好地利用我国丰富的自然资源, 是亟待解决问题。

鉴于此, 本刊特别策划了“天然产物综合利用与检测”专题。专题将围绕天然产物的作用机理、分离鉴定、分析提纯、活性评价以及天然产物综合利用与检测等, 或您认为本领域有意义的问题综述及研究论文均可, 专题计划在 2021 年 4 月出版。

本刊主编国家食品安全风险评估中心吴永宁研究员与本专题主编吕兆林教授特邀请有关食品领域研究人员为本专题撰写稿件, 综述、研究论文和研究简报均可。请在 2021 年 2 月 28 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

同时烦请您帮忙在同事之间转发一下, 希望您能够推荐该领域的相关专家并提供电话和 E-mail。再次感谢您的关怀与支持!

投稿方式(注明专题**天然产物综合利用与检测**):

网站: www.chinafoodj.com(备注: 投稿请登录食品安全质量检测学报主页-作者登录-注册投稿-投稿栏目选择“2021 专题: **天然产物综合利用与检测**”)

邮箱投稿: E-mail: jfoods@126.com(备注: **天然产物综合利用与检测**专题投稿)

《食品安全质量检测学报》编辑部