

高湿挤压技术制备仿真鸡肉的工艺研究

孙莹¹,江连洲^{1,2,*},朱秀清^{1,2},孙培灵³,李杨¹

(1.东北农业大学食品学院,黑龙江哈尔滨 150030;

2.国家大豆工程技术研究中心,黑龙江哈尔滨 150030;

3.东北农业大学工程学院,黑龙江哈尔滨 150030)

摘要:以大豆分离蛋白、脱脂大豆粉和谷朊粉为原料,利用高湿挤压法开发仿真鸡肉制品,对加工工艺参数进行了详细的研究。采用中心旋转组合实验设计,根据所得数据建立了组织化度(Y)和水分含量(X_1)、挤压温度(X_2)、螺杆转速(X_3)及分离蛋白百分含量(X_4)的相关数学统计模型。确定了高湿挤压法制备仿真鸡肉的最优工艺参数,即水分含量 48%~56%,挤压温度为 150.8~153.5℃,螺杆转速为 28.1~29.1r/min,分离蛋白的百分含量为 34.5%~37.7%。

关键词:高湿挤压,仿真鸡肉,中心旋转组合设计,组织化度

Study on process technology of simulated chicken
by high moisture extrusionSUN Ying¹,JIANG Lian-zhou^{1,2,*},ZHU Xiu-qing^{1,2},SUN Pei-ling³,LI Yang¹

(1.College of Food,Northeast Agricultural University,Harbin 150030,China;

2.National Research Centre of Soybean Engineering and Technology,Harbin 150030,China;

3.College of Engineering,Northeast Agricultural University,Harbin 150030,China)

Abstract:A kind of simulated chicken,based on soy protein isolate,defatted soy flour and wheat gluten as material,was developed by high moisture extrusion.Through the experimental plan of central composite rotatable design,the effects of moisture content (X_1),extrusion temperature (X_2),screw speed (X_3),soy protein isolate content(X_4) on texturizing degree (Y) were studied.The optimal process parameters of simulated chicken were determined,they were moisture content 48%~56%,extrusion temperature 150.8~153.5℃,screw speed 28.1~29.1r/min,soy protein isolate content 34.5%~37.7%.

Key words:high moisture extrusion;simulated chicken;central composite rotatable design;texturizing degree

中图分类号:TS214.2

文献标识码:B

文章编号:1002-0306(2009)07-0198-04

仿真食品又叫人造食品,即用科学手段把普通食物模拟成贵重、珍稀的食物。仿真食品不是以化学原料聚合而成的,而是根据所仿天然食品所含的营养成分,选取含有同类成分的普通食物做原料制作而成^[1]。仿真食品的蛋白质含量极其丰富:一方面,可以满足因为宗教信仰而不愿食肉的素食主义者的需求;另一方面,可以满足因为患有心脑血管疾病而不能过多食肉的人群的需求。仿真鸡肉是以大豆蛋白为主要原料,利用高湿挤压技术研制的具有类似于肉类纤维结构的仿真肉制品,在国内研究领域尚属空白。高湿挤压技术是由法国克莱特利公司和普罗体尔联合开发的以具有特殊冷却模头的双螺杆挤压机为主要设备,在物料水分含量高于 45% 的条件下,制备组织化大豆蛋白产品的挤压技术^[2]。本实验采用中心旋转组合实验设计和响应面分析法,

重点考察了物料含水量、挤压温度、螺杆转速和分离蛋白百分含量对挤压组织化效果的影响,得到最佳加工条件,并建立了统计数学模型。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

大豆分离蛋白(SPI) 哈高科大豆食品有限责任公司;脱脂豆粉 大庆日月星有限公司;谷朊粉 青岛海达尔淀粉有限公司。

双螺杆挤压机 法国 clextral;电子天平 北京益利有限公司;TA.XT32 型质构仪 英国 Stable Micro System 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 中心旋转组合实验因素的确定 根据大量的预实验结果,确定了四因素五水平中心旋转组合实验的因素水平表^[3,4],如表 1 所示。

1.2.2 组织化度的测定 组织化度是衡量挤压组织化程度的指标,反映了产品与真正的鸡肉在外观上的相似程度。用横切所做的功与纵切所做的功的比值定量表征组织化程度的大小,即组织化度^[5,6]。

组织化度 = $\frac{\text{横切所做的功}}{\text{纵切所做的功}}$

收稿日期:2008-10-15 *通讯联系人

作者简介:孙莹(1982-),女,硕士研究生,研究方向:粮食油脂及植物蛋白。

基金项目:黑龙江省攻关项目(GA06B402-3)。

表1 因素水平表

水平	X ₁ 物料含水量(%)	X ₂ 挤压温度(℃)	X ₃ 螺杆转速(r/min)	X ₄ 分离蛋白含量(%)
-2	45	130	24	20
-1	50	140	26	30
0	55	150	28	40
1	60	160	30	50
2	65	170	32	60

注:分离蛋白的百分比为分离蛋白占分离蛋白、脱脂豆粕和谷朊粉总量(不包括其他辅料)的质量百分数。

将样品切成长2cm,宽1cm,高0.5cm的长方形,每个样品重复测定3次。质构仪操作参数:探头HDP/BSW,测试前速度2.0mm/s,测试速度1.0mm/s,测试后速度2.0mm/s,剪切程度50%。

1.2.3 统计分析 数据选用Reda软件进行分析,响应面图采用Matlab绘制。

2 结果与讨论

2.1 组织化度的回归方程

采用中心旋转组合实验设计进行实验,结果如表2所示。

表2 中心旋转组合实验设计结果

实验号	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	组织化度Y
1	-1	-1	-1	-1	1.70
2	-1	-1	-1	1	2.79
3	-1	-1	1	-1	1.25
4	-1	-1	1	1	1.50
5	-1	1	-1	-1	1.64
6	-1	1	-1	1	2.46
7	-1	1	1	-1	2.04
8	-1	1	1	1	1.9
9	1	-1	-1	-1	1.53
10	1	-1	-1	1	3.02
11	1	-1	1	-1	1.45
12	1	-1	1	1	2.01
13	1	1	-1	-1	1.70
14	1	1	-1	1	2.48
15	1	1	1	-1	1.40
16	1	1	1	1	1.56
17	-2	0	0	0	2.71
18	2	0	0	0	2.83
19	0	-2	0	0	1.72
20	0	2	0	0	1.22
21	0	0	-2	0	1.48
22	0	0	2	0	3.42
23	0	0	0	-2	1.70
24	0	0	0	2	1.52
25	0	0	0	0	1.98
26	0	0	0	0	2.83
27	0	0	0	0	2.88
28	0	0	0	0	2.98
29	0	0	0	0	3.06
30	0	0	0	0	2.94
31	0	0	0	0	2.52
32	0	0	0	0	2.78
33	0	0	0	0	2.53
34	0	0	0	0	3.67
35	0	0	0	0	2.56
36	0	0	0	0	3.12

运用Reda软件进行分析,得到仿真鸡肉组织化度的回归方程为 $Y = 2.821 - 0.005X_1 + 0.045X_2 + 0.014X_3 - 0.194X_4 - 0.104X_1X_2 - 0.026X_1X_3 + 0.061X_1X_4 + 0.091X_2X_3 - 0.111X_2X_4 - 0.209X_3X_4 - 0.042X_1X_1 - 0.367X_2X_2 - 0.122X_3X_3 - 0.332X_4X_4$

方差分析结果如表3所示。

表3 方差分析表

来源	平方和	自由度	F值	显著性
总计	16.562	35	$F_1 = 2.4374$	$F_1 < F_{0.05}(10,11) = 2.85$
回归	10.572	14	$F_2 = 2.6473$	$F_2 > F_{0.05}(14,21) = 2.20$
剩余	5.990	21		
误差	1.863	11		
拟合	4.127	10		

因为 $F_1 < F_{0.05}(10,11) = 2.85$,说明回归方程拟合较好,又因 $F_2 > F_{0.05}(14,21) = 2.20$,说明方程在0.05水平上是显著的,即实验数据与所采用的二次数学模型是基本符合的。

2.2 各实验因素对仿真鸡肉产品组织化度的影响

2.2.1 分离蛋白含量对组织化度的影响 从图1~图3中可以看出,当其他因素固定时,经挤压组织化后,分离蛋白的百分含量和产品组织化度密切相关,随着物料中分离蛋白的含量增加,组织化度先增加后减少,在达到最高时,物料中分离蛋白的比例达到45%,超过此点,组织化度又逐渐下降。这是因为分离蛋白的蛋白质含量很高,大约在85%~90%,它的添加量的不同,导致物料中总蛋白的含量不同,而蛋白质构成了组织蛋白产品的基体,大豆蛋白在挤压组织化过程中的变性,是产品形成组织化纤维结构的主要原因。分离蛋白含量越高,越有利于纤维的形成,如果原料中蛋白含量过高,挤压过程中物料粘度增大,蛋白质不能充分变性,不利于产品的挤出,因此组织化度不高^[7]。

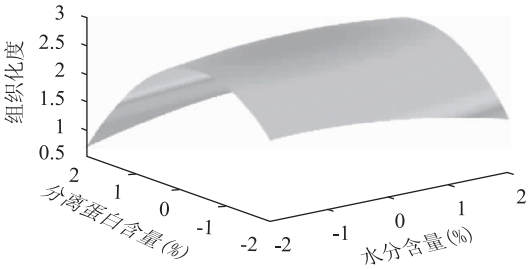


图1 水分含量和分离蛋白含量对组织化度的影响

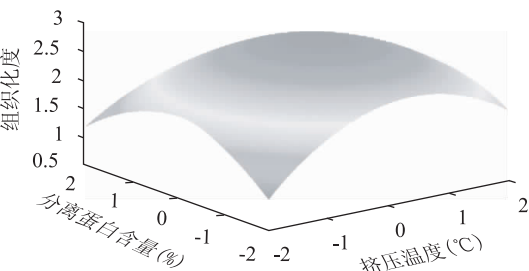


图2 挤压温度和分离蛋白含量对组织化度影响

2.2.2 物料含水量对组织化度的影响 在高水分挤压过程中,水分能够防止产品膨化,较少能量的黏性分布,起到润滑剂的作用,同时促进蛋白凝结、重组和脂肪乳化作用,可以产生类似于鸡肉的纤维

表4 组织化度大于2.20的工艺措施

措施	水分含量(%)		挤压温度(℃)		螺杆转速(r/min)		分离蛋白百分比(%)	
频率编码	次数	频率	次数	频率	次数	频率	次数	频率
-2	22	0.21	0	0	10	0.10	11	0.10
-1	22	0.21	14	0.13	21	0.20	33	0.31
0	24	0.23	57	0.54	25	0.24	47	0.45
1	22	0.21	31	0.30	25	0.24	14	0.13
2	15	0.14	3	0.03	24	0.23	0	0
95%置信区间	-0.39~0.12		0.08~0.35		0.06~0.55		-0.5~-0.2	
工艺参数	48~56		150.8~153.5		28.1~29.1		34.5~37.7	

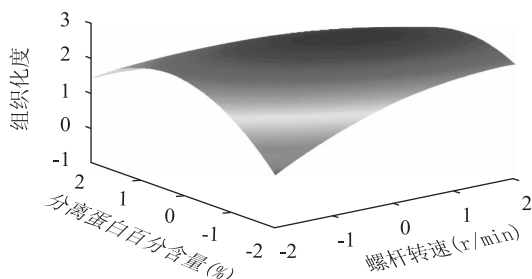


图3 螺杆转速和分离蛋白含量对组织化度影响

结构^[8]。

从图1、图4和图5中可以看出,当其他因素固定时,产品组织化度随着水分含量的增加,先增加,然后缓慢下降。经过分析认为,水分含量在50%左右时,为最佳含水量区域,组织化度的感官评价也是如此。当含水量太低时,会堵塞模头使温度升高,物料碳化;当水分含量太高,会产生喷爆现象,无法成型。

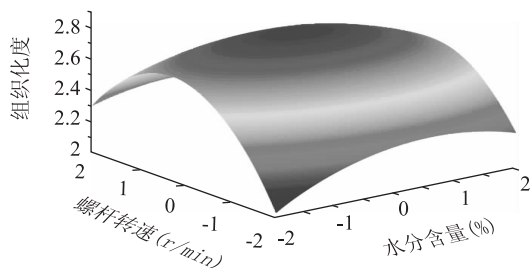


图4 水分含量和螺杆转速对组织化度影响

2.2.3 挤压温度对组织化度影响 大豆蛋白质的热变性是产品能形成组织化结构的主要原因,本文中设计的挤压温度为挤压六区温度。从图2、图5和图6中可以看出,当其他因素都固定时,组织化度随着挤压温度的升高,先快速增加后快速降低。当挤压温度过低时,蛋白不能充分熟化,因此影响组织化度;当温度过高时,物料可能焦化;当温度在145~150℃时,可以得到较好的组织化度,纤维丝明显,质地均匀致密,口感好。

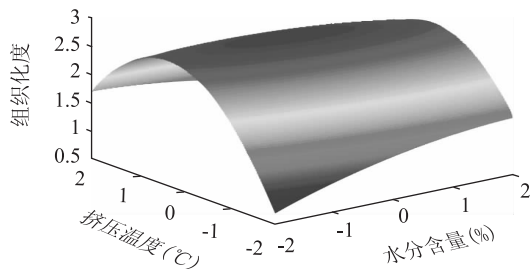


图5 水分含量和挤压温度对组织化度影响

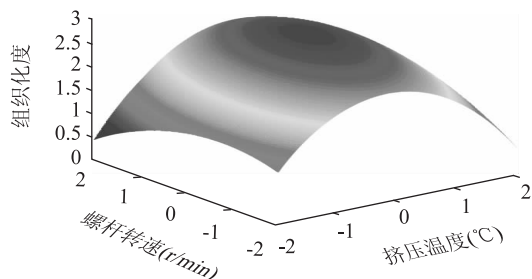


图6 挤压温度和螺杆转速对组织化度影响

2.2.4 螺杆转速对组织化度影响 螺杆转速对产品的组织化度也有一定的影响,随着螺杆转速的增加,物料在机筒内得到充分混合,产品的组织化度提高;但是螺杆转速过高,物料在机筒内停留时间较短,物料没来得及熟化,就被挤出机筒,组织化状态不好。最大的螺杆转速是由设备决定的,超过最大螺杆转速,挤压机变得很不稳定。从图3、图4、图6中可以得知,当螺杆转速为27~29r/min时,可以得到较大的组织化度。

2.3 最优工艺参数的确定

本实验的目的是生产出的产品与鸡肉的组织化度相接近,通过实验测定,鸡肉的组织化度为2.40左右,经感官评定,仿真鸡肉的组织化度在2.20以上效果就较好,故采用频数分析方法进行统计选优,来寻求最佳挤压系统参数的范围,频数分析结果如表4所示。

以组织化度为参考指标,经过频数优选得出最佳挤压参数的范围为:水分含量为48%~56%,挤压温度为150.8~153.5℃,螺杆转速为28.1~29.1r/min,分离蛋白的百分含量为34.5%~37.7%。

3 结论

以大豆分离蛋白、脱脂大豆粉和谷朊粉为原料,利用高湿挤压技术开发仿真鸡肉制品的工艺中,通过响应面进行分析可知,产品的组织化度随着物料的水分含量、挤压温度、螺杆转速和分离蛋白百分含量的增加,先增加后降低。因此,增大各因素到适当值,可以得到较好的组织化度,产品具有明显的纤维结构。

综合考虑4个变量对组织化度的影响,可以确定挤压加工产品最优参数,即:物料含水量为48%~56%,挤压温度为150.8~153.5℃,螺杆转速为28.1~29.1r/min,分离蛋白的百分含量为34.5%~37.7%。在此条件下,挤出物的组织化度可满足产品的质量要求,产品组织结构较好,纤维丝明显。

参考文献

- [1] 贾君,任露泉,丛茜.仿生食品工程学的研究[J].粮油加工与食品机械,2006(1):84~89.
- [2] 康立宁,魏益民,张波,等.大豆蛋白高水分挤压组织化过程中操作参数对单位机械能的影响[J].中国粮油学报,2007,22(3):38~42.
- [3] 王钦德,杨坚.食品实验设计与统计分析[M].北京:中国农业出版社,2002.384~486.
- [4] 徐中儒.回归分析与实验设计[M].北京:中国农业出版社,1997.32~54.
- [5] Meuser F, Pfaller W, Lengerich B. Van. Technological Aspects Regarding Specific Changes to the Characteristic Properties of

- EXtrudates by HTST-Extrusion [A]. In: Colm O' Commor edited. EXtrusion Technology for the Food Industry [C]. Dublin, Republic of Ireland, 1987. 35~52.
- [6] Sy-Yu Shiau, An-I Yeh. On-line measurement of rheological properties of wheat flour extrudates with added xido-reductants, acid, and alkali [J]. Journal of Food Engineering, 2004, 62: 193~202.
- [7] 王洪武,林炳鉴.复合组织蛋白挤压加工工艺的初步研究[J].农业工程学报,2004,20(4):54~58.
- [8] Lin S, Huff H E, Hsieh F. Extrusion process parameters, sensory characteristics, and structural properties of a high moisture soy protein meat analog [J]. J Food Sci, 2002, 67(3): 1066~1072.

(上接第156页)

以看出,加入黄玉米提取物和黑玉米提取物的猪油,其自氧化反应均在一定程度上得到抑制,且黑玉米提取物效果优于黄玉米提取物。为了进一步考察两种提取物对猪油的抗氧化效果,本实验将其与 V_c 和合成抗氧化剂 BHT 作用情况进行对比,可以发现黄玉米提取物效果与 V_c 相似,黑玉米提取物效果优于 V_c ,但两者的抗氧化效果均比 BHT 差。原因可能如下:虽然玉米乙醇提取物使用量较大,但因为它们没有作进一步分离纯化,抗氧化性物质的含量不够高,从下面的总黄酮含量测定实验可以说明这一点;提取物中成分复杂,杂质含量较高,一些组分可能会对猪油的抗氧化起到减效作用;两种提取物中的抗氧化物质热稳定性较差,长时间处于 60°C 下会发生分解。

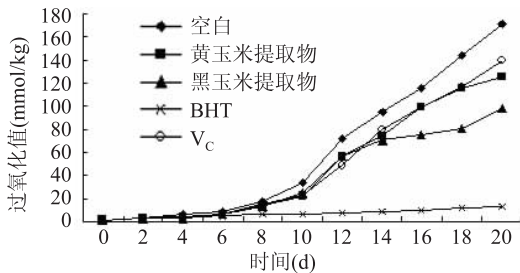


图3 抑制猪油自氧化实验结果

2.4 黄玉米和黑玉米 80% 乙醇提取物总黄酮含量测定结果

图4是芦丁标准曲线图,由标准曲线得线性方程为: $A = 0.1340V + 0.09320$, $r = 0.9990$ 。

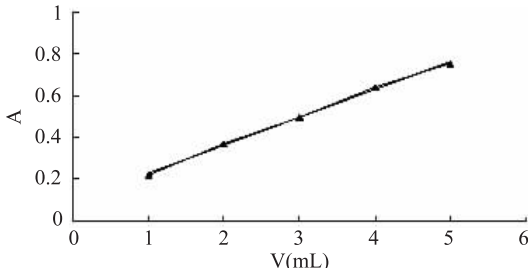


图4 芦丁标准曲线

黄玉米提取物样品吸光度为 0.31;黑玉米提取物样品吸光度为 0.783。根据芦丁标准曲线方程计算得:黄玉米中总黄酮含量为 2.0mg/g ;黑玉米中总黄酮含量为 6.4mg/g 。显然,黑玉米中黄酮类物质的

含量要高于黄玉米,这是由于黑玉米中含有丰富的黑色素,该色素属黄酮化合物;而黄玉米中含有大量的玉米黄素,玉米黄色素属于类胡萝卜素。

3 结论

3.1 采用了浸泡和超声提取结合的方法对黄玉米和黑玉米中的抗氧化性物质进行不同极性溶剂(石油醚、乙酸乙酯、正丁醇、氯仿、80%乙醇)提取,并对所得提取物进行清除 DPPH· 实验,得出不同溶剂提取物的清除作用不同,黄玉米中不同溶剂提取物的清除作用的大小顺序依次为:80%乙醇提取物 > 正丁醇提取物 > 乙酸乙酯提取物 > 氯仿提取物 > 石油醚提取物;黑玉米中不同溶剂提取物的清除作用的大小顺序依次为:80%乙醇提取物 > 乙酸乙酯提取物 > 正丁醇提取物 > 石油醚提取物 > 氯仿提取物。

3.2 得出了黄玉米和黑玉米各自的不同溶剂提取物中抗氧化性最强的部分均为 80% 乙醇提取物。

3.3 对抗氧化性最强的部分进行邻苯三酚自氧化抑制实验和抑制猪油自氧化实验,并对其黄酮总含量进行了测定,得出黄玉米乙醇提取物中总黄酮含量为 2.0mg/g ,黑玉米中总黄酮含量为 6.4mg/g ,三种抗氧化实验均说明黑玉米抗氧化性比黄玉米好,具有较好的清除自由基和抗氧化的能力。

参考文献

- [1] 王霞,高云.黑甜玉米中黑色素提取及纯化工艺研究[J].食品科学,2004,25(11):198~200.
- [2] 周波,王晓红,郭连营.玉米紫色植株花色苷色素延缓衰老的功能[J].中国临床康复,2006,10(19):138~140.
- [3] 周波,王晓红,陈丽丽,等.玉米紫色植株色素体外抗氧化活性实验研究[J].现代食品科技,2006,23(4):23~25.
- [4] 张钟,郭元新,李凤霞.黑糯玉米芯色素清除 O_2^- 和 $\cdot\text{OH}$ 的体外实验研究[J].食品与发酵工业,2006,32(11):36~38.
- [5] 张名位,郭宝江,池建伟,等.黑米皮提取物的体外抗氧化作用与成分分析[J].中国粮油学报,2005,20(6):49~54.
- [6] 金杰,李志西,张锋,等.桑椹醋提取物对二苯代苦味酰基自由基(DPPH·)的清除作用[J].西北农林科技大学学报,2006,34(3):135~137.