

文章编号:1673-1689(2009)04-0474-05

## 淀粉和水分质量分数对脱脂豆粕制备仿生肉特性的影响

吴祖芳<sup>1</sup>, 翁佩芳<sup>1</sup>, 李共国<sup>2</sup>, 钱威勇<sup>1</sup>

(1. 宁波大学应用海洋生物技术教育部重点实验室, 浙江宁波315211; 2. 浙江万里学院生物与环境科学学院, 浙江宁波315100)

**摘要:**利用双螺杆挤压机,以脱脂豆粕(DSM)为主要原料,同时以浓缩大豆蛋白(SPC)作对比,考察了玉米淀粉添加量及混合物水分质量分数对仿生肉制品硬度和粘附力的影响。结果表明:以DSM为主要原料,添加玉米淀粉质量分数6%及控制水分质量分数26%的条件下,在机筒中心温度为135℃挤压所得产品在硬度上与对照牛肉干样品接近;同样在添加玉米淀粉质量分数13%和控制水分质量分数为40%的条件下,所得产品的粘附力与牛肉干较接近。根据仿生肉制品质量评估权重系数(硬度为70%,粘附力为30%)得到制备仿生肉制品的DSM与玉米淀粉最佳质量比为15:2。制品的密封保存有利于贮藏稳定性。利用扫描电镜观察了仿生肉制品的微观结构呈多层、纤维状结构。

**关键词:**豆粕;仿生肉;挤压;质地

**中图分类号:**TS 229

**文献标识码:**A

## Effects of Starch and Moisture Components on Analog Meat Characteristics with Defatted Soybean Meal Material

WU Zu-fang<sup>1</sup>, WENG Pei-fang<sup>1</sup>, LI Gong-guo<sup>2</sup>, QIAN Wei-yong<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Applied Marine Biotechnology, Ministry of Education, Ningbo University, Ningbo 315211, China; 2. School of Biological & Environmental Sciences, Zhejiang Wanli University, Ningbo 315100, China)

**Abstract:** Effects of corn starch and moisture content on characteristics (hardness and adhesive force) of analog meat were investigated using defatted soybean meal (DSM) as main materials with a twin-screw extruder, compared with soybean protein concentrate (SPC). The results demonstrated that the product resembled beef jerky in hardness, in addition of 6% corn starch, 26% moisture of the mixture using DSM as a main material when extruded at a center cooking temperature of 135°C. The product had a similar adhesive force to beef jerky, in addition of 13% corn starch, 40% moisture at the same conditions. According to the weigh coefficient of hardness (70%) and adhesive force (30%) to the analog meat product quality evaluation, an optimum ratio of 15:2 (DSM and corn starch) was obtained to get an analog meat product. In addition, an excellent storage stability of the product was also performed under the hermetic packaging.

收稿日期:2008-04-15

基金项目:浙江省宁波大学教授基金项目(2007024)

作者简介:吴祖芳(1963-),男,浙江奉化人,工学博士,教授,主要从事食品科学与生物技术研究。

Email: wuzufang06@yahoo.com.cn

Finally, the microstructure viewing of analog meat samples was also described by using the scanning electron microscope and showed a multi-layered and fibrous structure of analog meat product.

**Key words:** soybean meal, analog meat, extrusion, texture

仿生肉食品是一种通过蛋白质挤压技术制成的具有类似于肉的结构、咀嚼感及感官特性的仿制食品<sup>[1-3]</sup>。通过蛋白质质构重组可提高其质构、感官特性和蛋白质利用率<sup>[4]</sup>。利用植物蛋白质资源生产仿生肉制品可以满足人们的食欲需求。大豆是一种理想的蛋白质原料<sup>[5]</sup>,大豆蛋白含有人体所需的8种必需氨基酸<sup>[6]</sup>,在所有植物蛋白中,大豆蛋白的氨基酸结构最优,达到了FAO/WHO所推荐的标准。仿生肉在高水分下挤压以及用双螺杆挤压机挤压时各挤压参数对仿生肉特性的影响已有文献报道<sup>[5-7]</sup>,如用大豆分离蛋白(SPI)或浓缩大豆蛋白(SPC)作原料的高水分仿生肉已实施产业化,但存在需低温保藏、运输不便以及货架期短等问题。

脱脂豆粕(DSM)是一种低廉的大豆加工产品,作者研究的目的是开发以廉价的低温DSM为主要原料,以SPC作比较,研究淀粉质量分数和水分质量分数对仿生牛肉制品质量的影响,以期开发在低水分质量分数条件下挤压生产大豆蛋白仿生牛肉的生产工艺。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与设备

大豆浓缩蛋白:水分质量分数8.0%、粗蛋白质质量分数68%(干基)、脂肪质量分数1.5%(干基),100目,宁波索宝食品有限公司提供;脱脂豆粕:水分质量分数10%、蛋白质质量分数50%(干基)、氮溶解指数80%(干基)、含皮率2.0%、灰分质量分数6.5%(干基),100目过筛,山东临沂山松生物制品有限公司提供;玉米淀粉:水分质量分数 $\leq$ 14%、酸度 $\leq$ 20%、蛋白质质量分数 $\leq$ 0.5%,100目,河北燕南食品集团有限公司提供;对照牛肉干样品:市售,经测定硬度981g,粘附力为179g。

DS32-II双螺杆挤压机:设备参数,螺杆直径32mm,螺杆长与直径比为18.75,螺杆最大转速为325r/min,动力110W,山东济南赛信膨化机械有限公司产品;HR73P水分测定仪:梅特勒-托利多仪器有限公司产品;QTS-25型物性测定仪:英国CNS FARNELL公司产品;SEM扫描电镜:S-

3400N,日本Hitachi公司产品。

### 1.2 样品制备

原料由搅拌机搅拌混合,用双螺杆挤压机在60、135、80℃3个区域温度下挤压,水在挤压过程中加入;挤压条件:螺杆转速为100r/min,桶底温度为80℃,机头压为6000kPa,喂料速率为12kg/h,添水速率为5L/h。

### 1.3 分析方法

水分质量分数:在保证挤压条件的情况下,用水分测定仪测定;产品质构(硬度、粘附力):用物性测定仪测定;产品的微观结构:样品被切成0.2cm厚、0.4cm宽、0.6cm长的小片,用扫描电镜观察产品的微观结构。

## 2 结果与讨论

### 2.1 水分质量分数对大豆蛋白仿生肉硬度的影响

硬度是仿生牛肉产品在质构上最重要的指标之一。分别以DSM和SPC为原料,水分质量分数范围从20%到40%来研究水分质量分数对挤压型仿生肉硬度的影响;物料在中心温度为135℃、含质量分数20%玉米淀粉的条件下挤压,测定水分质量分数与挤压产品硬度的关系,结果见图1。

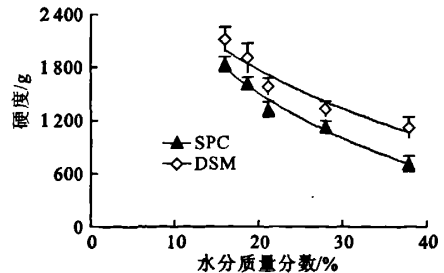


图1 水分质量分数对挤压产品硬度的影响

Fig.1 Effect of moisture content on hardness of the extrusion product

图1表明,水分质量分数对挤压产品的硬度有重要影响,物质的最大允许加水量与其吸水特性有关;以DSM为主要原料时,随着水分质量分数的改变,产品硬度变化不明显,但以SPC为主要原料时,随着水分质量分数的改变,产品硬度变化显著。在相同的水分质量分数下,用DSM为主要原料比用

SPC 为主要原料的产品硬度高,低硬度对产品质感有利,但水分质量分数过高时容易引起喷射现象;通过与对照牛肉干比较,以相对较低的烹煮温度处理,得出以 SPC 和 DSM 为原料时最佳水分质量分数分别为 20% 与 26%。

## 2.2 水分质量分数对大豆蛋白仿生肉粘附力的影响

仿生肉制品的另一个重要指标是粘附力,蛋白质的粘附力与液体流动引起的内部摩擦有关,在调节食品性质方面起着重要的作用。在相同的工艺条件下研究水分质量分数对仿生肉食品粘附力的影响,结果如图 2 所示。

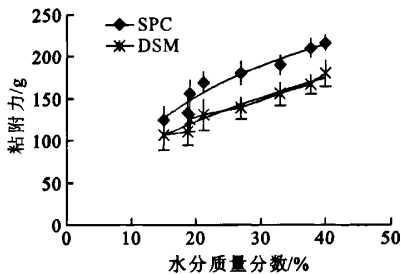


图 2 水分质量分数对挤压产品粘附力的影响

Fig. 2 Effect of moisture content on adhesive force of the extrusion product

随着水分质量分数的增加制品粘附力增加,以 SPC 为原料的制品与对照牛肉干样品粘附力最接近时水分质量分数为 26% 左右,而以 DSM 为原料则水分质量分数为 40%。

## 2.3 淀粉质量分数对大豆蛋白仿生肉质构特性的影响

在复合蛋白的质构加工过程中,淀粉能提高产品诸如松软等感官性质,并可作为产品稳定剂和增稠剂,但淀粉质量分数过量则会影响产品的质构。在相同操作条件及控制水分质量分数为 30% 条件下研究淀粉质量分数(0~40%)对仿生肉制品硬度的影响,结果见图 3。

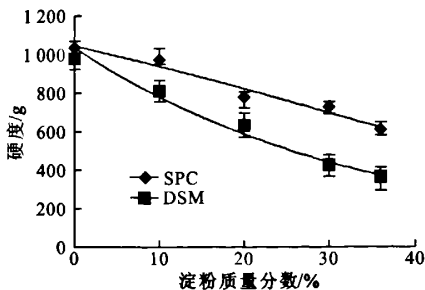


图 3 淀粉质量分数对挤压产品硬度的影响

Fig. 3 Effect of starch content on hardness of the extrusion product

图 3 结果表明,以 DSM 为原料时,淀粉质量分数对挤压产品硬度影响很大;以 SPC 为原料,与对照样品硬度相近的淀粉质量分数为 10%,但以 DSM 为原料时则降为 6%。

淀粉对挤压产品有降低组织化程度和增加挤压成型性的双重作用。在同样条件下考察淀粉质量分数对产品粘附力的影响,从图 4 结果可以看出,过量的淀粉不利于挤压产品的组织化和咀嚼度,用 SPC 作原料,淀粉质量分数对挤压产品粘附力的影响非常明显,当制得产品与对照样品粘附力相近时淀粉质量分数不足 5%,但用 DSM 为原料时则达到 13%。

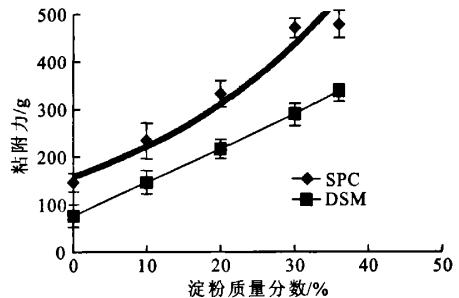


图 4 淀粉质量分数对挤压产品粘附力的影响

Fig. 4 Effect of starch content on adhesive force of the extrusion product

根据硬度、粘附力两项指标在仿生肉质量评估中的权重系数(分别为 70% 和 30%)结合咀嚼度、嫩度作参考指标,得出以 DSM 为原料时挤压产品的最佳原料质量配比为  $w(\text{DSM}) : w(\text{玉米淀粉}) = 15 : 2$ ,制品水分质量分数 30%;以 SPC 为原料时,挤压产品的最佳原料配比为  $w(\text{SPC}) : w(\text{玉米淀粉}) = 60 : 8.5$ 。

## 2.4 保藏时间对大豆蛋白仿生肉质构的影响

在最佳配料条件下得到的挤压产品在室温(25℃)敞口容器内保存,考察存放过程中硬度、粘附力和水分质量分数的变化,结果如图 5 所示。

由图 5 可以看出,存放过程中随着贮藏时间延长,其产品粘附力和硬度有增长的趋势,从而影响其产品的品质特性,在此条件下保持产品与对照牛肉干具有相近硬度和粘附力时只能维持 7 d,这可能是由淀粉回生现象等引起,因此,对贮藏温度、水分质量分数的调节或添加品质改良剂来达到最佳的贮藏条件有待进一步的研究。

## 2.5 挤压仿生肉产品的结构观察

以 DSM 为原料,玉米淀粉质量分数 8%,控制水分质量分数为 30% 制得的样品,获得与牛肉干一样的色泽和外观,如图 6 所示。从图 6 结果可以看

出,产品的颜色、明亮度以及粗糙表面等外观结构与对照牛肉干样品十分接近。

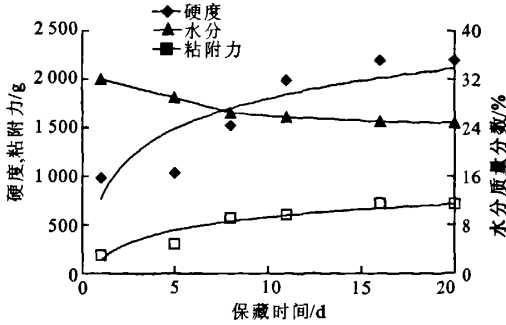


图 5 保藏时间对挤压产品特性的影响

Fig. 5 Storage characteristics of extrusion product (DSM as soybean protein materials)

### 2.6 挤压仿生肉产品的微观结构

产品的质构与其微观结构有关<sup>[9]</sup>,分别以 DSM 或 SPC 为主要原料,在低水分条件下挤压制得产品,然后用 S-520 型扫描电镜观测分析,结果如图 7 所示;图 7 较好地显示了产品的纤维状形成物及其类似动物肉加工后微观结构,而且以 SPC 或 DSM

为原料时除了表面结构有所差别外,其它微观结构无明显差异。

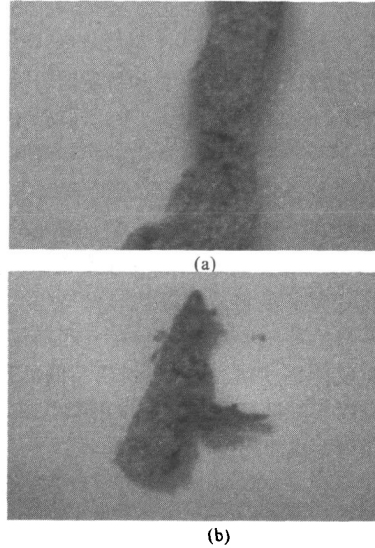
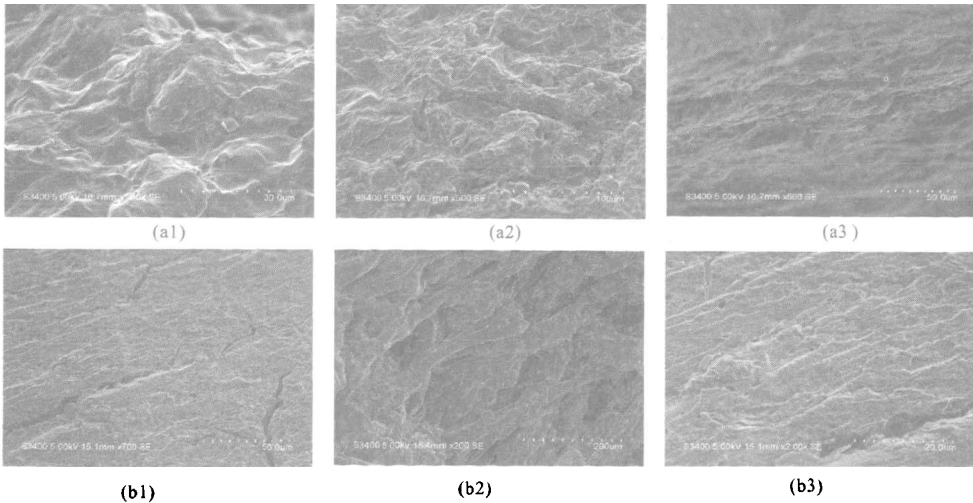


图 6 挤压产品与牛肉干的外观结构

Fig. 6 An appearance structure of extrusion product and its beef jerky



(DSM 为主要原料:a-1 表面;a-2 纵切面;a-3 横切面;SPC 为主要原料:b-1 表面;b-2 纵切面;b-3 横切面。扫描电镜放大率:30×)

图 7 挤压仿生肉制品的微观结构

Fig. 7 A microstructure with scanning electron microscopy (SEM) viewing of extrusion analog meat product

## 3 讨论

水分常作为一种提高混合物可塑性的溶剂,适量的水分对保持产品理想的质感十分必要,但大部分自由态水分不能与原料中的物质结合;同时,由

于大量的自由能极易产生较高的烹煮温度从而导致挤压操作系统稳定性降低。研究表明,与已报道的高于 60% 的水分质量分数产品相比较<sup>[10]</sup>,相对较低水分质量分数(低于 40%)条件下同样能获得较好质构的仿生肉制品。

淀粉是一种复杂的碳水化合物,来源于各类植

物原料,如谷物、豆科作物以及块茎类植物,可用作食品的增稠剂和凝胶物质;在挤压加工过程中,水分进入淀粉分子内部,淀粉形成胶体;在高温下,淀粉微粒中的水分迅速扩张,进一步蒸发汽化使产品形成疏松结构<sup>[1]</sup>,因此,仿生肉制品随着淀粉质量分数的增加,硬度反而下降;但与此同时,由于膨化过程中产生的美拉德反应,食品色泽和风味却增加了。本试验中,玉米淀粉有相对较高的膨化温度。对粘附力影响方面,淀粉质量分数越高粘附力越大,但不利于仿生肉制品形成纤维化和提高咀嚼度,因此,适宜的淀粉质量分数对保持仿生肉制品高品质十分重要。经观察产品在自然存放期间其粘附力和硬度适度增长,影响到产品的品质特性,其主要原因可能是淀粉的回生作用等引起,其作用机理及控制办法如控制贮藏温度、调节水分质量分数或添加品质改良剂如增稠剂等有待进一步研究,以达到延长货架期的目的。

通过对仿生肉结构扫描电镜的观察,进一步证实了物料的挤压机制,认为在双螺杆挤压机机筒内,物料系在高温下形成均匀相溶的聚合物,然后

在螺杆推力、剪切力和压力的复杂作用下形成纤维状纹理。试验研究表明,以 DSM 为主要原料,在 30% 的低水分质量分数下也能获得较好质构的植物蛋白仿生肉制品。

#### 4 结 语

以 DSM 为原料来制造仿生牛肉是可行的;从仿生肉制品原料组分来说,高水分有利于降低产品硬度但却增加了粘附力;淀粉质量分数对硬度和粘附力的影响具相同的结果;根据仿生肉质量硬度和粘附力评估的权重系数,得到 DSM 和淀粉质量分数的最佳比例为 15 : 2。在室温贮藏条件下,挤压仿生肉制品货架期较短;通过扫描电镜观察仿生肉微观结构结合感官评定,此种产品可作为动物性肉制品替代品以满足人们对植物性蛋白产品的需要。

致谢:感谢美国密苏里大学生物工程系 Fu-Huang Hsieh 教授对实验设计提供有价值的帮助;感谢宁波大学教育部应用海洋生物技术重点实验室余红卫高级实验师对样品扫描电镜分析的帮助。

#### 参考文献(References):

- [1] Noguchi A. Extrusion Cooking of High-Moisture Protein Foods[M]. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, Inc, 1989.
- [2] Hwang C F, Riha III W E, Jin B. Effect of cysteine addition on the volatile compounds released at the die during twin-screw extrusion of wheat flour[J]. *Lebensm Wiss Technology*, 1997, 30(4): 411-416.
- [3] Chang Y K, Hashimoto J M, Moura-Alcioli R, et al. Twin-screw extrusion of cassava starch and isolated soybean protein blends[J]. *Nahrung*, 2001, 45(4): 234-240.
- [4] Yamamoto S, Ota F. Effects of SPI or SPI hydrolysate diet on the resistance to streptococcal in mice[J]. *Nutr Sci Soy Protein Jpn*, 1998(10): 103-105.
- [5] Hojilla-Evangelista M P, Sessa D J, Mohamed A. Functional properties of soybean and lupin protein concentrates by ultra-filtration-diafiltration[J]. *J Am Oil Chem Soc*, 2004, 81(12): 1153-1157.
- [6] Crowe T W, Johnson L A. Twin-screw extrusion texturization of extruded-expelled soybean flour[J]. *J Am Oil Chem Soc*, 2001, 78(8): 781-786.
- [7] Cheftel J C, Kitagawa M, Queguiner C. New protein texturization processes by extrusion cooking at high moisture levels [J]. *Food Rev Int*, 1992, (8): 235-275.
- [8] Liu K S. The Second Generation of Soyfoods[M]. Florene: International Thomson Publishing, 1997.
- [9] Chabot R J, Jones S B. Some examples of scanning electron microscopy in food science[M]. In *Studies of Food Micro-structure*, Chicago: Scanning Electron Microscopy, Inc., 1981.
- [10] Lin S, Huff H E, Hsieh F. Extrusion process parameters, sensory characteristics, and structural properties of a high moisture soy protein meat analog[J]. *Journal of Food Science*, 2002, 67(3): 1066-1072.
- [11] Sombatsompop N, Panapoy M. Effect of screw rotating speed on polymer melt temperature profiles in twin screw extruder[J]. *Journal of Materials Science*, 2000, 35(4): 6131-6137.

(责任编辑:朱明)