

挤压膨化技术在肉制品加工中的应用

杜江 黄艾祥 武志霞

(云南农业大学食品科技学院 云南 昆明 650201)

摘要：挤压食品的原料一般以谷物类为主，谷物类缺乏赖氨酸和含硫氨基酸，肉中富含赖氨酸和蛋氨酸，所以以肉类为主要原料制成的挤压膨化产品能有效提高膨化食品的营养价值。本文综述了国内外挤压膨化技术在肉制品加工中的应用和研究进展。

关键词：挤压膨化；肉制品；鸡肉；牛肉；鱼肉

Abstract: The raw material of extruded products is mainly cereal. The cereal is lack of lysin and Methionine while there are plenty of them in the meat. The extruded products including meat will have higher nutrition. This paper reviews the study of extrusion in the process of meat.

Keyword: Extruded; Meat; chicken; beef; fish

前言

挤压膨化食品因为其产品蓬松的组织状态，丰富多样的产品形态，得到了较多消费者的喜爱，可用一台挤压机一步完成混合、熟化、破碎、杀菌、预干燥、成型等工艺，制成膨化产品，同时只要简单的更换挤压机器的配件就可以改变产品的外形，所以挤压膨化食品得到了迅猛的发展。

挤压膨化过程是指利用螺杆的推力以及挤压过程的阻力，使原料在机器内达到高温高压的状态然后在常压下迅速的释放，此时由于压力的降低，原料的水分急骤气化，并将原料的结构变成疏松的海绵体，原料的体积随之膨胀。挤压膨化根据螺杆数量分为单螺杆挤压机、双螺杆挤压机和多螺杆挤压机。

挤压食品的原料一般以谷物类为主，如大米、玉米、马铃薯、木薯、小麦粉、燕麦等，其产品主要有主食类、早点类、儿童食品、各种小食品，这些产品蛋白质含量较低。肉类的蛋白质含量较高，

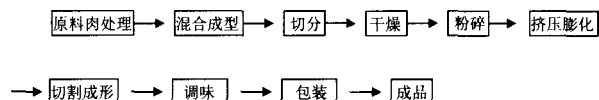
谷物类一般缺乏赖氨酸和含硫氨基酸，而肉中富含赖氨酸和蛋氨酸，所以以肉类为主要原料制成的挤压膨化产品能有效提高膨化食品的营养价值，故而有广阔的开发前景。

1 挤压膨化食品的国内外研究动态

1.1 国内的挤压膨化肉制品研究

我国对挤压膨化肉制品的研究较少，主要以挤压膨化鸡肉制品为主。

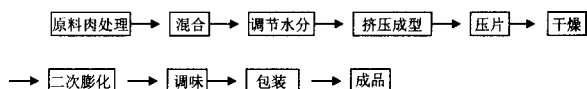
刘学文等以鲜鸡肉和玉米淀粉为原料，使用无外加热系统和固定螺杆转速的单螺杆挤压膨化机，生产挤压膨化休闲食品。工艺流程如下：



综合考虑进料物料湿度，粒度和组成三个变量对糊化率和膨化度的影响，通过响应面法进行分析，并确定挤压膨化机进料的最佳参数为：进料物料湿度 18%~22%，物料粒度 12~16 目，鸡肉组成为 45%~50%。此时产品的糊化程度可满足产品的质量要求，膨化度适中，产品的组织状态较好^[1]。

物料粒度过小时，物料与物料之间，物料与膨化机构件之间摩擦力小，温度较低，造成糊化率降低；物料过大时在机内挤压混合不均匀，有的颗粒还未挤碎，受热不均匀，糊化也不均匀，从而导致糊化率降低；随着物料组成中鸡肉含量的增加，糊化率先增后减少^[1]。

以鲜鸡肉和大米为原料生产鸡肉挤压膨化休闲食品，使用可以调节机筒温度和螺杆转速的双螺杆挤压膨化机。工艺流程如下：



通过响应面法进行分析,考虑进料物料湿度,机筒温度,和螺杆转速三个变量对糊化率的影响,最终确定最佳挤压工艺条件为物料湿度35%,机筒温度123℃,螺杆转速220r/m。随着物料湿度的不断增加,挤出物的糊化率也不断增加,在35%时达到最大,当物料湿度继续增大时,糊化率降低,如果超过40%,挤出物成半流体状,可见部分生淀粉^[2]。

1.2 国外的挤压膨化肉制品研究

国外对挤压膨化肉制品已经做了大量的研究。主要有以下几种:

1) 挤压膨化鸡肉制品

V.B.Alvaez等使用了双螺杆挤压膨化机,用机械去骨鸡肉和玉米淀粉,小麦麸质,大豆蛋白的混合物为原料生产挤压膨化休闲食品。实验发现如果全部使用鸡肉会造成膨化机器机筒的阻塞。在玉米淀粉,小麦麸质和大豆蛋白这三种非肉成分中,使用玉米淀粉和机械去骨鸡肉混合后的挤压膨化效果最好。挤压机模头的温度对机械去骨鸡肉和玉米淀粉混和物的产品的组织特性有很大的影响,剪切力和拉伸剪切力都会随模头温度的上升而升高^[3]。

2) 挤压膨化牛肉制品

J.Park等以单螺杆挤压膨化机挤压膨化脱脂大豆粉,玉米粉和鲜牛肉混和物来制作膨化食品。他们确定了以20%的鲜牛肉组成以及不同的去脂大豆的添加量,在产品的剪切力最小时的最佳工艺:29.1%的进料湿度,2.96%的进料脂肪,22%的玉米粉,162℃的温度,产品的膨化率较高的同时容积密度和剪切力较小,电镜扫描有中空的气泡^[4];实验选择了三种组成:BF(牛肉29%,脂肪5%)、Bf(牛肉29%,脂肪2.96%)和bf(牛肉20%,脂肪2.96%)。用配方Bf膨化所得的休闲食品比配方BF和bf膨化所得的休闲食品更好一些,而且感官评定中也要软一些,剪切力的值也低;Bf膨化所得的产品比BF膨化所得的产品的膨化率要大,油脂氧化的可能性也低一些。Bf脂肪膨化所得的产品和bf膨化所得的产品的微观结构里有大的气泡,蛋白质在产品中的粘合程度较好;牛肉和大豆粉对氨基酸和脂肪酸的构成上是有益的,产品中都含有蛋氨酸和赖氨酸,配方BF的产品中的C18:0和C18:1的含量要比另两种产品要高而C18:1的含

量相对要少;产品在37℃下放置150天,微生物仍然很少,都在标准之下,同时沙门氏菌也没有检出^[5]。

S.L.Badding-Smithey等分别用黄玉米粉、白玉米粉和白玉米粉与大豆纤维的混合物与牛肉粉一起膨化,研究发现,挤压膨化的温度影响了变曲力、产品的感官、膨化率、颜色和组织剖面。产品的保存期不受挤压时的温度和谷物的种类影响。大豆纤维的添加对产品的特性和加工参数影响不显著。由于类胡萝卜素的存在黄色玉米淀粉的添加增加了产品的黄色。如果仅以肉为原料,产品的形状就不会固定,或者在机器的出料口不能连续的得到产品。当机筒温度低于100℃时,发现产品没有熟化,螺杆的转速在150r/m和200r/m时所得到的产品要比100r/m时得到的产品要硬,50r/m的转速下,产品也是不连续的。谷物的种类和加工的温度对产品的TBA值影响不大^[6]。

N.Unklesbay等人研究了牛肉和玉米粉混和物挤压膨化的热物理学性质,研究表明:膨化温度在109℃比91℃所得到的产品的水分含量要小,所以产品的密度也较小,挤压膨化的条件对导热性没有显著影响,水分是影响温度的主要因素,当产品从模口挤出时水分迅速丧失,可以看见油脂在模口处的丧失^{[7][8]}。

3) 挤压膨化鱼肉制品

鱼肉在亚洲是一个很好的动物蛋白的来源,使用挤压膨化来生产鱼肉和谷物类产品,具有较高的营养价值。

Saroj.Kumar.Giri等研究了挤压膨化变量对单螺杆挤压膨化鱼肉和大米粉混合物的挤压参数的影响。产品的膨化度和容积密度受到机筒温度的显著的影响其次是鱼肉的组成,机筒温度越高产品膨化度的值越高,鱼肉的组成中鱼肉的添加量增加的同时产品的膨化度的值越低,机筒温度和进料湿度对产品的容积密度有显著影响,随温度的升高,产品的容积密度是降低的,随进料湿度的增加产品的容积密度是增加的。同样鱼肉的组成和进料湿度对产品的硬度有显著的作用,机筒温度对产品硬度的影响教低,进料湿度越大,则产品的硬度越大,随着鱼肉组成中鱼肉的增多,产品的硬度越大。最适宜的加工工艺是160℃的机筒温度,12%的鱼肉组成,27%的进料湿度。此时产品的膨化率和表观密度较好,但硬度不好。实验中发

现印度龙头鱼和印度洋大海鲢之间对产品的性质影响的差异很小,成本较低的多骨的鱼的品种也可以生产这种挤压膨化产品。挤压膨化率在 1.2 和 3.15 之间,表观密度在 $532\text{kg}/\text{m}^3$ 和 $1090\text{ kg}/\text{m}^3$ 之间^[9]。

T.Jaya Sharkar 等研究了单螺杆挤压膨化鱼肉和大米粉混合物的加工参数。实验采用可旋转中心组和设计,响应面分析的方法,研究表明,除了螺杆的转速外,进料湿度,机筒温度,鱼肉组成都对产品的性质,包括膨化率,容积密度,硬度和水溶性等指标,有极显著的影响,机筒温度超过 180°C ,进料湿度低于 58% 时,产品的膨化率急剧升高,同时容积密度下降,当鱼肉有 5%,进料湿度低于 52 时产品的硬度下降。当鱼肉有 40~42%,进料湿度低于 55% 时,产品的水溶性急剧升高,但其最大值是 11.5%,此时鱼肉组成是 41.37%,进料湿度是 35%^[10]。

R.S.Rhee 等研究了挤压膨化鲮鱼,玉米粉和去脂大豆粉生产的休闲食品。使用了旋转中心组和响应面分析的方法,研究表明 26.9 的进料湿度, 160.1°C 的温度和 4.95% 的去脂大豆粉将会使产品的膨化率最大,用上述的工艺,而且进料的玉米粉是 74.74% 时,当加入 1% 的大蒜或洋葱时,就会在产品中被品尝出来。在产品中并没有发现鱼肉的风味^[11]。

Binoy K.Gogol 等研究了同向旋转螺杆元件和进料组成对双螺杆挤压膨化细鳞大马哈鱼鱼肉和大米粉混合物的影响。螺杆元件的位置和间距对产品的性质有系统的影响,蛋白质没有淀粉的膨化效果好,当我们增加鱼肉的含量时,产品的膨化率呈线性的降低^[12]。

K.Suknak 等研究了同向旋转双螺杆挤压膨化并高温油炸木薯-鱼肉和木薯-花生休闲食品。研究中,螺杆最后两段的温度和螺杆转速为变量,进料湿度固定为 40%,进料速度固定为 27 克每分钟。经研究表明,同时提高转速和温度则产品的膨化率增加,容积密度和剪切力降低。通过响应面法得到了产品的最佳工艺:鱼肉膨化半成品 $94^\circ\text{C}\sim 100^\circ\text{C}$ 的机筒温度和 $220\sim 400\text{r}/\text{m}$ 的螺杆转速,花生膨化半成品 $95^\circ\text{C}\sim 100^\circ\text{C}$ 的机筒温度和 $230\sim 240\text{r}/\text{m}$ 的螺杆转速^[13]。

K.Suknak 的研究表明机筒温度和螺杆转速对

消费者对产品的接受性有影响。亚洲消费者对鱼肉膨化休闲食品的香味,滋味和整体的接受性比美洲消费者好的多,而花生膨化休闲食品的整体可接受性在两种消费者之间区别不大^[14]。

还研究了挤压膨化休闲食品中维生素 E 和维生素 A 软脂酸酯的稳定性。实验中使用的是 60% 木薯淀粉和 40% 鱼肉或去脂大豆粉,将鱼肉和花生的混合物挤压膨化所得的半成品,将木薯淀粉和鱼肉混合或将木薯淀粉和去脂大豆混合后膨化,然后将半成品用高温油炸膨化,挤压膨化都极大地减少了这两种产品中的维生素 E 和维生素 A 软脂酸酯,鱼肉挤压膨化和花生挤压膨化半成品中的维生素 A 软脂酸酯分别减少了 48% 和 27%。产品中加入抗氧化剂维生素 E,最终的产品比半产品中的维生素 E 要多^[15]。

2 展望

国内外对挤压肉制品的加工工艺的筛选做了较多的研究,原料肉主要选择了牛肉、鸡肉、鱼肉,羊肉和火鸡肉也做了一些研究^{[16] [17] [18]},对猪肉的研究较少,由于我国是猪肉的消费大国,对挤压膨化猪肉制品的研究与开发很有意义;由于挤压过程在封闭的机筒内完成,并且时间短,而且加工过程是连续的,所以对挤压膨化过程的原理研究有一定的难度,在挤压过程中的动力学,热力学原理研究是一个难点;不同种类的原料肉的加工工艺之间差别不是很大,加工工艺主要是由机器的种类所决定的,挤压膨化主要使用了两种机器,单螺杆挤压膨化机和双螺杆挤压膨化机,很多单螺杆的机器要求了进料的粒度,所以双螺杆挤压膨化机在挤压膨化肉制品加工中的工艺要简单一些,而且进料的湿度和含油量范围要比单螺杆的大,所以研究双螺杆挤压膨化肉制品是研究的趋势,挤压机器的加热系统不同对产品的加工工艺也很重要,没有加热系统的自熟膨化机在进料选择的范围上更加狭窄。

参考文献

- [1] 刘学文,王文贤,冉旭. 鸡肉挤压膨化休闲食品的开发研究. 食品科学, 2003, 12: 63~67.
- [2] 王文贤, 刘学文, 谢永洪, 冉旭. 鸡肉-大米膨化食品双螺杆挤压工艺参数的优化研究. 农业工程 (下转第 42 页)

设计,不仅可以优化发酵工艺,促进乳酸菌的生长,抑制有害微生物,提高产品的安全性,改善产品的品质,缩短生产周期,实现发酵过程的数字化控制,而且也是微生物预报预测的重要手段。

参考文献

- [1] 欧宏宇. SAS 软件在微生物培养条件优化中的应用[J]. 天津轻工业学院学报, Vol.3, No.1:63~65.
- [2] 李宗军,江汉湖. 侗族发酵酸肉的微生物学特性[J]. 中国微生物生态学杂志, 2002, (1): 19~22.
- [3] 李宗军,江汉湖. 响应曲面法评价环境因子对肉品发酵过程中微生物的影响[J], 食品科学, 2004, (1): 39~47.
- [4] 赵思明. 食品科学与工程中的计算机应用[M]. 化学工业出版社, 2005.

(上接第 24 页)

学报, 2004, 6: 223~226.

- [3] V.B.Alvaez, D.M.Smith, R.G.Morgan, and A.M.Booren. Restructuring of mechanically deboned chicken and nonmeat binders in a twin-screw extruder[J]. Food Science, 1990, 55: 942~946.
- [4] J.Park, K.S.Rhee, B.K.Kim, and K.C.Rhee. Single-screw extrusion of defatted soy flour, corn starch and raw beef blends[J]. Food Science, 1993, 58(1): 9~20.
- [5] J.Park, K.S.Rhee, B.K.Kim, and K.C.Rhee. High-protein texturized products of defatted soy flour, corn starch and beef: shelf-life, physical and sensory properties[J]. Food Science, 1993, 58(1): 21~27.
- [6] S.L.Badding-Smithey, H.E.Huff and F.Hsieh. Processing parameters and product properties of extruded beef with nonmeat cereal binders[J]. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 1995, 28: 386~394.
- [7] N .Unklesbay, F.Hsieh ,S.Badding and K.Unklesbay. Formaion of cholesterol oxides in extruded beef/corn flour products. J.Food Science. 1992.
- [8] N.Unklesbay, K.Unklesbay, F.Hsieh, and K.Sandik. Thermophysical properties of extruded beef/corn flour blends [J]. Food Science, 1992, 57(6): 1282~1284.
- [9] Saroj Kumar Giri and Sukumar Bandyopadhyay. Effect of extrusion variables on extrudeate characteristics of fish

[5] 常高峰. L- 异亮氨酸产生菌的发酵控制研究[J]. 天津科技大学硕士学位论文, 2004.

[6] 龚秀红. 板栗仁褐变因素及控制方法研究[J]. 中国农业大学硕士学位论文, 2003.

[7] 王俊, 周光宏. 发酵香肠成熟过程中理化性质变化研究 食品科学 2004, Vol. 25, No. 10 63~65

[8] 沈清武. 发酵干香肠成熟过程中的菌相变化及发酵剂对产品质量的影响; 中国农业大学硕士学位论文 2004.

[9] 马战丽. 发酵香肠的加工技术及其生产过程的理化和微生物变化研究; 山东农业大学硕士论文; 2003.

[10] Chen HC. Optimizing the concentrations of carbon, nitrogen and phosphorus in a citric acid fermentation with response surface method. Food Biotechnol 1996; 10: 13~27.

muscle-rice flour blend in a single-screw extruder[J]. Food Processing Preservation, 2000, 24: 177~190.

[10] T.Jaya Sharkar and S.Bandyopadhyay. Process variables duing single-screw extrusion of fish and rice-flour blends [J]. Food Processing and Preservation, 2005, 29: 151~164.

[11] K.S.Rhee, E.S.Kim, B.K.Kim, B.M.Jung, and K. C.Rhee. Extrusion of minced catfish with corn and defatted soy flours for snack foods[J]. Food Processing Preservation, 2004, 28: 288~301.

[12] Binoy K.Gogol, Aaron J.Oswalt, and Gour S.Choudhury. Reverse screw elements and feed composition effects during twin-screw extrusion of rice flour and fish muscle blends[J]. Food Science, 1996, 61(3): 590~595.

[13] K.Suknak, R.D.Phillips and Y.W.Huang. Tapioca-fish and Tapioca-peanut snacks by twin-screw extrusion and deep-fat frying[J]. Food Science, 1999, 64(2): 303~308.

[14] K.Suknak, K.H.McWatters and R.D.Phillips. Acceptance by American and Asian consumers of extruded fish and peanut snack products[J]. Food Science, 1998, 63(4): 721~726.

[15] K.Suknak, J.Lee, R.R.Eitenmiller and R.D.Phillips. Stability of Tocopherols and Retinyl Palmitate in snack extrudeates [J]. Food Science, 2001, 66(6): 897~902.