

35 克素牛排单片重量控制方案探究

吴高峰*, 卜继良, 肖 伟, 罗光辉, 姜泽彪

(湖南金磨坊食品有限公司, 长沙 410311)

摘 要: **目的** 探究制定公司畅销产品大豆蛋白类食品 35 克素牛排的重量控制方案。**方法** 研发人员通过查阅相关资料、采集生产与管理人員的意见、跟踪生产全程等手段获取实验方向, 并通过小实验改变工艺条件和生产试验进一步验证工艺条件, 探寻出了 35 克素牛排在生产过程中的重量变化规律、重量不稳定的主要原因及改进措施。**结果** 35 克素牛排的单片重量与产品卤制工序呈影响极显著, 与原材料重量、油炸工序差异显著。**结论** 原材料控制在 11 克以上, 油炸时间 2 分钟, 最佳卤制时间 10 分钟, 产品的单片重量合格率提高到 90%以上。

关键词: 35 克素牛排; 单片重量; 控制方法; 自动化包装线

Study on weight control method of 35-grams vegetarian steak

WU Gao-Feng*, BU Ji-Liang, XIAO Wei, LUO Guang-Hui, JIANG Ze-Biao

(Hunan Jinmofang Food Co., Ltd., Changsha 410311, China)

ABSTRACT: Objective To explore the development of weight control program of the company's best-selling products soybean protein food 35-grams vegetarian steak. **Methods** Methods of relevant data collection, the opinions collection of the production and management people and the entire production tracking were used to obtain the experiment direction, and the small experiment by changing process conditions and production test were used to the further validation of process conditions, the main cause of instability and the improving measures of the 35-grams vegetarian steak weight variation in production process were explored. **Results** The weight of single piece of 35-grams vegetarian steak had a extremely significant influence on the marinating process, which had a significant difference on the weight of raw materials and frying process. **Conclusion** The raw materials are controlled at more than 11 grams, the frying time is 2 minutes, and the best marinating time is 10 minutes. The pass rate of the single piece weight of the product is increased to more than 90%.

KEY WORDS: 35 grams vegetarian steak; single piece weight; control method; automatic packing line

1 引 言

大豆在我国有五千年栽培历史, 古称菽, 富含油脂、蛋白质、膳食纤维^[1]以及卵磷脂^[2], 大豆黄酮^[3]等。大豆常用来制豆腐^[4]、提大豆油、提大豆蛋白, 酿酱油。大豆蛋

白可直接用在食品行业, 大豆蛋白通过组织化工艺变成组织蛋白, 大豆组织蛋白被称为“人造肉”, 可用来制造各种代替肉食的食品, 是豆制品品类重要的食材^[5]。大豆蛋白制品具有代替肉食、降低成本、产品形式多样化、研究前景好等特点。

基金项目: 湖南省科技计划项目(2019SK2121)

Fund: Supported by the Science and Technology Planning Program of Hunan Province (2019SK2121)

*通讯作者: 吴高峰, 中级工程师, 主要研究方向为食品微生物、食品研究与开发。E-mail: w1989gf@126.com

*Corresponding author: WU Gao-Feng, Intermediate Engineer, Hunan Jinmofang Food Co., LTD., 2nd Southern Health Avenue, Liuyang Economic and Technological Development Zone, Liuyang 410311, China. E-mail: w1989gf@126.com

目前市场上各种规格的大豆组织蛋白生产的各种素肉休闲食品琳琅满目, 品类存在着生产口味标准化难、重量标准化难、原材料差别影响大等问题; 市场竞争日益剧烈, 各公司的定位尚没有定型, 竞争壁垒也还没有构建, 价格战成了不二选择; 此时, 降低成本就成了迫在眉捷的事情。

本公司的 35 克素牛排就是在以上背景下派生出来的, 该产品一上市便异常畅销, 公司为了提高生产效率并进一步降低成本, 购置了数条自动化包装线。自动化包装线不足之处是产品入袋前称重技术不成熟, 所以需要一片一袋的形式入袋。但是 35 克素牛排产品的单片重量不稳定, 而且影响因素颇多, 这个矛盾影响了自动化包装机的应用进程。公司特将这个问题交由研发部门研究解决, 以实现自动化包装机提高产量与降低成本的优势。

原则要求不变动生产流程而只对每个流程的参数进行考察与改变, 因此实验基本线路与生产流程一样: 拉丝

蛋白→浸泡→脱水→油炸→卤制(加卤料)→烤制→拌料(加调料)→内包装→杀菌→外包装→入库→销售。研发人员首先收集了大量的生产数据与相关观点, 以寻找素牛排单片重量影响关键所在, 同时可以得到相关的研发思路, 然后才确定用小实验探索某个关键环节的最佳参数, 再后才在生产上相应的工序进行验证与调整, 以期为 35 克素牛排自动化包装产品重量达到相关标准提供方案。

2 材料与方法

研发人员计划先考察当前生产过程中拉丝蛋白的重量变化规律, 且需要从中找到 35 克素牛排重量变化的关键影响因素, 结合小实验改变工艺参数, 再回头到生产上调整, 从而探索出最佳控制方案。因此, 本实验是小实验与生产试验相结合。研发人员需要对小实验与生产试验同时进行准备。

2.1 材料与试剂

表 1 实验和生产用材料
Table 1 Materials of experiments and production

名称	实验室用		生产用		厂家	备注
	单位	数量	单位	数量		
拉丝蛋白	公斤	5	吨	1	西安百川生物公司	生产与实验室一致
食用油	升	3	吨	1	湖南以仁油脂公司	
饮用水	升	若干	吨	10	/	
卤水	升	5	吨	5	自配	
卤水用料	公斤	1.0	吨	0.5	自配	

2.2 仪器与设备

表 2 实验室小实验仪器与设备
Table 2 Experimental instruments of little experiment in laboratory

名称	规格	厂家
电子称	200 g 型	天津百斯德衡器公司
油炸机	实验室型	石家庄佳月机器公司
器皿	若干	-----

2.3 实验方法

研发人员通过测定各个生产实践中各个工序的单片产品的重量, 分别记录并进行分析影响最大的因素及条件参数, 从而得到调整与改进的方向。调整则先进行小实验确定规律再在生产线上验证。

表 3 生产用相关设备
Table 3 Instruments of production

名称	规格	厂家
电子称	200 公斤型	天津百思德衡器公司
浸泡池	1000 升型	自制不锈钢材质
油炸机	LYDX100 型	河北晓月食品机械有限公司
夹层蒸煮锅	400L 型	山东富特星宇特种设备有限公司
三足离心机	1000 型	张家港通达机械制作有限公司
烤房		自建
拌料机	若干	北京汇博设备有限公司

2.4 实验流程

大豆分离蛋白是以低温脱溶大豆粕为原料生产的一种全价蛋白类食品添加剂。大豆分离蛋白中蛋白质含量在

90%以上, 氨基酸种类有近 20 种, 并含有人体必需氨基酸。其营养丰富, 不含胆固醇, 是植物蛋白中为数不多的可替代动物蛋白的品种之一。大豆组织蛋白: 经过组织化, 具有稳定的网状结构的大豆蛋白。随着时代的发展, 健康

营养的食物越来越受到消费者的青睐, 而大豆分离蛋白和大豆组织蛋白中的蛋白质含量高, 脂肪含量低, 而且生产方便, 口味口感很好, 成为了实验的很好的材料(过程见图 1、2)。

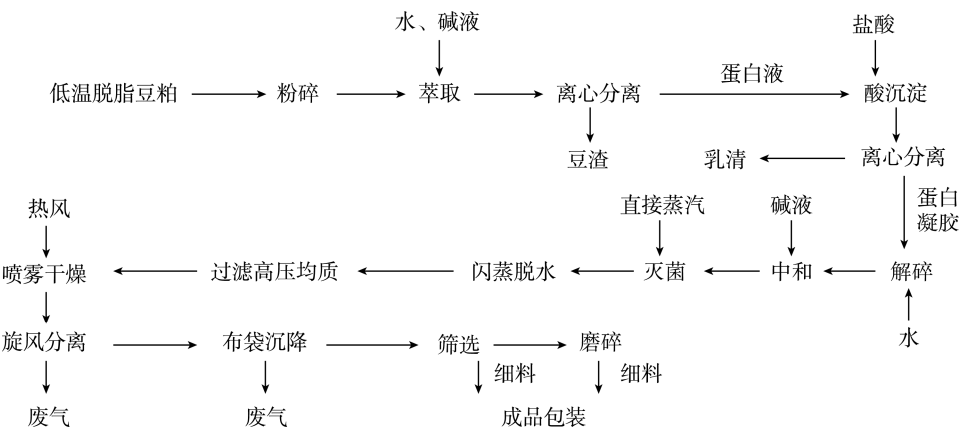


图 1 大豆分离蛋白提取过程
Fig.1 Extraction process of the isolated soybean protein

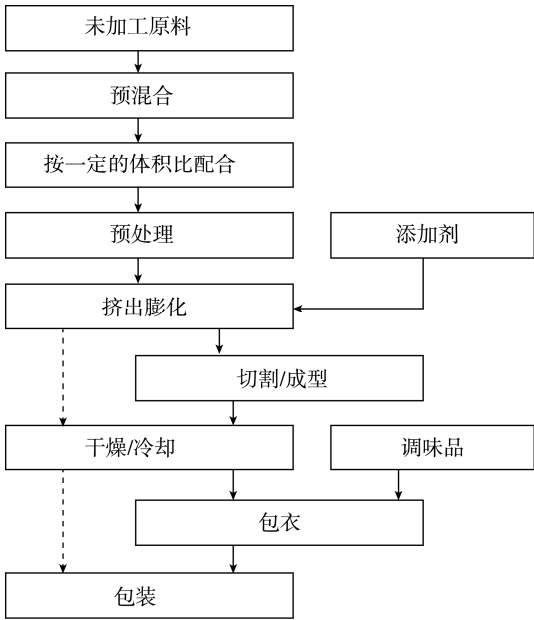


图 2 大豆组织蛋白生成过程
Fig.2 Production process of the textured soybean protein

2.5 数据处理

用 Excel 软件建立数据库, 采用 DPS 7.5 软件进行方差分析法和多重比较。

3 结果与分析

3.1 车间生产跟踪

3.1.1 原材料对单片重量的影响

在生产车间取原材料拉丝蛋白样进行称重, 测量了

152 片, 最高值 11.80, 最低值 9.4 g, 平均重量 10.28 g, 最高值相差 20%。由表 4 可见, 经分析可见, 组间差异 P 值小于 0.01, 为差异极显著, 说明组织蛋白单片重量差异极大。原材料是产品生产的基础材料, 通常情况下产品与原材料会构成一定的函数关系, 原材料差异会造成最终产品质量的差异, 影响生产的高效有序运行。因此, 选择差异性小的原材料非常重要。

3.1.2 生产上浸泡对单片重量的影响

在车间, 发泡好的拉丝蛋白由工人从浸泡池捞出并装入规格一致的编织袋中等待离心脱水。研发人员从编织袋中取样品 17 片并称重, 最低值 33.40 g, 最高值 49.09 g, 平均重量 38.37 g, 样品稍微受压便沁水。由表 4 可见, 浸泡后各组间的在单片重量差距不显著, 说明浸泡工序对单片重量的影响不明显。

3.1.3 生产上离心对单片重量的影响

前面编织袋装好的泡发的拉丝蛋白经过离心机脱水后, 研发人员在此取样称重。由表 4 可见, 共测 17 片, 最低值 23.03 g, 最高值 28.09 g, 平均重量 25.27 g, 相差 18%。脱水后, 产品吸收的部分自由水由于其离心力的作用脱离产品, 残留了大多是结合水及毛细管水等, 因此浸泡到位后的产品通过脱水后单片重量的差异不大。

3.1.4 生产上油炸工序对产品单片重量的影响

拉丝蛋白经过离心脱水后进入油炸工序, 研发人员在油炸工序取样称重, 并计算了油炸对单片重量的影响。由表 4 可见, 共测 28 片, 最低值 22.80 g, 最高值 32.50 g, 相差 30%, 平均重量 26.92 g。可见, 通过油炸后, 单片间重量差异较脱水后逐渐拉大, 油炸的关键因素是油炸量、油温及油炸时间的控制, 因此对油炸参数控制非常有必要。

表 4 生产过程中单片重量方差分析表
Table 4 Single piece weight ANOVA of textured soybean protein in the production process

工序	差异源	SS	df	MS	<i>F</i>	<i>P</i> -value	<i>F</i> crit
原材料	组间	17.604	15	1.1736	6.384044**	2.96E-10	1.736359
	组内	26.472	144	0.183833			
	总计	44.076	159				
浸泡	组间	33.93167	8	4.241458	0.473625	0.850907	2.94799
	组内	98.50833	11	8.955303			
	总计	132.44	19				
离心	组间	7.073564	4	1.768391	0.034725	0.997608	2.56954
	组内	2393.493	47	50.92539			
	总计	2400.567	51				
油炸	组间	4.185714	4	1.046429	0.304853	0.872412	2.689628
	组内	102.9771	30	3.432571			
	总计	107.1629	34				
卤制	组间	133.3944	4	33.3486	2.572262	0.058726	2.701399
	组内	375.9762	29	12.9647			
	总计	509.3706	33				
拌料	组间	96.57829	4	24.14457	2.794387	0.04386	2.689628
	组内	259.2114	30	8.640381			
	总计	355.7897	34				

注: SS 为平方和; df 为自由度; MS 为均方; *F* 为变异系数; *P*-value 为 *P* 值; *F* crit 表示 *F* 临界值。

3.1.5 生产上卤制对单片重量的影响

生产上油炸后进入卤制工序,研发人员在该工序取样称重并分析其影响。由表 4 可见,卤制后,单片平均重量 30.45 g,单片重量方差分析的 *P* 值接近 0.05 水平, $F_{0.05}(4,29)=2.70$,因此可见卤制工序是对单片重量影响很大,需要进行更进一步的研究。卤制后通过消毒的塑胶框装三层,其中塑料框上层含水不稳,中层水分少量流失,下层水分大量流失,且随着震动压迫还在流失水分。因此,采取必要的措施控制好卤制工序,对单片重量的提升,最重要的是有效促进自动包装机去除称重步骤。

3.1.6 生产上烤制对单片重量的影响。

卤制出来的蛋白不经过烘烤会缺少一种风味,因此必须烘烤。经过反复考察研发人员后来发现,经过压迫脱水的蛋白烘烤后重量减少 1.2 至 1.5 g。而含有大量可流动性的卤水的拉丝蛋白,经过稍微施压就大量脱水的蛋白,则烘烤工序中也容易大量脱水。这个细节也解释了卤制后为了保持水分采用单框转运(避免受压脱水),也无法实现

成品单片重量合格的原因。

3.1.7 生产上拌料对单片重量的影响

该工序完成后,调味半成品加工完成,单片重量不再人为改变。由表 4 可见,以成品单片重量大于等于 35 g 为合格,由于工艺参数尚需优化,平均重量 31 g 到 34 g 不等,产品单片重量合格率参差不齐,从 24%到 52%不等。

3.2 小实验寻找工艺参数

基于生产上单片产品重量不太规律、难以预计的情况,研发人员决定进行小实验,小实验可以更加方便地改变参数以观察条件改变与产品单片重量变化的关系。

3.2.1 小实验浸泡时间对后续工序的影响

拉丝蛋白浸泡,然后手工脱水,进入油炸工序。考察浸泡时间对油炸工序,卤制工序单片重量的影响。为确保实验的针对性、一致性与说服力,实验仅选择 11 g 重的蛋白作原料;严格控制油炸条件为:油温 160 ℃,时间 2 min;严格控制卤制条件为,卤水加热至沸腾,卤制 7 min。

表 5 原料浸泡不同时间产品单片重量的变化(g)
Table 5 Single piece weight variation after different soaking time (g)

浸泡参数	工序	1	2	3	4	5
20 分钟	浸泡后重	45	39	30	30	35
	脱水后重	26	26	23	22	25
	油炸后重	26	26	23	23	27
	卤制后重	30	29	29	29	32
80 分钟	浸泡后重	47	46	57	50	48
	脱水后重	29	38	30	28	28
	油炸后重	32	28	34	31	30
	卤制后重	36	35	36	35	33

注: 数据单位为 g, 卤制后能保持 31 g 进入拌料工序则为合格。

表 6 浸泡 80 分钟不同脱水程度对应的单片重量(g)
Table 6 Single piece weight variation of different degrees of dehydration after 80-minuters soaking (g)

工序	1	2	3	4	5	6	7
脱水后重	34	34	29	29	28	27	30
油炸后重	32	32	31	31	30	28	32

由表 5 可见, 实验初步证明: 浸泡 20 min 时间太短, 卤制出来的成品重量大都不合格。而浸泡 80 min 的产品卤制出来, 单片重量几乎全都合格。浸泡要确保吸水完全的说法是对的。

3.2.2 小实验脱水程度对产品单片重量的影响

确定了浸泡条件, 则有必要探索脱水工序的影响, 同理, 浸泡时间确定为 80 min, 其他条件如 3.2.1 所示。由表 6 可见, 11 g 拉丝蛋白浸泡完全后压迫脱水, 单片重量各不相同, 29 至 34 g 的经过油炸单片重量统一至 31、32 g, 而 28 g 以下的经过油炸则单片重量 25~30 g。初步认为, 拉丝蛋白吸水膨胀, 吸附大量自由水, 既有流动性自由水, 又有大量毛细管吸纳的水。极易流动的自由水经油炸会快速挥发, 部分流动性稍差的自由水与被蛋白吸纳的水则经油炸则更可能被保留下来。拉丝蛋白第一步泡浸吸水完全其他工艺条件不变则产品单片重量合格率较高, 同理。后续的卤制工序是拉丝蛋白再一次吸水的过程, 其工艺参数对产品单片重量影响较大。

3.3 生产上的再次跟踪与调整

前面小实验给我们带来了启发: 要增加单片产品重量, 关键在于产品吸水的情况。蛋白所吸收的水分毛细管水与自由水。毛细管水才能较稳定的保持到最后。而自由水则在挤压。加热等工艺过程中极容易失去, 无法保持下来。基于以上认识, 我们将注意力再次转移到生产的跟踪与调整来。

3.3.1 生产中减少卤制后产品受压脱水

产品被转移至推车上的塑料框, 推车台面适合放置 2

个框, 每框上面加叠两层, 共叠放三层, 这样两轮共六框每车, 刚好装一卤锅料。为了防止产品过度受压脱水, 研发人员从每个框中不同位置进行取样, 并跟踪记录了共叠三层、两层、一层的脱水情况与产品单片重量。

表 7 不同受压情况单片产品的合格率
Table 7 Pass rate of single piece weight in different pressure condition

受压情况	合格率/%
三层	40
两层	46
一层	60

注: 以 35 g 及以上为合格。

由表 7 可见, 各种参数稳定情况下, 研发人员多次跟踪记录了推车转移产品后单片重量随着受压的减少, 产品的单片重量合格率在提高却达不到理想。进一步说明卤制过程使得蛋白的胶凝体膨胀并形成毛细管结构, 毛细管吸纳大量毛细管水才是可以一直保持到成品阶段的有效水分^[6]。

3.3.2 减少卤制投料量

目前生产上投料为 200 公斤每锅, 不改变其他条件, 只将投料改为 80 公斤, 推车上叠两层料框, 不烘烤, 直接拌料。产品单片重量合格率大幅度提升。投料太少会增加成本, 但数据让我们看到了方向与希望。

3.3.3 延长卤制滞留时间

在上述实验推动下, 我们意识到卤制工序可能是产

品单片重量的决定性因素,遂进一步将注意力集中到跟踪卤制工序来。由表 8 可见,将生产上卤制工序滞留时间由原来的 7 min 延长至 10 min,单片重量合格率提升明显,但还是不稳定。

表 8 卤制 10 分钟单片重量合格率(%)
Table 8 Pass rate of single piece weight after 10-minuters
marinating (%)

跟踪批次	1	2	3	4
1	40			
2	72	79		79
3	66	65	77	79
4	64	60	56	58

注:以 35 g 及以上为合格。

3.3.4 关注卤制温度

前面实验不稳定的结果,除卤制滞留时间外,还有因素在影响产品的含水率。抽查了生产过程中卤锅的温度,在一个卤制全程,随着时间迁移,温度为 64.5、67.9、70.0 ℃,温度偏低。将卤水加热至沸腾,加入油炸料 200 kg,全程温度计测温,在卤制过程中不加热,其温度自行升高。在卤制全程,随时间迁移,温度为 85、88、91 ℃。跟踪至产品内包,记录了 4 个工作台,产品单片合格率分别为 92%、84%、86%、94%,已经接近合格率要求,从而从根本上解决了单片重量达标率的问题。

4 讨 论

在实验开始之前,相关生产、研发、管理人员均无法理解 35 g 素牛排的单片重量极其不稳的原因,加上可供查询的资料很少,研发人员收集了生产一线的观点和建议。

观点①:原材料太轻:用当前的生产数据加以计算,单片产品的重量除以单片原材料的重量即为系数,理想的产品重量除以该系数即为原材料大豆组织蛋白的理想重量。由此推断原材料不可低于 11 g。该观点未考虑成品单片重量偏差严重以及其隐含着的工艺参数问题。

观点②:围绕让产品含水更高考虑,浸泡确保吸水完全,脱水不可太彻底,油炸不可滞留太久,后来发现这些环节对最终产品的单片重量均有影响。

观点③:注意卤制后施压的影响:产品从卤锅捞出,转移至小推车上的塑料框中,原设计每一个塑料框位置放三框,最底下一框要承受上面两框产品大约 80 kg 的压挤力,中间一框要承受最上面一框,大约 50 kg 重的压挤力。跟踪工艺过程发现:产品有含水率随着压挤力的增加而降低,单片重量偏低的现象。

据悉原材料单片重量稳定性是产品单片重量稳定的关键,随着流程的推进,原材料的细微的重量差异会被放

大,使得产品的单片重量参差不齐,影响自动化包装设备操作,降低工作效率,导致产品质量问题及客户投诉。另外,原材料的生产有其作业流程,不同公司的产品生产工艺参数及技术差异性大,同一公司同一产品之间也存在着参数精度差的情况,导致如上 3.1.1 所述的最高值与最低值相差超过 20%的情况出现,加之生产的胚子水分含量低且很脆,很容易导致原材料在运输过程中由于摩擦撞击等外部因素发生断裂,影响原材料的单片重量,最终影响成品质量。

大豆蛋白制品由于需要通过浸泡吸水泡涨,结合了大量的水分,油炸过程会将半成品中的自由水迅速通过滚烫的热油变成水蒸气带走,食品表面温度迅速升高,水分汽化,表面出现一层干燥层,形成硬壳。然后,水分汽化层便向食品内部迁移,食品表面温度升至热油的温度时,内部温度也逐渐升高^[7]。因此油炸时间的控制尤为关键,油炸时间过长,内部的水分丧失越多,焦糖化越严重,从而影响产品的最终口感和重量,由此可见油炸条件的控制影响成品的质量。

卤制的影响因素有卤制温度、卤制时间、卤制量、卤水质量等^[8],卤制温度高会加快分子间运动,促进物质的布朗运动,从而更快地入味;卤制时间长短会影响卤制的最终口感差异及卤水吸收效果,从而间接影响最终产品的质量和重量^[9];由于卤制容器的容量有限,而卤制量的大小会影响产品吸收卤水的效率和力度,从而影响入味的效率,影响口感及产品单片重量;而卤水质量也会影响产品的最终口感。由此分析可见,卤制温度、时间和卤制量对卤制的最终的产品重量影响很大,不同产品的卤制条件各有差异,不同的产品是由不同的原材料加工而成,产品的大小厚薄都会影响卤制的最终状态^[10-16]。试验证明,减少投入的量、延长卤制时间、提高卤制温度,对 35 g 素牛排单片重量的提高都是至关重要的。

5 结 论

原材料合格的前提下,产品单片重量合格率取决于产品的含水率,35 g 素牛排单片重量含水率不一致是单片重量合格率低的主要原因。浸泡工序、卤制工序是拉丝蛋白吸水增重的工序,该 2 个工序中蛋白的胶凝体膨胀形成毛细管结构吸纳的大量的水,这部分水是毛细管水和截流水,这种水才可以较完整的一直保持到成品阶段。自由流动水则在转运、离心脱水、油炸、烘烤时很容易失去。延长吸水加重工序的时间,合理增加该工序的温度、适当减少同样条件下的投入量,可以有效增加蛋白胚子的毛细管水。离心脱水、油炸、烘烤 3 个工序为拉丝蛋白含水率降低的工序,这 3 个工序首先就会将蛋白胚子中的自由流动水排出。改变这 3 个工序参数可以适当截流小部分自由流动水使得拉丝蛋白稍微重一些,但不能从根本上解决 35 g

素牛排的单片重量不稳偏轻问题。

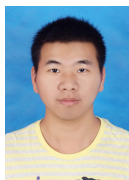
卤制工序作为最后的可以提高产品含水率的工序, 改变该工序参数对于提高单片产品重量合格率至关重要。即便前面的工序使得产品的含水率偏低较严重, 卤制工序也可以起到一定的补救作用。研发人员为进一步提高 35 g 素牛排的单片重量合格率和稳定性, 通过调整卤制工序的投料、温度和卤制时间等参数, 达到了最佳的技术经济指标。

参考文献

- [1] 李杨, 胡森, 孙禹凡, 等. 提取方式对大豆膳食纤维理化及功能特性的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(21): 18–24.
- Li Y, Hu M, Sun YF, *et al.* Effect of different extraction methods on physicochemical and functional properties of soybean dietary fiber [J]. Food Sci, 2018, 39(21): 18–24.
- [2] 李红, 孙东弦, 司俊玲, 等. 大豆卵磷脂的提取工艺研究[J]. 中国食品添加剂, 2015, (11): 49–53.
- Li H, Sun DX, Si JL, *et al.* The extraction process research of soybean lecithin [J]. Food Addit, 2015, (11): 49–53.
- [3] 吴高峰, 黄占旺, 刘宛玲, 等. 纳豆菌制剂及纳豆冻干粉成分比较分析[J]. 食品工业科技, 2015, 36(22): 121–124, 286.
- Wu GF, Huang ZW, Liu WL, *et al.* Comparative analysis of natto preparation and natto freeze-dried powder [J]. S&T Food Ind, 2015, 36(22): 121–124, 286.
- [4] 石彦国, 刘琳琳. 大豆蛋白与豆腐品质相关性研究进展[J]. 食品科学技术学报, 2018, 36(6): 1–8.
- Shi YG, Liu LL. Research progress on the correlation between soybean protein and tofu quality [J]. J Food Sci Technol, 2018, 36(6): 1–8.
- [5] 相海, 李志明, 周海军. 大豆组织蛋白生产工艺与产品特性[J]. 粮油加工与食品机械, 2004, (1): 40–42.
- Xiang H, Li ZM, Zhou HJ. Production technology and product characteristics of soybean tissue protein [J]. Grain Oil Process Food Mach, 2004, (1): 40–42.
- [6] 赵改名, 赵苗云, 柳艳霞. 酱卤肉制品加工[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- Zhao GM, Zhao MY, Liu YX. Marinated meat sauce processing [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2008.
- [7] 刘洪义, 杨旭, 吴泽全, 等. 食品油炸技术及其关键设备的研究[J]. 农机化研究, 2011, 33(6): 95–98.
- Liu HY, Yang X, Wu ZQ, *et al.* Research on food frying technology and its key equipment [J]. J Agricul Mechan Res, 2011, 33(6): 95–98.
- [8] 匡威, 宋文敏, 倪洁倩, 等. 香酥鸭加工过程中卤制工艺的优化研究[J]. 肉类工业, 2018, 422(2): 14–21.
- Kuang W, Song WM, Ni JQ, *et al.* Study on the optimization of marinating process in the processing of fragrant crisp duck [J]. Meat Ind, 2018, 422(2): 14–21.
- [9] 张苏苏, 赵子瑞, 苑冰冰, 等. 酱卤肉制品加工技术研究进展[J]. 肉类研究, 2016, 7(8): 41–47.
- Zhang SS, Zhao ZR, Yuan BB, *et al.* Research progress on processing technology of marinated meat products with sauce [J]. Meat Res, 2016, 7(8): 14–21.
- [10] 谢明勇, 胡晓波, 王远兴. 食品化学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2017.
- Xie MY, Hu XB, Wang YX. Food chemistry [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2017.
- [11] Xu H, Zhang XK, Wang X, *et al.* The effects of high pressure on the myofibrillar structure and meat quality of marinating Tan mutton [J]. J Food Proc Eng, 2019, 42(6): 13138.
- [12] Essid I, Tajine S, Gharbi S, *et al.* Use of pomegranate peel and artichoke leaf extracts to improve the quality of marinated sardine (*Sardinella aurita*) fillets [J]. J Food Sci Technol, 2020: 713–722.
- [13] 李海涛, 赵良忠, 范柳, 等. 休闲豆干真空脉冲卤制工艺优化[J]. 食品工业科技, 2018, (17): 173–179.
- Li HT, Zhao LZ, Fan L, *et al.* Optimization of vacuum pulse stewing process of dried beans [J]. Food Ind Technol, 2018, (17): 713–722.
- [14] 陈立业, 郭兆斌, 刘耀娜, 等. 不同卤制方式对酱牛肉营养品质和质构特性的影响[J]. 粮食科技与经济, 2018, (8): 104–107.
- Chen LY, Guo ZB, Liu YN, *et al.* Effects of different stewing methods on nutritional quality and texture characteristics of beef sauce [J]. Grain Sci Technol Eco, 2018, (8): 104–107.
- [15] Agnieszka L, Justyna L. Quality and safety of pork steak marinated in fermented dairy products and sous-vide cooked [J]. Sustainability, 2019, 11(20): 5644.
- [16] Natalia PV, Charles M, Thu HP, *et al.* Dataset of the volatile compounds detected in unmarinated and marinated grilled ruminant meats with novel unfiltered beer-based marinades to improve their nutritional quality, safety, and sensory perception [J]. Data Brief, 2019, (27): 104622.

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介



吴高峰, 硕士研究生, 中级工程师, 主要研究方向为食品微生物、食品研究与开发。

E-mail: w1989gf@126.com