

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2021.01.015

李向阳, 刘校男, 尹衍霖, 等. 核桃蛋白对调理食品品质的影响[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(1): 110-115.

LI X Y, LIU X N, YIN Y L, et al. Effect of walnut protein on the quality of prepared food[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2021, 29(1): 110-115.

# 核桃蛋白对调理食品品质的影响

李向阳<sup>1,2</sup>, 刘校男<sup>2</sup>, 尹衍霖<sup>2</sup>, 左东英<sup>1</sup>, 马建刚<sup>1</sup>, 王占勇<sup>1</sup>, 郭安民<sup>2</sup>

(1. 河北绿蕾农林科技有限公司, 河北 石家庄 050050;

2. 山东农业大学 食品科学与工程学院, 山东 泰安 271018)

**摘要:** 我国具有丰富的核桃粕资源, 核桃粕内蛋白含量高, 但并没有得到充分利用。低脂调理食品符合人们的健康消费理念, 但往往存在硬度大、水分含量低、口感差及风味不足等问题。以核桃粕为原料采用适度酶解技术制备核桃蛋白, 并将核桃蛋白应用于调理食品加工, 探究其对调理食品品质的影响, 结果表明适度酶解技术制备的核桃蛋白能够显著改善调理食品品质, 提高调理食品的熟制得率, 为充分利用核桃粕资源, 开发新的低脂调理食品提供技术支撑与理论依据。

**关键词:** 核桃粕; 核桃蛋白; 适度酶解; 调理食品; 品质

中图分类号: TS202.3 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2021)01-0110-06

## Effect of Walnut Protein on the Quality of Prepared Food

LI Xiang-yang<sup>1,2</sup>, LIU Xiao-nan<sup>2</sup>, YIN Yan-lin<sup>2</sup>, ZUO Dong-ying<sup>1</sup>,  
MA Jian-gang<sup>1</sup>, WANG Zhan-yong<sup>1</sup>, GUO An-min<sup>2</sup>

(1. Hebei Lvlei Agroforestry Technology Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei 050050, China; 2. School of Food Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Taian, Shandong 271018, China)

**Abstract:** China is rich in walnut meal resources, the protein content of walnut meal is high, but it has not been fully utilized. Low fat food is in line with people's health consumption concept, but it often has some problems such as high hardness, low moisture content, poor taste and flavor. Walnut protein was prepared from walnut meal by appropriate enzymatic hydrolysis technology, and the walnut protein was applied to the processing of prepared food to explore its influence on the quality of prepared food. The results showed that the walnut protein prepared by moderate enzymatic hydrolysis technology could significantly improve the quality and the cooked yield of prepared food. This study can provide technical support and theoretical basis for making full use of walnut meal resources and developing new low-fat conditioning food.

**Key words:** walnut meal; walnut protein; moderate enzymatic hydrolysis; prepared food; quality

我国具有丰富的核桃粕资源, 以核桃粕为原

料酶法适度水解提取的核桃蛋白富含小分子肽成分, 可降血压、降血糖、降血脂、提高机体免疫力, 保健作用显著<sup>[1]</sup>。然而目前我国的核桃粕资源利用率并不高, 为提高核桃粕资源的综合利用价值, 以核桃粕为原料利用适度酶解技术制备富含小肽分子的核桃蛋白, 并将获得的核桃蛋白应用于调理食品加工, 前景广阔。

调理肉类食品因其方便烹调、营养丰富、富有肉香风味而成为人们饮食中必不可少的部分<sup>[2-4]</sup>。

收稿日期: 2020-09-05

基金项目: “十三五”国家重点研发计划(2018YFD0401103); 山东省重点研发计划(2018YYSP029); 山东省“双一流”奖补资金(SYL2017XTTD01)

Supported by: National Key Research and Development Project of the 13th five-year plan, China(No. 2018YFD0401103); Key Research and Development Project of Shandong Province(No. 2018YYSP029); Funds of Shandong Double Tops Program, China(No. SYL2017XTTD01)

作者简介: 李向阳, 男, 1969年出生, 博士, 研究方向为粮食、油脂及植物蛋白工程。E-mail: xiangyang\_l@163.com.

近几年,人们对低脂调理食品的消费需求正急剧增长,然而低脂肉类调理食品的品质与风味往往不如高脂含量的产品,存在硬度大、易碎、咀嚼性差等问题。因此,寻求新的脂肪替代成分,降低产品脂肪含量,优化工艺,开发具有和高脂含量肉类调理食品类似的口感、品质或胜于其品质的低脂肉类调理食品是目前食品加工工业研究热点<sup>[5]</sup>。此外, Naghshi 等 2020 年 7 月在著名期刊 BMJ 刚刚发表的一篇报道,用科学的数据告诉人们用植物源蛋白部分替代动物源蛋白的健康食物很有可能将会延长人的寿命,引起了科学界及医学家的广泛关注<sup>[6]</sup>。适度改性的植物源蛋白能够表现出肉类的特性,其细小颗粒能够包覆脂肪球,延缓其风味在口腔中的释放,从而提高调理食品的咀嚼感与风味。已有研究表明,大豆蛋白、豌豆蛋白、花生蛋白等植物蛋白可以用于肉类调理食品的加工,并显著改善了肉类调理食品的品质<sup>[7]</sup>。但目前还没有利用核桃蛋白制备调理肉制品的研究报道。如果能够将核桃粕来源的核桃蛋白部分替代动物蛋白及脂肪应用于调理食品中,开发功能性调理食品,为人类的健康长寿保驾护航,将具有重要的科学意义。本实验以核桃粕为原料以适度酶解工艺制备核桃粕蛋白,并将核桃蛋白应用于调理食品中,探究其对调理食品品质的影响,为提高核桃粕资源的综合利用价值,研究核桃蛋白在食品中的应用以及开发新的调理食品提供技术支撑与理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

#### 1.1.1 材料与试剂

蔗糖、硫酸钾、硫酸铜及氢氧化钠等试剂均为分析纯:天津市凯通化学试剂有限公司;食品级卡拉胶:安徽远征生物工程有限公司;食品级中性蛋白酶:诺维信公司。

#### 1.1.2 主要仪器及设备

TA-XT2i 型质构仪:英国 SMS 公司;HH-6 数显恒温水浴锅:国华电器有限公司;Centrifuge 5804R 冷冻离心机:德国艾本德股份公司;DZF-6050 真空干燥箱:上海博迅实业有限公司医疗设备厂;Rapid N Cube 快速定氮仪:德国元素

分析系统公司;SKT-200 自动凯氏定氮仪:上海仪电科学仪器股份有限公司。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 制备核桃蛋白

适量核桃粕粉碎,100 目筛分,以料液比 1:15 (w/v) 制备核桃粕溶液,将溶液水浴加热至 53 °C,以 1 mol/L 的 NaOH 溶液调 pH 值至 7.5,加入 5 000 u/g 中性蛋白酶酶解 60 min,100 °C 水浴灭酶 5 min,快速冷却到室温,5 000 r/min 离心 20 min,上清液冷冻干燥后制成核桃蛋白粉(含蛋白 89%,水分 2%,脂肪 1%,灰分 2%,碳水化合物及其他 6%),备用。

#### 1.2.2 核桃蛋白对调理食品中品质的影响

##### 1.2.2.1 制作肉糜

新鲜猪前腿肉及背部肥膘于 -4 °C 冷冻处理 24 h,除去多余结缔组织及脂肪组织,切成 20×4×5 cm 的条状,真空包装,于 -18 °C 冷冻储藏 12 h 取出,解冻后,按猪肉 80%,肥膘 20% 取料,入绞肉机,首先于 1 cm 孔板粗绞,之后换 0.4 cm 孔板细绞获得肉糜,称取适量作对照组,另取适量分别加入不同比例(1%、2%、3%、4%、5%、6%) 适度酶解核桃蛋白为实验组,对照组及实验组均加入配料及矿泉水腌制 3 h。配料的添加量为:加碘食盐 2.5%、酱油 0.2%、蔗糖 2.5%、料酒 2%、橘皮粉 0.15%、生姜粉 0.15%、五香粉 0.15%、味精 0.25%、卡拉胶 0.5%。腌制完成再次绞拌,于 4 °C 冷藏备用。

称取对照组及各实验组 100 g 制作厚度为 2.0 cm,直径为 7 cm 的肉糜饼,于电饼铛熟制 5 min,制备熟肉饼,测定相关指标。所有试验均设计 3 个平行试验。

##### 1.2.2.2 测定蛋白质、脂肪、水分等含量及产品熟制得率

参考 AOAC (1995) 测定肉糜饼的蛋白质、脂肪及水分含量。根据蒸煮前后水分及脂肪含量的比值计算保水率及保油率。

在熟制前称量生肉糜饼,熟制后的肉饼冷却至室温进行称量,按如下公式计算产品熟制得率,熟制得率(%)=肉糜熟制后重量/生肉糜重量×100<sup>[8-9]</sup>。

##### 1.2.2.3 质构特性测定

TA-XT2i 型质构仪,选 P50 探头,设压缩比为 50%,测前测中及返回的速率分别为 5.0、1.0 及 1.0 mm/s,触发力为 Auto-5g,得到

硬度、弹性、咀嚼性、回复性等指标。

1.2.2.4 色差值测定 使用 CR-400 色差计测定肉糜饼的色差值。 $L^*$ 代表明暗度,  $a^*$ 代表红绿色度值,  $b^*$ 代表黄蓝色度值。

1.2.2.5 感官评价 随机选取 20 名接受过相关培

训、具有感官评价能力的食品专业大学生, 组成评定小组, 对熟制的肉糜饼进行感官评分。各项得分结果去掉一个最高分和一个最低分, 剩余分数的平均值即为最终得分, 各项最终得分的总和即总体评价得分。感官评定标准见表 1。

表 1 猪肉肉糜感官评分标准  
Table 1 Sensory evaluation standard of pork mince

项目/评分/分	1	2	3	4	5
风味	杂味重	略有杂味	肉香味较好	肉香较浓	肉香纯浓
嫩度	肉感很老	肉感老	嫩度中等	比较鲜嫩	鲜嫩
质构	过于松散	松散	较均匀	基本均匀	均匀
色泽	杂色太多	色泽不均	肉色均匀	肉色较鲜亮	肉色鲜亮诱人
适口性	口感太硬	口感硬	咀嚼性一般	咀嚼性较好	入口爽滑细腻

### 1.2.3 数据处理

试验数据采用 Origin 8.0, Excel 以及 SPSS 16.0 进行作图、处理与分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 核桃蛋白对猪肉肉糜保水性、保油性及产品熟制得率的影响

不同添加量核桃蛋白制作的猪肉肉糜的保水

性、保油性、保水性及熟制得率见表 2, 表 2 数据表明核桃蛋白对猪肉肉糜的保水性、保油性、保水性及产品得率都有积极的影响。沈忱曾报道, 适度酶解的大米蛋白具有优越的持水性, 可作为良好的持水添加剂应用于香肠类调理肉制品的加工, 添加 4% 适度酶解的大米蛋白其保水性能可与 1% 的食盐效果相同, 与此类似<sup>[10]</sup>, 本试验适度酶解的核桃蛋白同样表现出优秀的保水性。

表 2 核桃蛋白添加量对肉糜保水性及产品熟制得率的影响

蛋白添加量	0	1	2	3	4	5	6
保水性	61.03 ± 0.11	62.18 ± 0.07	64.96 ± 0.10	67.67 ± 0.12	69.39 ± 0.03	71.37 ± 0.07	71.83 ± 0.16
保油性	62.85 ± 0.09	64.39 ± 0.21	67.32 ± 0.15	69.59 ± 0.06	72.31 ± 0.25	73.67 ± 0.13	73.96 ± 0.08
得率	83.67 ± 0.13	85.17 ± 0.03	87.85 ± 0.31	90.36 ± 0.19	93.78 ± 0.14	94.97 ± 0.19	94.96 ± 0.29

随核桃蛋白添加量的增加肉糜保水性、保油性、保水性及产品熟制得率的变化趋势如图 1 所示, 核桃蛋白添加量为 1%~5% 时肉糜的保水性、保油性、保水性及熟制得率均呈显著上升之势, 当核桃蛋白添加量超过 5% 时, 肉糜的保水性、保油性、保水性及熟制得率均略有增长。这与周伟伟等的报道一致, 如果水分散失, 由脂肪、蛋白质及水分组成的肉糜质构就会受到破坏, 脂肪就会溢出, 相反如果肉糜保留水分的能力增强, 肉糜凝胶的稳定性也会增强, 脂肪的溢出率就会降低, 产品得率自然会提升<sup>[11]</sup>。核桃蛋白的添加, 有助于产品熟制过程肉糜凝胶网络的形成, 可以极好的稳定脂肪微颗粒, 提高肉糜的保水性及保油性, 从而提高产品熟制得率,

这与 Su 及刘广娟的报道基本一致<sup>[12-13]</sup>。

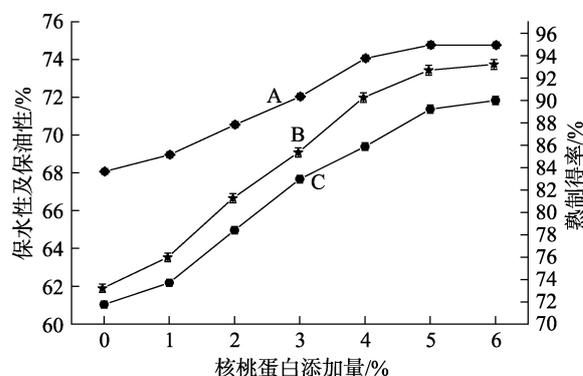


图 1 核桃蛋白添加量对肉糜熟制得率 (A)、保油性 (B) 及保水性 (C) 的影响

Fig.1 Effect of walnut protein addition on (A) cooked yield, (B) oil retention and (C) water retention of the mince

## 2.2 添加核桃蛋白对猪肉肉糜质构及色泽的影响

### 2.2.1 添加核桃蛋白对猪肉肉糜质构的影响

蛋白质适度改性后，疏水基团会分散于蛋白分子的表层，拥有和脂肪分子类似的疏水性<sup>[14]</sup>，且在一定的条件下蛋白可以与水结合形成质构特性与脂肪相似的凝胶<sup>[15]</sup>，所以在低脂肉制品的生产工艺中，蛋白质经常被用来作为脂肪的替代品来提高肉制品的质构与口感。Ahmad 报道以植物蛋白（大豆蛋白）替代脂肪制备牛肉香肠，可显著改善香肠的质构特性等指标<sup>[16]</sup>。表 3 为试验测得不同核桃蛋白添加量制备的猪肉肉糜的硬度、弹性、咀嚼性及回复性的结果，与对照组相比各实验组肉糜的硬度、弹性、回复性及咀嚼性均有不同程度的提高。

随核桃蛋白添加量的增加肉糜制品的硬度等

质构特性的变化趋势如图 2 所示，图中信息表明猪肉肉糜的硬度值及咀嚼性均伴随着蛋白添加量的增加而增加，这主要因为核桃蛋白促使肉糜形成了比较致密的凝胶网络，提高了肉糜的保水性及保油性，并这与杨琪等的研究结果相似<sup>[17]</sup>。肉糜的弹性及回复性的变化趋势与硬度及咀嚼性的变化趋势略有不同，起初随核桃蛋白添加量（1%~5%）的增多，肉糜的弹性及回复性也呈上升之势，但当核桃蛋白添加量大于 5% 时，肉糜的弹性及回复性却略有降低，这可能由于替代猪肉的核桃蛋白达到一定量时，肉糜中脂肪的含量会过低，从而影响肉糜凝胶的质构特性，这与李朝阳等的报道结果较为相近<sup>[18]</sup>。总之，核桃蛋白替代一定比例肉糜，可降低脂肪含量，增加植物蛋白含量，改善肉糜的质构，当核桃蛋白替代量为 5% 时所制备的猪肉肉糜其质构特性最佳。

表 3 核桃蛋白添加量对肉糜质构特性的影响

Table 3 Effect of walnut protein addition on texture characteristics of pork mince

蛋白添加量/%	0	1	2	3	4	5	6
硬度/g	4 214.00 ± 40	4 853.00 ± 98	5 509.00 ± 176	6 290.00 ± 175	6 839.00 ± 109	7 067.00 ± 196	7 174.00 ± 152
弹性/%	0.61 ± 0.05	0.69 ± 0.02	0.70 ± 0.01	0.75 ± 0.03	0.80 ± 0.02	0.83 ± 0.03	0.81 ± 0.02
回复性/%	0.30 ± 0.03	0.32 ± 0.02	0.33 ± 0.02	0.35 ± 0.02	0.36 ± 0.03	0.37 ± 0.02	0.35 ± 0.01
咀嚼性/g	1 169.00 ± 105	1 194.00 ± 101	1 232.00 ± 88	1 272.00 ± 101	1 301.00 ± 95	1 385.00 ± 78	1 475.00 ± 109

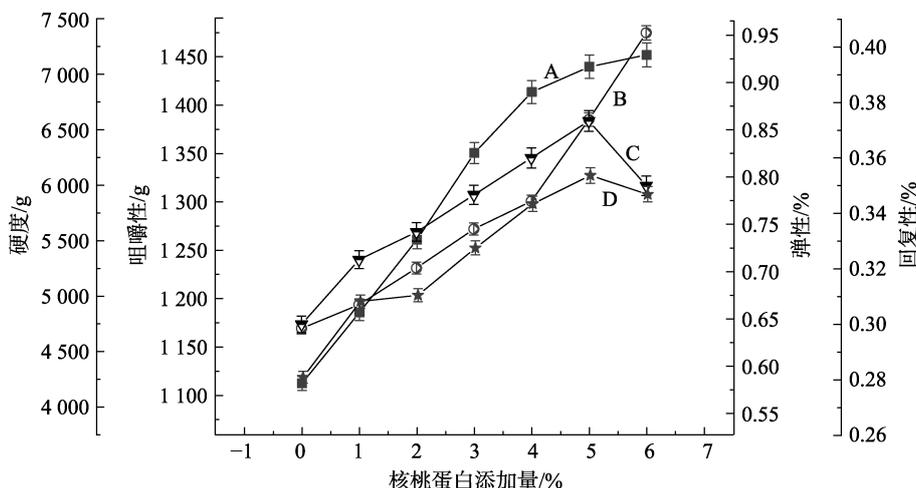


图 2 核桃蛋白添加量对 (A) 肉糜硬度、(B) 咀嚼性、(C) 回复性及 (D) 弹性的影响

Fig.2 Effects of walnut protein addition on (A) hardness, (B) chewiness, (C) resilience and (D) elasticity of pork mince

### 2.2.2 添加核桃蛋白对猪肉肉糜色泽的影响

肉糜色泽是评价肉糜产品品质的关键因素之一，也是决定消费者认可度的一个重要指标。核桃蛋白添加对肉糜色泽的影响如表 4 所示。核桃

蛋白的添加对猪肉肉糜的色泽具有一定的改善作用，各实验组的红绿色度值，黄蓝色度值及亮度值均高于对照组，且核桃蛋白蛋白（1%~6%）的添加量越高，其护色效果越优异。

表 4 核桃蛋白添加量对肉糜色泽的影响

Table 4 Effect of walnut protein addition on mince color

蛋白添加量/%	0	1	2	3	4	5	6
<i>a</i> *	5.06 ± 0.03	5.16 ± 0.05	5.23 ± 0.03	5.28 ± 0.03	5.33 ± 0.04	5.44 ± 0.07	5.53 ± 0.09
<i>b</i> *	16.09 ± 0.23	16.39 ± 0.15	16.52 ± 0.16	16.59 ± 0.20	16.63 ± 0.18	16.67 ± 0.18	16.72 ± 0.16
<i>L</i> *	63.09 ± 0.37	63.18 ± 0.38	63.25 ± 0.37	63.34 ± 0.36	63.40 ± 0.34	63.46 ± 0.32	63.54 ± 0.33

影响猪肉肉糜色泽的内因主要为肌红蛋白、血红蛋白及细胞色素 C 等含有色素的成分, 其中肌红蛋白为最主要的影响因子, 在肉糜的加工制作与保存等过程中, 如果肌红蛋白发生氧化及降解, 就会引起肉糜色泽的改变, 通过适度酶解获得的核桃蛋白富含小肽, 具有较强的抗氧化性, 可以有效抑制肉糜的氧化及肌红蛋白的降解, 从而对肉糜起到很好的护色增亮效果。呼和木其尔、王晶等的研究结果也证实了富含小肽的蛋白水解物可以有效抑制调理肉糜制品的氧化, 并起到良好

的保鲜护色作用, 与本研究结果相似<sup>[19-20]</sup>。

### 2.3 核桃蛋白对猪肉肉糜感官评价的影响

添加不同比例核桃蛋白的猪肉肉糜熟制后的感官评定结果如表 5 所示, 核桃蛋白在降低动物脂肪含量的同时对肉糜的风味也起到了显著的改善作用。这主要因为核桃蛋白内的小肽分子可以有效抑制肉糜内的脂类等成分氧化, 减少脂类等氧化产生的酸败物质<sup>[21]</sup>。另外, 富含小肽分子的核桃蛋白在肉糜制作、储存及熟制过程还易于发生美拉德反应, 释放挥发性的肉香成分, 提升肉糜的特有风味。

表 5 核桃蛋白添加量对肉糜感官评价的影响

Table 5 Effect of walnut protein addition on sensory evaluation of pork mince

蛋白添加量/%	0	1	2	3	4	5	6
风味/分	2.67 ± 0.35	3.33 ± 0.47	3.56 ± 0.26	3.66 ± 0.35	3.83 ± 0.38	4.44 ± 0.26	4.22 ± 0.30
嫩度/分	2.72 ± 0.33	3.33 ± 0.47	3.56 ± 0.26	3.72 ± 0.33	3.83 ± 0.26	4.39 ± 0.25	4.11 ± 0.22
质构/分	2.78 ± 0.30	3.44 ± 0.26	3.67 ± 0.24	3.78 ± 0.30	3.89 ± 0.34	4.56 ± 0.26	4.16 ± 0.38
色泽/分	2.50 ± 0.26	3.33 ± 0.35	3.39 ± 0.25	3.5 ± 0.26	3.67 ± 0.35	4.44 ± 0.26	4.16 ± 0.38
适口性/分	2.67 ± 0.35	3.22 ± 0.42	3.39 ± 0.25	3.44 ± 0.26	3.89 ± 0.10	4.56 ± 0.26	4.22 ± 0.18
总体评价/分	13.34 ± 1.59	18.30 ± 1.97	17.57 ± 1.26	18.10 ± 1.50	19.11 ± 1.43	22.39 ± 1.29	20.87 ± 1.28

核桃蛋白对肉糜嫩度、质构、色泽、适口性及总体评价得分的影响效果与对风味影响效果相似, 表现出同样的趋势, 起初肉糜的风味、嫩度、质构、色泽、适口性及总体评价得分随核桃蛋白添加量的增多而提高, 当核桃蛋白添加量为 5% 时达到最高分, 而核桃蛋白添加量为 6% 时其评分均出现降低的趋势, 但降分幅度不大。前面提到肉糜产品的色泽、质构及口感等与其脂肪留存率及水分留存率有重要的正相关, 肉糜保存水分及脂肪的能力与形成蛋白基凝胶的能力也有密切的正关联, 核桃蛋白与肌肉蛋白的相互作用可以促进肉糜蛋白基凝胶的形成, 有效稳定肉糜体系中不连续的脂肪微粒, 并强力锁住体系内的水分, 从而增强熟制肉糜的色度、多汁性、弹性、咀嚼性及回复性, 也会提高消费者在试吃过程的愉悦感, 他们对肉糜的嫩度、质构、色泽、适口

性及总体评价得分自然会提高, 而核桃蛋白添加量为 6% 时肉糜的各项感官评价得分略有降低, 可能因为添加量为 5% 时核桃蛋白与肌肉蛋白的相互作用已经接近了饱和状态, 这与李朝阳等的研究结果较为相似。

### 3 结论

适度酶解改性的核桃蛋白 (1%~6%) 应用于低脂猪肉肉糜的加工, 不仅可以提高肉糜产品的保水性、保油性及熟制得率, 改善肉糜产品的质构特性及色泽, 还可以显著提升肉糜产品的风味、嫩度及适口性, 提高消费者对肉糜产品的整体认可度, 在核桃蛋白添加量为 5% 时, 对肉糜的品质改善效果最佳, 该条件所制备的猪肉肉糜的各项指标均达到最优值。经适度酶法改性的核桃蛋白具有优越的抗氧化性、呈味功能及其他功能特性, 可用于低脂调理食品的开发。

## 参考文献:

- [1] 郭蔓莉, 吴澎, 赵路苹, 等. 核桃加工副产物的综合利用及精深加工[J]. 粮油食品科技, 2018, (2): 25-29.  
GUO M L, WU P, ZHAO L P, et al. Comprehensive utilization and deep processing of walnut processing by-products [J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2018, (2): 25-29.
- [2] DOMÍNGUEZ R, BARBA F J, CENTENO J A, et al. Simple and rapid method for the simultaneous determination of cholesterol and retinol in meat using normal-phase HPLC technique[J]. Food Analytical Methods, 2018, 11(2): 319-326.
- [3] BANJARI I, HJARTÅKER A. Dietary sources of iron and vitamin B12: Is this the missing link in colorectal carcinogenesis?[J]. Medical hypotheses, 2018, 116: 105-110.
- [4] DAS A K, NANDA P K, MADANE P, et al. A comprehensive review on antioxidant dietary fibre enriched meat-based functional foods[J]. Trends in Food Science & Technology, 2020, 99: 323-336.
- [5] CÂMARA A K F I, OKURO P K, DA CUNHA R L, et al. Chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage as a new fat substitute in emulsified meat products: Technological, physicochemical, and rheological characterization[J]. LWT-Food Science and Technology, 2020, 125: 109193.
- [6] NAGHSHI S, SADEGHI O, WILLETT W C, et al. Dietary intake of total, animal, and plant proteins and risk of all cause, cardiovascular, and cancer mortality: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies[J]. British Medical Journal, 2020, 370.
- [7] ZAMUZ S, PURRIÑOS L, GALVEZ F, et al. Influence of the addition of different origin sources of protein on meat products sensory acceptance[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2019, 43(5): e13940.
- [8] 鲁飞, 何承云, 康壮丽, 等. 食盐与高温对猪肉糜品质的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(11): 46-49+56.  
LU F, HE C Y, KANG Z L, et al. Effects of salt and high temperature on the quality of minced pork [J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40 (11): 46-49+56.
- [9] 高雪琴. 大豆分离蛋白和卡拉胶复配对调理猪肉制品品质的影响及机理研究[D]. 2015.  
GAO X Q. Study on the effect and mechanism of soy protein isolate and carrageenan on the quality of conditioned pork products [D]. 2015.
- [10] 沈忱, 蒋予箭. 酶法水解大米蛋白制取持水剂的研究[J]. 中国粮油学报, 2008, 23(1): 10-13.  
SHEN C, JIANG Y J. Preparation of water holding agent by enzymatic hydrolysis of rice protein [J]. Journal of The Chinese Cereals and Oils Association, 2008, 23(1): 10-13.
- [11] 周伟伟, 刘毅, 陈霞, 等. 斩拌条件对乳化型香肠品质和微结构的影响[J]. 肉类研究, 2007, (3): 38-40+43.  
ZHOU W W, LIU Y, CHEN X, et al. Effects of chopping conditions on the quality and microstructure of emulsion sausage [J]. Meat Research, 2007 (3): 38-40+43.
- [12] SU Y K, BOWERS J A, ZAYAS J F. Physical characteristics and microstructure of reduced-fat frankfurters as affected by salt and emulsified fats stabilized with nonmeat proteins[J]. Journal of Food Science, 2000, 65(1): 123-128. DOI:10.1111/j.1365-2621.2000.tb15966.x.
- [13] 刘广娟, 徐泽权, 邢世均, 等. 卡拉胶、转谷氨酰胺酶及大豆分离蛋白对猪 PSE 肉低温香肠保水性和感官品质的影响[J]. 肉类研究, 2019, (3): 34-39.  
LIU G J, XU Z Q, XING S J, et al. Effects of carrageenan, transglutaminase and soy protein isolate on water retention and sensory quality of PSE pork low temperature sausage [J]. Meat Research, 2019, (3): 34-39.
- [14] 董学文, 张苏苏, 李大宇, 等. 脂肪替代物在肉制品中应用研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(6): 1961-1966.  
DONG X W, ZHANG S S, LI D Y, et al. Application of fat substitutes in meat products [J]. Food Safety and Quality Detection Technology, 2017 (6): 1961-1966.
- [15] LIAO F H, SHIEH M J, YANG S C, et al. Effectiveness of a soy-based compared with a traditional low-calorie diet on weight loss and lipid levels in overweight adults[J]. Nutrition, 2007, 23(7-8): 551-556.
- [16] AHMAD S, RIZAWI J A, SRIVASTAVA P K. Effect of soy protein isolate incorporation on quality characteristics and shelf-life of buffalo meat emulsion sausage[J]. Journal of Food science and Technology, 2010, 47(3): 290.
- [17] 杨琪, 唐善虎, 韦婕妤. 不同钙盐、植物蛋白、膳食纤维对牦牛肉糜质构特性的影响[J]. 食品科技, 2018, 43(11): 147-153.  
YANG Q, TANG S H, WEI J Y. Effects of different calcium salts, plant protein and dietary fiber on texture characteristics of yak surimi [J]. Food science and Technology, 2018, 43(11): 147-153.
- [18] 李朝阳, 程天赋, 郭增旺, 等. 搅拌方式及绿豆蛋白添加量对香肠品质特性的影响[J]. 农产品加工·学刊, 2019, (9): 9-12.  
LI C Y, CHENG T T, GUO Z W, et al. Effects of mixing methods and mung bean protein addition on sausage quality characteristics [J]. Agricultural Products Processing, 2019, (9): 9-12.
- [19] 呼和木其尔, 杨志荣, 阿茹汗, 等. 羊软骨胶原蛋白水解物在羊肉糜中抗氧化效果研究[J]. 食品科技, 2016, 41(7): 135-140.  
HU H M Q E, YANG Z R, A R H, et al. Study on antioxidant effect of collagen hydrolysate of sheep cartilage in Mutton surimi [J]. Food science and Technology, 2016, 41(7): 135-140.
- [20] 王晶, 孔保华, 熊幼翎, 等. 玉米蛋白酶水解物对生肉糜脂肪氧化的抑制研究[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(2): 63-66.  
WANG J, KONG B H, XIONG Y L, et al. Inhibition of corn protease hydrolysate on lipid oxidation of raw meat surimi [J]. Journal of The Chinese Cereals and Oils Association, 2009, 24(2): 63-66.
- [21] 刁静静, 张丽萍. 不同种类的蛋白肽对香肠抗氧化能力的影响[J]. 肉类研究, 2012(7): 5-9.  
DIAO J J, ZHANG L P. Effects of different protein peptides on antioxidant capacity of sausage [J]. Meat Research, 2012(7): 5-9. 完