

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2019.01.015

文章编号:2095-6002(2019)01-0098-06

引用格式:杜明睿,杨培周,程杰顺,等.加工工艺对鸡酥松脂肪氧化的影响[J].食品科学技术学报,2019,37(1):98-103.



DU Mingrui, YANG Peizhou, CHENG Jieshun, et al. Effect of process on lipid oxidation of chicken crisp floss[J]. Journal of Food Science and Technology, 2019,37(1):98-103.

## 加工工艺对鸡酥松脂肪氧化的影响

杜明睿<sup>1</sup>, 杨培周<sup>1,\*</sup>, 程杰顺<sup>1</sup>, 柏林<sup>1</sup>, 操丽丽<sup>1</sup>, 姜绍通<sup>1</sup>, 单浩东<sup>2</sup>

(1.合肥工业大学食品科学与工程学院/安徽省农产品精深加工省级实验室,安徽合肥 230009;

2.安徽昊东食品有限公司,安徽合肥 231533)

**摘要:**为研究加工工艺对鸡酥松加工过程脂肪氧化的影响,考察蒸煮时间、蒸煮温度、炒松时间对2-硫代巴比妥酸值的影响,分析炒松工艺对鸡酥松脂肪氧化以及综合评分的影响,结果表明,炒松时间显著影响脂肪氧化,加工工艺中对脂肪氧化影响程度由大到小依次为炒松时间、蒸煮温度和初煮时间,而影响产品综合评估得分的因素由强至弱依次为炒松时间、初煮时间和蒸煮温度;优化后较适的加工工艺条件为初煮50 min、复煮10 min、蒸煮温度90℃、炒松时间20 min,2-硫代巴比妥酸作用底物值为2.26 mg/kg。产品综合评分与2-硫代巴比妥酸作用底物值的趋势并不完全吻合,鸡酥松加工过程中的工艺影响脂肪氧化程度和产品品质。

**关键词:**鸡酥松;肉松;脂肪氧化;2-硫代巴比妥酸反应产物;工艺优化

**中图分类号:**TS251.5

**文献标志码:**A

肉类脂肪氧化是指肉中不饱和脂肪酸在高温、光照和酶等因素作用下氧化转化为氢过氧化物、醛、酮和低级脂肪酸等复杂化合物的过程<sup>[1]</sup>。肉类产品在加工过程中都会发生不同程度的脂肪氧化现象<sup>[2]</sup>,并形成特定的风味和颜色<sup>[3]</sup>。适当的脂肪氧化有利于增加产品的特色风味<sup>[4]</sup>,提高营养吸收效率,提高产品品质,而过度氧化会导致产品酸化变质<sup>[5]</sup>,并产生大量有毒有害物质<sup>[6-7]</sup>,因此,研究肉类食品在加工过程中的脂肪氧化对于降低食品安全风险、优化工艺、提高品质及保护消费者健康等具有十分重要的意义。

鸡酥松是在中国传统食品肉松的基础上经过技术改进而生产出的适合现代消费者的食品<sup>[8]</sup>。在加工过程中,蒸煮和炒松工艺分别通过高温蒸煮和高温炒制将生肉转化为熟食品,是鸡酥松加工的关键工艺<sup>[9]</sup>。鸡肉脂肪在加工过程中容易产生氧化现象,包括在冷冻贮藏条件下的脂肪氧化<sup>[10]</sup>以及不

饱和脂肪酸在高温蒸煮的条件下引起剧烈脂肪氧化反应<sup>[11]</sup>,在富含糖和蛋白质的高温反应体系中,脂肪氧化更迅速<sup>[12]</sup>。目前,鸡酥松加工工艺中,蒸煮和炒松工艺主要以经验和感官指标为参考<sup>[13]</sup>,缺乏与生化反应相关的基础研究。本研究在对加工工艺对鸡酥松生产过程中美拉德反应影响的研究基础上<sup>[14]</sup>,以2-硫代巴比妥酸反应产物(2-thiobarbituric acid reactive substances, TBARS)值为指标<sup>[15]</sup>,研究加工工艺对鸡肉脂肪氧化的影响,同时结合产品质量感官评价,优化加工工艺,为鸡酥松加工工艺改进提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

鸡胸肉、食用盐、大葱、生姜、茴香、酱油、白砂糖、料酒,购于安徽合肥包河区家乐福超市;氢氧化

收稿日期:2017-06-22

基金项目:安徽省科技攻关项目(1604a0702001)。

第一作者:杜明睿,男,硕士研究生,研究方向为农产品加工。

\*通信作者:杨培周,男,副教授,博士,主要从事农产品加工方面的研究。

钠、盐酸、三氯乙酸、2-硫代巴比妥酸、氯仿、甲醇、乙二胺四乙酸、酚酞、石油醚、亚硫酸氢钠等,均为分析纯。

## 1.2 仪器与设备

AUX-J20 型多功能料理机,佛山海迅公司;WK2102 型电磁炉,广东美的公司;CARY 5000 型紫外分光光度计,安捷伦公司;JA2003 型电子天平,上海良平公司;5254 型超速生物冷冻离心机,德国 Eppendorf 公司;SRH 型均质器,上海申鹿公司。

## 1.3 酥松生产工艺流程

将鸡胸肉洗净,用清水浸泡,漂去血污;将纱布包裹的生姜、桂皮和八角以及鸡胸肉放入锅内,浸泡,煮开,撇油沫;除去油沫,加食盐,煮开,文火加入酱油、料酒和白糖,出锅;将肉松坯放锅中,文火焙炒,然后用微火精心焙炒,出锅,搓揉肉松坯,入锅焙炒,反复多次至鸡肉成蓬松絮状。

## 1.4 TBARS 值的测定

TBARS 值的测定参考已报道的测定方法<sup>[16-17]</sup>。取 10 g 鸡酥松样品均质 10 min,加 50 mL 质量分数为 7.5% 的三氯乙酸(含质量分数为 0.1% 的乙二胺四乙酸),3 000 r/min 离心 5 min;取 5 mL 上清液,加 5 mL 0.02 mol/L 的 2-硫代巴比妥酸溶液,沸水浴 60 min,冷却 1 h,1 600 r/min 离心 5 min;上清液中加 5 mL 氯仿,摇匀,静置分层,上清液在 532 nm 和 600 nm 处测吸光度值,用公式计算 TBARS 值。 $TBARS = (A_{532} - A_{600}) \times 72.06 \times 100 / (155 \times m)$ 。 $A_{532}$  和  $A_{600}$  为分别在 532 nm 和 600 nm 波长下测得的吸光度; $m$  为样品质量,g;155 为吸光系数;TBARS 表示脂肪氧化程度,mg/kg。

## 1.5 鸡酥松的综合评定标准

总分共 100 分,其中,组织形态(共 25 分):形态好,絮状松散,20~25 分;形态较好,松散性差,部分相互粘连,16~19 分;形态良好,有少量结头,10~15 分;形态较差,有结头、焦头,5~9 分;色泽发黑,结头、焦头严重,0~4 分。色泽(共 25 分):色泽好,带金黄色,20~25 分;颜色淡黄,少量暗灰色,16~19 分;色泽良好,微黄色中夹杂黑色,10~15 分;色泽较差,呈暗黑色,5~9 分;颜色灰暗,0~4 分。滋味和气味(共 25 分):味鲜美,甜咸适口,香味纯正,无不良气味,20~25 分;口感良好,无异味,16~19 分;味良好,有偏甜或偏咸感,香味稍欠佳,10~15 分;味较差,偏甜或偏咸不适口,香味差,5~9 分;焦味糊味明显,0~4 分。杂质(共 25 分):无杂质,20~25 分;少量碎末,16~19 分;碎松少,杂质少,10~15 分;

碎松多,杂质多,5~9 分;杂质明显,有异物,0~4 分。

## 1.6 鸡酥松的生产步骤

以 TBARS 值为指标,研究蒸煮时间、蒸煮温度、炒松时间对鸡酥松加工过程中脂肪氧化的影响;基础配方为鸡胸肉和辅料。辅料配方为  $\omega(\text{糖}) = 4\%$ 、 $\omega(\text{盐}) = 2\%$ 、 $\omega(\text{黄酒}) = 1.5\%$ 、 $\omega(\text{生姜}) = 0.5\%$ 、 $\omega(\text{茴香}) = 0.1\%$ 、 $\omega(\text{大葱}) = 2\%$ 。在单因素实验的基础上,选择蒸煮时间、蒸煮温度和炒松时间对脂肪氧化影响程度较大的区间,进行三因素四水平正交试验,检测脂肪氧化值,另外,根据设定的标准对鸡酥松进行综合评定,分析脂肪氧化与综合评定结果的相关性,优选适合鸡酥松的生产工艺。

## 1.7 统计方法

通过 Origin 7.5 软件分析绘图,数据来自 3 次平行实验。

## 2 结果与分析

### 2.1 蒸煮时间对脂肪氧化的影响

测定蒸煮 10、20、30、40、50、60 min 后的 TBARS 值,见图 1。

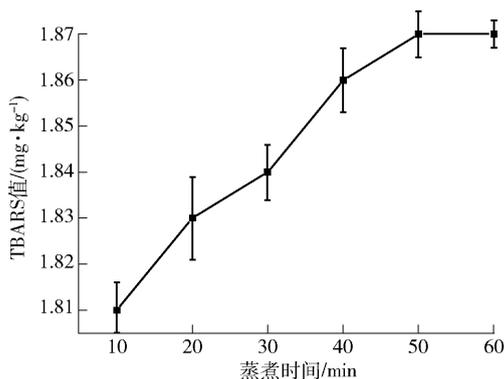


图1 蒸煮时间对 TBARS 值的影响

Fig. 1 Effect of cooking time on TBARS values

由图 1 可知,总体上 TBARS 值增加幅度不明显,无显著性差异,与蒸煮 10 min 相比,蒸煮 60 min 后的 TBARS 值仅增长 2.1%,脂肪氧化程度不高;在各区段内脂肪氧化也存在差异,TBARS 值随着时间延长逐渐增大,脂肪氧化程度越高;蒸煮 10~40 min,TBARS 值上升较快,而 40 min 后 TBARS 增长速度较慢,脂肪氧化程度较低。在蒸煮的起始 40 min 内,鸡肉的脂肪氧化相对较快,因此,控制蒸煮时间有利于调控鸡肉脂肪氧化程度。

### 2.2 蒸煮温度对脂肪氧化的影响

考察蒸煮温度为 50、60、70、80、90、100 ℃ 的

TBARS 值,见图2。

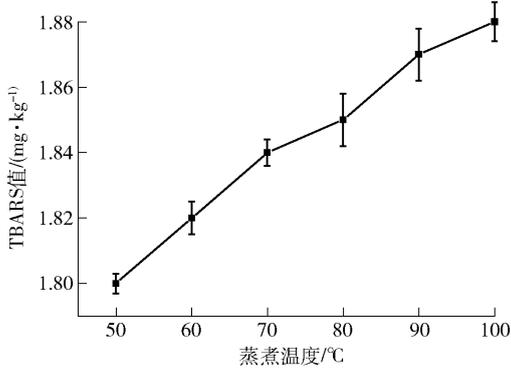


图2 蒸煮温度对 TBARS 值的影响

Fig. 2 Effect of boiling temperature on TBARS values

由图2可知,TBARS值随蒸煮温度升高而增大,脂肪氧化增强。总体上,蒸煮温度对脂肪氧化的作用不明显,无显著性差异;各区段增长的幅度存在差异,脂肪氧化最明显的区段为60~70℃,TBARS值增长1.4%,而60~70℃区段内的TBARS值仅增加0.3%,因此,蒸煮温度对脂肪氧化的影响不明显。

### 2.3 炒松时间对脂肪氧化的影响

考察炒松时间为5、10、15、20、25、30 min的TBARS值,见图3。

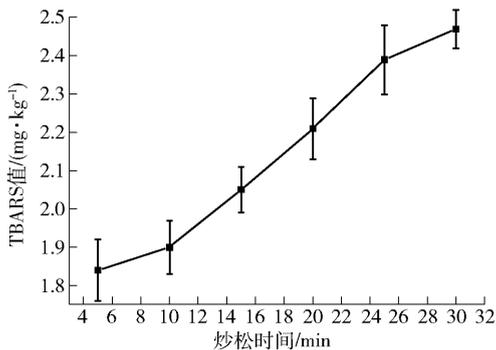


图3 炒松时间对 TBARS 值的影响

Fig. 3 Effect of frying time on TBARS values

由图3可知,炒松对TBARS值影响大,炒松时间延长引起脂肪氧化程度加快,炒松30 min后的TBARS值比炒松5 min对增长了34.5%;各炒松阶段仍存一定区别,炒松5~10 min,TBARS值增长较缓慢,在炒松前期阶段需要蒸发残存的水分,对脂肪直接作用效果相对较小;在10~25 min内TBARS值增长速度最快,该阶段鸡肉脂肪氧化加剧,并形成酥松特色风味;在25~35 min内,脂肪氧化程度明显下降,水分含量极低,残存的脂肪含量降低,酥松褐化程度高。

### 2.4 正交试验优化酥松脂肪氧化和综合评分

酥松的蒸煮分两阶段:初煮和复煮。初煮:将鸡胸肉和用纱布包裹好的生姜、大葱、茴香、桂皮和八角放入锅内,加清水浸泡,旺火煮开,撇去油沫。复煮:初煮除去油沫后,加入食盐和白糖,再次旺火煮开后,改至文火,加入料酒等煮。

将初煮和复煮分别作为影响因素进行正交试验,测定各组合TBARS值,并进行综合评分,结果见表1。结果表明,综合评分最高(88.75分)组合为初煮50 min,复煮10 min,蒸煮温度90℃,炒松时间20 min,该组合的TBARS值为2.26 mg/kg;而TBARS值最高(2.54 mg/kg)组合的综合评分仅为58.81,该组合工艺为初煮30 min,复煮30 min,蒸煮温度90℃,炒松时间30 min。因此,综合评分与TBARS值存在较大的差异,脂肪氧化过度导致综合评分值严重下降,综合评分高的组合其TBARS值处于中等以上水平,说明适度脂肪氧化有利于提高鸡酥松产品品质。

以复煮时间作为空白对照组的方差分析见表2,结果表明,初煮时间和蒸煮温度对TBARS值影响不显著;炒松时间显著影响TBARS值( $P < 0.05$ ),影响TBARS值的因素由强到弱分别是炒松时间、蒸

表1 正交试验分析 TBARS 值和综合评分

Tab. 1 Analysis of TBARS values and comprehensive scores by orthogonal test

实验号	A 初煮时间/min	B 复煮时间/min	C 蒸煮温度/°C	D 炒松时间/min	TBARS 值/(mg·kg <sup>-1</sup> )	综合评分
1	30	10	70	10	1.96 ± 0.08	44.63 ± 2.43
2	30	20	80	20	2.26 ± 0.08	72.51 ± 3.04
3	30	30	90	30	2.54 ± 0.06	58.81 ± 1.43
4	40	10	80	30	2.48 ± 0.05	74.38 ± 3.98
5	40	20	90	10	2.01 ± 0.09	55.56 ± 2.54
6	40	30	70	20	2.20 ± 0.08	81.94 ± 4.33
7	50	10	90	20	2.26 ± 0.09	88.75 ± 5.75
8	50	20	70	30	2.47 ± 0.08	70.94 ± 2.98
9	50	30	80	10	2.07 ± 0.11	59.56 ± 5.39

表 2 基于 TBARS 值和综合评分的因素效应检验

Tab. 2 Effect test of factors based on TBARS values and comprehensive scores

源	III 型平方和		df	均方		F		Sig.	
	TBARS 值	综合评分		TBARS 值	综合评分	TBARS 值	综合评分	TBARS 值	综合评分
校正模型	0.359	1 255.492	6	0.060	209.249	32.896	1.428	0.030	0.467
截距	40.590	35 313.303	1	40.590	35 313.303	22 343.147	241.052	0.000	0.004
初煮时间	0.000	79.666	2	0.000	39.833	0.138	0.272	0.879	0.786
蒸煮温度	0.008	6.837	2	0.004	3.419	2.106	0.023	0.322	0.977
炒松时间	0.292	1 202.892	2	0.146	601.446	80.374	4.106	0.012	0.196
误差	0.004	292.993	2	0.002	146.496				
总计	45.925	42 498.054	9						
校正总计	0.362	1 548.485	8						

煮温度和初煮时间。对应的 Sig. 值分别为 0.012、0.322、0.879, 控制鸡酥松加工中的脂肪氧化最关键工艺为炒松时间 ( $P < 0.05$ ), 蒸煮时间和蒸煮温度对鸡肉脂肪氧化程度影响较小 ( $P > 0.05$ )。

以 III 型平方和 (Type III SS) 为考察对象, 均衡资料中 I 型平方和 (Type I SS) 和 III 型平方和的计算结果是完全相等的; 而在非均衡资料中二者结果不同。绝大多数情况下, 要输出 Type III SS 的结果, 因为这种结果校正了模型中其他因素的影响, 且不受资料是否均衡影响。选用复煮时间作为空白对照组进行方差分析, 结果表明, 各因素对产品质量的贡献相对均衡, 各因素对综合评分都不显著, 但各因素间存在一定差别, 对综合评估影响由强到弱分别是炒松时间、初煮时间和蒸煮温度, 其 Sig 值分别为 0.196、0.786 和 0.977; 各工艺对酥松品质的作用效果不一样, 炒松过程还导致美拉德反应, 蛋白和脂肪裂解以及脱水等反应, 都影响产品颜色、风味和滋味等。初煮时间和蒸煮温度主要影响酥松的形态结构、理化性质和细腻口感等指标。

### 3 讨论与结论

鸡肉脂肪在正常条件下较稳定<sup>[18]</sup>, 高压<sup>[19]</sup>、维生素 E<sup>[20]</sup>、花生皮提取物<sup>[21]</sup> 和多酚<sup>[22]</sup> 等条件会抑制脂肪氧化反应。鸡酥松在加工过程中脂肪氧化主要在高温高湿条件下进行, 在加工前期采用的高温蒸煮工序, 鸡肉浸没于水中, 与空气中氧气接触少, 鸡肉脂肪氧化程度低。Soye 等<sup>[10]</sup> 将鸡腿肉在  $-7^{\circ}\text{C}$  下处理 3 个月后脂肪和蛋白氧化明显, 但鸡胸肉的氧化水平低, 本研究表明蒸煮温度和蒸煮时间对鸡肉的脂肪氧化程度都不显著, 主要原因是在蒸煮过程中鸡胸肉中的蛋白酶活性急速失活, 沸水中的氧气

等氧化物被排出, 缺乏诱导脂肪氧化的因素; 而在炒松过程中, 空气中氧气大量进入反应体系, 氧浓度增大, 鸡肉表面积增大, 光线照射强, 脂肪与糖类物质接触, 这些因素导致脂肪氧化速度加快。此外, 该阶段还存在与鸡肉褐化以及风味物质形成相关的美拉德反应发生<sup>[23-24]</sup>, 因此酥松加工过程中的脂肪氧化与美拉德反应的相互关系还需进一步探讨。

鸡酥松的产品质量由原料、加工工艺和配方等多个因素影响, 通过指标控制实现质量控制对于产品标准化建立具有重要意义<sup>[25]</sup>, TBARS 值是衡量脂质过氧化程度的一个重要指标<sup>[26-28]</sup>, 能够建立不同温度下 TBARS 值预测模型<sup>[15]</sup>, 本研究发现脂肪氧化指标 TBARS 值与产品评价参数具有一定规律, 将脂肪氧化指标作为产品质量的依据是可行的; 另外, 与脂肪氧化相关的其他测定指标, 如过氧化值<sup>[29]</sup> 等, 在鸡酥松加工过程中的变化还需要进一步研究。

尽管本研究测定获得的 TBARS 值偏高, 可能原因是加工强度大, 但仍都低于脂肪酸败时的 TBARS 值<sup>[30]</sup>, 另外, 鸡酥松在加工过程中添加了一定量的糖, 不仅作为美拉德反应底物, 还可调和脂肪氧化产物, 平衡口感和滋味, 同时我们检测了鸡酥松各个营养和卫生指标, 能够达到食品安全合格标准, 因此, 获得脂肪适度酸败的鸡酥松产品是安全的。

#### 参考文献:

- [1] 施佩影, 李仁伟. 肉制品脂肪氧化控制研究进展[J]. 肉类研究, 2016, 30(6): 52-56.
- SHI P Y, LI R W. Progress in research on the control of fat oxidation in meat products[J]. Meat Research, 2016, 30(6): 52-56.

- [2] 白福玉, 陈楚锐, 郑华, 等. 出口粤式肉松加工技术与质量控制体系研究[J]. 食品科学, 2006, 27(12): 858-862.  
BAI F Y, CHEN C Y, ZHENG H, et al. Study on the processing of new techniques and quality control system of Chinese Guangdong dried meat floss[J]. Food Science, 2006, 27(12): 858-862.
- [3] FAUSTMAN C, SUN Q, MANCINI R, et al. Myoglobin and lipid oxidation interactions: mechanistic bases and control[J]. Meat Science, 2010, 86(1): 86-94.
- [4] NAVEENA B M, MUTHUKUMAR M, MUTHULAKSHMI L. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and microbial quality of vacuum-packaged emulsion products from chicken[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2014, 38(1): 39-47.
- [5] 赵谋明, 孙为正, 吴燕涛, 等. 广式腊肠脂质降解与氧化的控制研究[J]. 食品与发酵工业, 2007, 33(8): 10-13.  
ZHAO M M, SUN W Z, WU Y T, et al. Study on the control of lipolysis and oxidation in Chinese cantonese sausage[J]. Food and Fermentation Industry, 2007, 33(8): 10-13.
- [6] KARWOWSKA M, DOLATOWSKI Z J. Effect of mustard on lipid oxidation in model pork meat product[J]. European Journal of Lipid Science and Technology, 2014, 116(3): 311-318.
- [7] MARIUTTI L R B, BRAGAGNOLO N. Influence of salt on lipid oxidation in meat and seafood products: a review[J]. Food Research International, 2017, 94: 90-100.
- [8] 杨培周, 周良正, 操丽丽, 等. 鸡肉酥松危害分析与关键控制点(HACCP)系统建立[J]. 肉类工业, 2016(9): 40-45.  
YANG P Z, ZHOU L Z, CAO L L, et al. System establishment of hazard analysis and critical control point (HACCP) of chicken crisp floss[J]. Meat Industry, 2016(9): 40-45.
- [9] 吴芸, 杨培周, 单浩东. 酥松特征风味形成机制的研究进展[J]. 肉类工业, 2017(2): 37-40.  
WU Y, YANG P Z, SHAN H D, et al. Study progress on the characteristic flavor formation mechanism of crisp dried meat floss[J]. Meat Industry, 2017(2): 37-40.
- [10] SOYE A, OZALP B, DALM U, et al. Effects of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat[J]. Food Chemistry, 2010, 120(4): 1025-1030.
- [11] DOMINGUEZ R, GOMEZ M, FONSECA S, et al. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat[J]. Meat Science, 2014, 97(2): 223-230.
- [12] LORENZO J M, DOMINGUEZ R. Cooking losses, lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat as affected by cooking procedure[J]. Flavour and Fragrance Journal, 2014, 29(4): 240-248.
- [13] 吴芸, 杨培周, 操丽丽, 等. 酥松加工的鸡胸肉品质影响因素分析[J]. 肉类工业, 2017(3): 33-35.  
WU Y, YANG P Z, CAO L L, et al. Influence factors analysis of chicken breast meat quality for processing crisp dried meat floss[J]. Meat Industry, 2017(3): 33-35.
- [14] 杜明睿, 杨培周, 陈新颜, 等. 加工工艺对鸡酥松生产过程中美拉德反应的影响[J]. 食品科学技术学报, 2018, 36(3): 72-77.  
DU M R, YANG P Z, CHEN X Y, et al. Effect of processing technologies on Maillard reaction of chicken crisp floss during manufacturing process[J]. Journal of Food Science and Technology, 2018, 36(3): 72-77.
- [15] GOMES H A, SILVA E N, NASCIMENTO R L, et al. Evaluation of the 2-thiobarbituric acid method for the measurement of lipid oxidation in mechanically deboned gamma irradiated chicken meat[J]. Food Chemistry, 2003, 80(3): 433-437.
- [16] 孙灵霞, 赵改名, 李苗云, 等. 油炸工艺对鸡肉串品质的影响[J]. 河南农业大学学报, 2010, 44(6): 710-714.  
SUN L X, ZHAO G M, LI M Y, et al. Effect of frying process on quality of chicken strings[J]. Journal of Henan Agricultural University, 2010, 44(6): 710-714.
- [17] 金晓丽, 王武, 陈从贵, 等. 低钠配方对鸭肉脂肪氧化和风味的影响[J]. 肉类研究, 2014, 28(12): 1-5.  
JIN X L, WANG W, CHEN C G, et al. Effect of sodium reduction on lipid oxidation and flavor of duck sausage[J]. Meat Research, 2014, 28(12): 1-5.
- [18] NKUKWANA T T, MUCHENJE V, MASIKA P J, et al. Fatty acid composition and oxidative stability of breast meat from broiler chickens supplemented with *Moringa oleifera* leaf meal over a period of refrigeration[J]. Food Chemistry, 2014, 142: 255-261.
- [19] ILCE G M M, CARLO B, BARBOSA V C. Effects of high pressure processing on lipid oxidation: a review[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2014, 22(4): 1-10.
- [20] BOLGER Z, BRUNTON N P, LYNG J G, et al. Quality attributes and retention of vitamin E in reduced salt chicken sausages fortified with vitamin E[J]. Journal of Food

- Science and Technology, 2016, 53(11):3948–3959.
- [21] MUNEKATA P E S, CALOMENI A V, RODRIGUES C E C, et al. Peanut skin extract reduces lipid oxidation in cooked chicken patties[J]. Poultry Science, 2015, 94(3):442–426.
- [22] CHAMORRO S, VIVEROS A, REBOLE A, et al. Influence of dietary enzyme addition on polyphenol utilization and meat lipid oxidation of chicks fed grape pomace[J]. Food Research International, 2015, 73:197–203.
- [23] WEI X, WANG C, ZHANG C, et al. A combination of quantitative marinating and Maillard reaction to enhance volatile flavor in Chinese marinated chicken[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2017, 97(3):823–831.
- [24] LIU J, LIU M, HE C, et al. Effect of thermal treatment on the flavor generation from Maillard reaction of xylose and chicken peptide[J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 64(1):316–325.
- [25] TSAI M C, HUANG T L. Treatment optimisation and sample preparation for the evaluation of lipid oxidation in various meats through TBARS assays before analysis[J]. Food Analytical Methods, 2017, 10(6):1870–1880.
- [26] FERNANDEZ J, ALVAREZ P A, LOPEZ A F. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat[J]. Food Chemistry, 1997, 59(3):345–353.
- [27] GROTTA L, CASTELLANI F, PALAZZO F, et al. Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) is a state biomarker of oxidative stress in bipolar patients in a manic phase[J]. Journal of Affective Disorders, 2015, 173(1):22–26.
- [28] PAPANDREOU C, SCHIZA S E, TZATZARAKIS M N, et al. Effect of mediterranean diet on lipid peroxidation marker TBARS in obese patients with OSAHS under CPAP treatment: a randomised trial[J]. Sleep and Breathing, 2012, 16(3):873–879.
- [29] GRADY M N O, MONAHAN F J, BURKE R M, et al. The effect of oxygen level and exogenous  $\alpha$ -tocopherol on the oxidative stability of minced beef in modified atmosphere packs[J]. Meat Science, 2000, 55(1):39–45.
- [30] WONG J W, HASHIMOTO K, SHIBAMOTO T. Antioxidant activities of rosemary and sage extracts and vitamin E in a model meat system[J]. Tohoku Journal of Agricultural Research, 1995, 43(10):2707–2012.

## Effect of Process on Lipid Oxidation of Chicken Crisp Floss

DU Mingrui<sup>1</sup>, YANG Peizhou<sup>1,\*</sup>, CHENG Jieshun<sup>1</sup>, BAI Lin<sup>1</sup>, CAO Lili<sup>1</sup>,  
JIANG Shaotong<sup>1</sup>, SHAN Haodong<sup>2</sup>

(1. School of Food Science and Engineering/Anhui Key Laboratory of Intensive Processing of Agricultural Products, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China; 2. Anhui Haodong Food Company, Hefei 231533, China)

**Abstract:** To study the effect of processing technologies on lipid oxidation of chicken crisp floss, effects of cooking time, cooking temperature, and frying time on 2-thiobarbituric acid reactive substrates were investigated, and effects of frying technologies on comprehensive scores and lipid oxidation of chicken crisp floss were also analyzed. The results showed frying time significantly affected lipid oxidation, while the initial cooking time did not have significant impact on lipid oxidation. In addition, the sequences of factors influencing the comprehensive evaluation score were frying time, initial cooking time, and cooking temperature. The optimal conditions were initial cooking time 50 min, re-cooking time 10 min, cooking temperature 90 °C, and frying time 20 min, and the final content of 2-thiobarbituric acid reactive substrates was 2.26 mg/kg. Furthermore, the trend of the comprehensive score was not entirely consistent to the 2-thiobarbituric acid reactive substrates value. The technologies during the processing of chicken crisp floss affected the fat oxidation and product quality.

**Keywords:** chicken crisp floss; meat floss; lipid oxidation; 2-thiobarbituric acid reactive substances; technological optimization

(责任编辑:李 宁)