

糖添加量对广式腊肠脂质氧化稳定性及感官品质的影响研究

刘瑜彬¹, 葛亚中¹, 孙为正²

(1. 无限极(中国)有限公司, 广东广州 510665) (2. 华南理工大学食品科学与工程学院, 广东广州 510640)

摘要: 研究了不同糖添加量(3%、6%、9%、12%, *m/m*)对广式腊肠脂质水解酶活、脂质氧化稳定性及产品感官品质的影响规律。结果表明中性脂肪酶、酸性脂肪酶和磷脂酶活力在加工过程中呈下降趋势($p < 0.05$)。中性脂肪酶活力高于酸性脂肪酶和磷脂酶活力。糖添加量显著影响三种脂肪酶活力在加工过程中的变化, 高糖添加组的三种脂肪酶活力略高于低糖添加组; 糖添加量为3%时, 烘烤结束后中性脂肪酶、酸性脂肪酶和磷脂酶活力分别下降77%、81%和96%, 而添加量为12%时, 其分别下降67%、65%和78%。烘烤结束后低糖添加组的过氧化值、羰基值和己醛含量较高, 表明糖添加量的降低导致脂质氧化的加剧。感官分析表明糖添加量的降低致使咸味更加突出且出现一定的脂质哈败味, 降低了广式腊肠产品的接受度。

关键词: 广式腊肠; 糖含量; 脂质水解酶活; 氧化稳定性; 感官品质

文章篇号: 1673-9078(2018)04-215-220

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.04.032

Effects of Sugar Addition on the Lipid Oxidation Stability and Sensory Quality of Cantonese Sausage

LIU Yu-bin¹, GE Ya-zhong¹, SUN Wei-zheng²

(1. Infinitus (China) Co. Limited, Guangzhou 510665, China)

(2. School of Food Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Effects of different sugar dosages on the lipid hydrolase activity, lipid oxidation and sensory quality of Cantonese sausage was evaluated. The results showed that neutral lipase, acid lipase and phospholipase activities significantly decreased during the whole processing ($p < 0.05$). Neutral lipase activity was higher than those of acid lipase and phospholipase. The amount of sugar addition significantly affected the changes of the three lipase activity during processing. The three lipase activities in the high-sugar addition group were slightly higher than those in the low-sugar addition group. When the sugar addition amount was 3%, neutral lipase, acid lipase and phospholipase activities after baking were reduced by 77%, 81% and 96%, respectively. When the sugar addition amount was 12%, activities of neutral lipase, acid lipase and phospholipase were reduced by 67%, 65% and 78%, respectively. After the baking, the peroxide value, carbonyl value and hexanal content of the low-sugar addition group were higher, indicating that the reduction of the sugar addition leads to the increase of lipid oxidation. Sensory analysis showed that the reduction in sugar content caused more salinity and a more intense rancidity flavor which could affect the overall acceptability of Cantonese sausage products.

Key words: Cantonese sausage; sugar content; lipid hydrolase activity; oxidative stability; sensory quality

广式腊肠是粤式传统腊味肉制品的典型代表, 也是广东省传统特色食品之一。广式腊肠主要以猪肉为原料, 配以辅料, 灌入天然肠衣或人造肠衣再经晾晒或烘烤而成, 其特色是肥膘进行切丁以及辅料白砂糖和曲酒。产品深受广大消费者, 尤其是珠江三角洲和

收稿日期: 2017-12-17

基金项目: 十三五国家重点研发计划(2016YFD0401504); 企业委托项目(HPG/2016/08/1736)

作者简介: 刘瑜彬, 男, 工程师

通讯作者: 孙为正(1983-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 食品科学

东南亚地区的喜爱和欢迎^[1,2]。

广式腊肠辅料白砂糖的添加量约为12~14% (按原料肉计), 经过50℃左右的2~3 d烘烤, 因此广式腊肠在配方和加工工艺方面均有别于其他国家和地区腌腊肉制品。日常膳食中碳水化合物质量与数量作为疾病的重要危险因子已经得到了广泛的认可, 高糖摄入能引起更大的餐后高血糖和高胰岛素水平, 而高血糖和高胰岛素目前都被认为是多种代谢疾病的诱导因素^[3]。广式腊肠的高糖含量逐渐成为消费者放弃选择的因素, 因此, 降低广式腊肠的糖添加量, 开发符合

现代营养健康理念的新式广式腊肠具有重要意义。

白砂糖的添加量对广式腊肠的质量品质具有重要影响, Qiu 等研究发现随着白砂糖添加量对广式腊肠的基本理化指标、加工过程中蛋白质降解及微生物含量均具有重要影响, 高糖添加量可以抑制加工过程中的蛋白质降解和改善产品品质特性, 且具有抑制微生物生长提高产品安全性的作用^[4]。仇超颖等还研究了糖添加量对广式腊肠脂质降解的影响, 表明随着糖添加量的增加可导致游离脂肪酸释放量增大, 其具有促进脂质降解的作用^[5]。

本文通过改变广式腊肠辅料白砂糖添加量, 系统研究其对广式腊肠中引起脂质降解的主要酶类活性变化规律及其氧化稳定性, 探讨糖在广式腊肠质量品质形成中的作用, 为开发低糖广式腊肠相关产品提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 原料及试剂

广式腊肠加工原料及配方如下: 猪后腿肉(猪瘦肉)、背部脂肪(肥肉)、糖、盐、酒、亚硝酸钠, 其中猪瘦肉购自华南理工大学后勤集团, 肥肉购自广州百佳超市。瘦肉用 5 mm 孔径挡板绞碎, 肥肉切成 0.6×0.6×0.6 cm 方丁, 按照 7:3 比例混合, 每 100 kg 肉中加入食盐 3.5 kg, 酒 4 kg, 亚硝酸钠 0.02 kg, 水 20 kg, 其中糖添加量分别为别 3、6、9、12 kg。

选料修正→切膘丁→漂洗→绞肉→拌料→灌肠→扎孔→扎草、束绳→烘焙(50 °C, 3 h; 45 °C, 69 h)→成品整理→包装

7-羟基-4-甲基伞形酮油酸酯(4-methylumbelliferyl-oleate); 4-甲基伞形酮(4-methylumbelliferone)、己醛(Hexanal)购自 Sigma 公司; 磷酸氢二钠、柠檬酸、苯酚、硫酸、盐酸、Tris、EDTA 钠盐、Triton-100、氟化钠、EGTA 及其他常规化学试剂均为分析纯。

1.2 主要仪器与设备

FJ200-S 数显高速分散均质机, 上海昂尼仪器仪表有限公司; UV2100 紫外分光光度计, 尤尼柯有限公司, 上海; AL204 电子天平, 梅特勒-托利多公司, 瑞士; HH-6 数显恒温水浴锅, 江苏省金坛市环宇科学仪器厂; RF-5301 PC 荧光分光光度计, Shimadzu 公司, 日本; PHS-25 型精密 pH 计, 上海仪电科学仪器股份有限公司; GL-21M 冷冻离心机, 湘仪离心机仪器有限公司; 3-18K 型台式高速冷冻离心机, 德国

SIGMA; 气相色谱仪, ThermoFinnigan, San Jose, CA, USA; Trisplus 自动进样器; 四级杆 DSQ II 质谱分析仪; SPME 手动进样手柄, 美国 Supelco 公司; 75 μm CAR/PDMS 固相微萃取装置, 美国 Supelco 公司。

1.3 试验方法

1.3.1 脂质水解酶活测定

1.3.1.1 粗酶提取

采用 Vestergaard 等^[6]的方法, 略加改动^[7]。一定量样品于室温下解冻, 去除肥丁, 剪碎, 精确称取 5.000 g 样品, 加入 25 mL 50 mM 的磷酸缓冲液(pH 为 7.5), 其中含有 5 mM EGTA。在冰水浴中用匀浆机于 20000 转/min 均浆 4×10 s, 之后在冰水浴中匀速搅拌 30 min, 之后于 4 °C, 10000 r/min 离心 20 min, 用玻璃纤维过滤除去上层脂肪, 并用提取缓冲液定容到 25 mL, 此过滤液用于分析酶活, 双缩脲法测定蛋白质含量。

1.3.1.2 酸性脂肪酶和中性脂肪酶活力测定

酸性脂肪酶和中性脂肪酶活力测定利用 Vestergaard 等^[6]和孙为正^[8]的方法。

1.3.1.3 磷脂酶活力测定

磷脂酶活力测定利用 Toldrá 等^[9]和孙为正^[8]的方法。

分别用以上三种酶测定所用缓冲液配制系列浓度的 4-甲基伞形酮溶液作标准曲线, 定义 1 g 酶蛋白或者干物质在 1 h 内产生 1 nmol 的 4-甲基伞形酮为 1 个酶活力单位(U/h·g)。

1.3.2 氧化稳定性测定

1.3.2.1 过氧化值(POV)测定

过氧化值测定: 按 GB/T 5009.44-2003 所述方法提取脂肪, 按 GB/T 5009.37-2003 测定过氧化值。

1.3.2.2 羰基价(TBARS)值的测定

参照 Sun 等人方法进行^[10], 结果以 mg 丙二醛(MDA)/kg 计。

1.3.2.3 己醛(Hexanal)含量测定

己醛提取采用固相微萃取方法。样品 4 °C 解冻, 绞碎; 样品 10 g 于 50 mL 顶空萃取瓶中, 30 °C 水浴下平衡 1 h, 应用 75 μm carboxen/polydimethylsiloxane (CAR/PDMS)固相微萃取头在 60 °C 条件下萃取 30 min 富集挥发性化合物, 以己醛峰面积占总峰面积百分比表示己醛含量。应用 TR-5MS 毛细管柱(30 m×0.2 mm, 0.25 μm, Thermo, USA)进行分离, 气相色谱程序升温条件及质谱条件参照 Sun 等人方法进行^[11]。

1.3.3 感官评价

选 12 名有感官评定经验的人员(6 男 6 女)对广式腊肠的外观(瘦肉的红度、肥丁的黄色、整体外观)、

风味(腌腊风味、腐败味)、质构(硬度、咀嚼性、多汁性)、口感(咸度、甜度、协调性)进行感官评定,试验使用0~10点标尺,0和10分别表示最低和最高。将广式腊肠蒸汽加热15 min,放温,切成0.3 cm厚度的薄片,随机分发给感官评定人员进行感官评价。

1.4 数据分析与处理

所有数据均以 $X \pm SD$ 给出,采用SPSS 11.5 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 统计分析软件进行数据分析。

2 结果与讨论

2.1 酸性脂肪酶和中性脂肪酶

不同糖添加量对广式腊肠加工过程中酸性脂肪酶和中性脂肪酶的活力变化分别如表1和表2所示。酸性脂肪酶在0 h时的活力为0.31~0.37 U/h·g,中性脂肪酶在0 h时的活力为1.69~1.90 U/h·g,均远低于陆瑞琪^[12]报道的金华火腿预腌时结果和徐为民^[13]报道的南京板鸭干腌后的结果。这主要是由于数据表达方式造成的,陆瑞琪和徐为民均用酶活力表达,而本研究中结果采用每克干物质中酶活力进行表达;若经换算后,中性脂肪酶活力与上述研究较为接近,但酸性脂肪酶活力低于上述研究。Hernández等^[14]和Armero

等^[15]研究发现不同品种猪的原料肉,中性脂肪酶没有显著性差异,而酸性脂肪酶随着品种的不同具有一定的差异性,这可能是本实验结果与金华火腿中性脂肪酶活力相差较小而酸性脂肪酶活力与其相比较低的原因。另外,由于金华火腿和南京板鸭未破坏其肌肉组织,而广式腊肠的瘦肉在加工过程中要经过绞碎,也可能是造成上述结果差异的原因。

随着加工时间的延长,不同糖添加量组的酸性脂肪酶和中性脂肪酶均呈现下降趋势($p < 0.05$),糖添加量在3%时,下降率分别达到81%和77%,这与陆瑞琪^[12]和徐为民^[13]的研究结果一致。糖添加量高时酸性脂肪酶活力下降速率减缓,在烘烤6 h后,糖添加量3%的酸性脂肪酶活力显著低于糖添加量12% ($p < 0.05$),表明糖在广式腊肠加工过程中具有保护酶活力的作用。而糖添加量对中性脂肪酶活力的影响较之酸性脂肪酶小,且对量效关系较弱,在烘烤36 h后,糖添加量3%中性脂肪酶活力才显著低于糖添加量12% ($p < 0.05$)。蔗糖是多羟基类化合物,其可以降低蛋白质水化层的厚度,减少酶的分子柔性,增强其稳定性,达到保护酶活力的作用^[15]。

综上所述,糖添加量对中性脂肪酶和酸性脂肪酶活力具有显著影响,糖具有抑制广式腊肠加工过程中脂肪酶活力下降的作用。

表1 不同糖添加量对广式腊肠加工过程中酸性脂肪酶活力的影响

Table 1 Changes in activities of acid lipase (U/g muscle dry matter) during processing of Cantonese sausage with different sugar levels

糖添加量 /%	时间/h					
	0	6	18	36	54	72
12	0.34 ± 0.02 ^{a,u}	0.26 ± 0.01 ^{b,u}	0.20 ± 0.01 ^{c,u}	0.15 ± 0.03 ^{d,u}	0.12 ± 0.01 ^{d,u}	0.12 ± 0.03 ^{d,u}
9	0.35 ± 0.05 ^{a,u}	0.27 ± 0.02 ^{b,u}	0.20 ± 0.01 ^{c,u}	0.10 ± 0.05 ^{d,uv}	0.09 ± 0.01 ^{d,uv}	0.07 ± 0.01 ^{d,v}
6	0.37 ± 0.04 ^{a,u}	0.19 ± 0.02 ^{b,w}	0.16 ± 0.02 ^{bc,v}	0.13 ± 0.02 ^{c,uv}	0.07 ± 0.03 ^{d,v}	0.07 ± 0.03 ^{d,v}
3	0.31 ± 0.01 ^{a,u}	0.23 ± 0.01 ^{b,v}	0.14 ± 0.02 ^{c,v}	0.08 ± 0.01 ^{d,v}	0.06 ± 0.01 ^{d,v}	0.06 ± 0.01 ^{d,v}

注: a~d表示数据在同一行中标注不同角标者具有显著性差异($p < 0.05$), u~w表示数据在同一列中标注不同角标者具有显著性差异($p < 0.05$), 酶活以U/h·g干物质计算。

表2 不同糖添加量对广式腊肠加工过程中中性脂肪酶活力的影响

Table 2 Effects of different sugar additions on the activity of neutral lipase during processing of Cantonese sausage

糖添加量 /%	时间/h					
	0	6	18	36	54	72
12	1.69 ± 0.09 ^{a,v}	1.25 ± 0.05 ^{b,v}	0.83 ± 0.05 ^{c,v}	0.64 ± 0.06 ^{d,u}	0.55 ± 0.01 ^{d,u}	0.56 ± 0.01 ^{d,u}
9	1.79 ± 0.16 ^{a,uv}	1.63 ± 0.14 ^{a,u}	1.05 ± 0.01 ^{b,u}	0.60 ± 0.03 ^{c,uv}	0.49 ± 0.06 ^{d,uv}	0.37 ± 0.05 ^{d,v}
6	1.80 ± 0.01 ^{a,uv}	0.93 ± 0.04 ^{b,w}	0.77 ± 0.04 ^{c,v}	0.42 ± 0.02 ^{d,w}	0.50 ± 0.04 ^{e,uv}	0.43 ± 0.05 ^{e,v}
3	1.90 ± 0.01 ^{a,u}	1.28 ± 0.02 ^{b,v}	0.75 ± 0.05 ^{c,v}	0.54 ± 0.01 ^{d,v}	0.43 ± 0.0u3 ^{e,v}	0.44 ± 0.07 ^{e,v}

注: a~d表示数据在同一行中标注不同角标者具有显著性差异($p < 0.05$), u~w表示数据在同一列中标注不同角标者具有显著性差异($p < 0.05$), 酶活以U/h·g干物质计算。

2.2 磷脂酶

不同糖添加量对广式腊肠加工过程中磷脂酶活力的影响如表3所示,磷脂酶在0 h时酶活力在0.46~0.55之间,与脂肪酶类似,其值显著低于陆瑞琪^[12]报道的金华火腿预腌时结果和徐为民^[13]报道的南京板鸭干腌后的结果。在加工过程中磷脂酶呈现显著下降趋势

($p < 0.05$),糖添加量3%时下降率达到96%。在烘烤前18 h,不同糖添加量对磷脂酶活力没有显著性影响($p > 0.05$),在烘烤36 h后,不同糖添加量显著影响磷脂酶活力($p < 0.05$),糖添加量低时,磷脂酶活力显著降低($p < 0.05$)。上述研究结果表明,糖的添加量对磷脂酶活力具有显著影响,糖具有抑制广式腊肠加工过程中磷脂酶活力下降的作用。

表3 不同糖添加量对广式腊肠加工过程中磷脂酶活力的影响

Table 3 Effects of different sugar additions on the activity of phospholipase during processing of Cantonese sausage

糖添加量 /%	时间/h					
	0	6	18	36	54	72
12	0.46 ± 0.04 ^{a,u}	0.32 ± 0.03 ^{b,uv}	0.17 ± 0.01 ^{c,u}	0.11 ± 0.02 ^{d,u}	0.08 ± 0.01 ^{d,u}	0.10 ± 0.01 ^{d,u}
9	0.47 ± 0.05 ^{a,u}	0.38 ± 0.04 ^{b,v}	0.21 ± 0.05 ^{c,u}	0.08 ± 0.02 ^{d,uv}	0.05 ± 0.01 ^{d,vw}	0.04 ± 0.01 ^{d,vw}
6	0.50 ± 0.02 ^{c,u}	0.29 ± 0.06 ^{c,u}	0.20 ± 0.03 ^{c,u}	0.06 ± 0.02 ^{bc,uv}	0.06 ± 0.01 ^{b,v}	0.07 ± 0.03 ^{b,uv}
3	0.55 ± 0.10 ^{a,u}	0.34 ± 0.04 ^{b,uv}	0.19 ± 0.03 ^{c,u}	0.08 ± 0.01 ^{d,v}	0.03 ± 0.02 ^{d,w}	0.02 ± 0.01 ^{d,w}

注: a-d 表示数据在同一行中标注不同角标者具有显著性差异 ($p < 0.05$), u-w 表示数据在同一列中标注不同角标者具有显著性差异 ($p < 0.05$), 酶活以 U/h·g 干物质计算。

上述三种脂质水解酶在广式腊肠烘烤后仍具有一定活力,仍具有水解甘油酯和磷脂释放游离脂肪酸的能力,这也是广式腊肠在贮藏过程中酸价仍不断上升的主要原因之一。

2.3 氧化稳定性

不同糖添加量对广式腊肠脂质氧化稳定性的影响如表4所示。过氧化值表示脂质氧化初级产物氢过氧化物的含量,由表4可知,不同糖添加量在加工结束后具有不同的过氧化值,糖添加量为12%显著低于其他糖添加量 ($p < 0.05$); 本研究中,6%和3%糖添加量具有最高的过氧化值,且两组没有显著性差异 ($p > 0.05$)。

TBARS 值的高低代表脂质二级氧化产物即最终生成物的含量,由表4可知糖添加量显著影响广式腊肠加工后的 TBARS 值 ($p < 0.05$),糖添加量越低, TBARS 值越高; 在糖添加量为12%时 TBARS 值为

1.19 mg/kg,而当糖添加量为3%时, TBARS 值上升至 2.77 mg/kg,升高 1.33 倍。

己醛是脂质氧化的典型代表,常用来表征肉及肉制品中脂质的氧化稳定性。由表4可知,其相对含量变化与 TBARS 值类似,糖添加量越低, TBARS 值越高 ($p < 0.05$); 在糖添加量为12%时己醛相对含量为0.56%,而当糖添加量为3%时,己醛相对含量上升至 2.71%,升高 3.84 倍。

上述结果表明糖具有抑制脂质氧化的作用。前序研究中作者发现糖添加量对脂质降解具有显著影响,糖添加量越高,脂质水解越剧烈,释放出更多游离脂肪酸。由于游离脂肪酸比甘油酯和磷脂更易氧化, Coutron-Gambotti 和 Gandemer 认为脂质降解与脂质氧化显著相关^[16]。Ruiz 等研究发现脂质降解与脂质氧化并没有显著相关。游离脂肪酸缺乏流动性以及广式腊肠中含有一定量的乙醇(酯化反应)是造成游离脂肪酸含量高,但其脂质氧化程度反而低的原因^[17]。

表4 不同糖添加量对广式腊肠脂质氧化稳定性的影响

Table 4 Effects of different sugar additions on the lipid oxidation stability of Cantonese sausage

指标	糖添加量/%			
	12	9	6	3
过氧化值/(g/100 g 脂肪)	0.13 ± 0.02 ^a	0.25 ± 0.01 ^b	0.33 ± 0.04 ^c	0.37 ± 0.02 ^c
TBARS/(mg/kg)	1.19 ± 0.09 ^a	1.54 ± 0.06 ^b	2.15 ± 0.13 ^c	2.77 ± 0.20 ^d
己醛含量/%	0.56 ± 0.07 ^a	0.36 ± 0.09 ^a	1.03 ± 0.14 ^b	2.71 ± 0.19 ^c

注: 数据在同一行中标注不同角标者具有显著性差异 ($p < 0.05$)。

2.4 感官评价

不同糖添加量对广式腊肠感官品质的影响如表5

所示。由表5可知,随加糖添加量的降低,广式腊肠脂肪黄度值增大 ($p < 0.05$),瘦肉红度值降低 ($p < 0.05$),在糖添加量为12%时广式腊肠整体外观评分较高,结

果表明糖添加量降低至6%和3%后广式腊肠脂肪氧化加剧,因此影响了整体外观。对于口感指标而言,糖添加量越高,产品甜度越高 ($p<0.05$),咸度值越低 ($p<0.05$),表明合适的糖盐比例对良好的口感形成很重要;糖添加量降低使咸度值显著增强 ($p<0.05$),同

时产品口感协调性显著下降 ($p<0.05$)。对于质构指标而言,随着糖添加量的降低,产品硬度逐渐升高 ($p<0.05$),咀嚼性也逐渐升高但无显著性差异 ($p>0.05$)。

表5 不同糖添加量对广式腊肠感官品质的影响

Table 5 Effects of different sugar additions on the sensory quality of Cantonese sausage

感官品质	糖含量/%			
	12	9	6	3
外观				
瘦肉红度	7.50 ± 0.66 ^a	7.53 ± 0.64 ^a	5.10 ± 0.75 ^b	3.67 ± 0.45 ^c
脂肪黄度	2.80 ± 0.28 ^a	3.67 ± 0.57 ^{ab}	5.20 ± 0.99 ^{bc}	6.00 ± 1.27 ^c
整体外观	7.93 ± 0.95 ^a	7.27 ± 1.39 ^a	5.27 ± 1.57 ^b	3.33 ± 1.01 ^c
口感				
甜度	7.63 ± 0.86 ^c	6.35 ± 0.57 ^b	3.13 ± 1.08 ^a	2.36 ± 1.00 ^a
咸度	3.52 ± 0.57 ^a	5.40 ± 0.41 ^b	6.25 ± 1.32 ^{bc}	6.92 ± 0.37 ^c
协调性	7.78 ± 0.71 ^a	7.66 ± 0.63 ^a	4.08 ± 0.44 ^b	2.60 ± 0.56 ^c
风味				
腌腊风味	5.52 ± 1.28 ^a	4.33 ± 0.68 ^a	5.12 ± 0.20 ^a	4.80 ± 1.08 ^a
腐败味	1.43 ± 0.81 ^a	1.87 ± 0.50 ^{ab}	2.87 ± 0.49 ^{bc}	3.17 ± 0.40 ^c
质构				
硬度	5.94 ± 1.06 ^a	5.70 ± 0.17 ^a	6.98 ± 0.60 ^{ab}	7.80 ± 0.96 ^b
咀嚼性	4.96 ± 0.83 ^a	5.64 ± 0.55 ^a	6.82 ± 0.61 ^a	6.62 ± 1.25 ^a
多汁性	5.67 ± 0.81 ^a	5.73 ± 1.90 ^a	4.63 ± 0.93 ^a	4.13 ± 0.86 ^a

注:数据在同一行中标注不同角标者具有显著性差异 ($p<0.05$)。

3 结论

中性脂肪酶、酸性脂肪酶和磷脂酶活力在广式腊肠加工过程中均保持一定的活力但呈下降趋势,白砂糖的添加量对其活力具有显著影响,糖具有抑制广式腊肠加工过程中脂肪酶和磷脂酶活力下降的作用。低糖添加量显著影响广式腊肠的脂质氧化,其过氧化值、羰基值和己醛含量显著高于高糖添加组。感官分析表明低糖组可显著提高咸味感并有一定的不协调感,降低了产品感官接受度。

参考文献

- [1] Sun W, Zhao M, Zhao H, et al. Effect of manufacturing level on the biochemical characteristics of Cantonese sausage during processing [J]. Journal of Food Biochemistry, 2011, 35(4): 1015-1033
- [2] 朱定和,朱凌,肖仔君,等.广式腊肠的营养成分分析[J].现代食品科技,2014,30(1):160-164
ZHU Ding-he, ZHU Ling, XIAO Zi-jun, et al. Analysis of nutrition compositions of cantonese sausage [J]. Modern Food Science and Technology, 2014, 30(1): 160-164
- [3] Malik V S, Schulze M B, Hu F B. Intake of sugar-sweetened beverages and weight gain: a systematic review [J]. Am. J. Clin. Nutr., 2006, 84(2): 274-288
- [4] Qiu C, Sun W, Cui C, et al. Effect of sugar level on physicochemical, biochemical characteristics and proteolysis properties of cantonese sausage during processing [J]. Journal of Food Quality, 2012, 35(1): 34-42
- [5] 仇超颖,苏国万,崔春,等.糖添加量对广式腊肠脂质降解的影响[J].现代食品科技,2015,11:271-276
QIU Chao-ying, SU Guo-wan, CUI Chun, et al. Effect of sugar addition on lipolysis of cantonese-style sausage [J]. Modern Food Science and Technology, 2015, 11: 271-276
- [6] Vestergaard C S, Schivazappa C, Virgili R. Lipolysis in dry-cured ham maturation [J]. Meat Science, 2000, 55(1): 1-5
- [7] 郇延军.金华火腿加工过程中脂类物质及风味成分变化的研究[D].南京:南京农业大学,2005
HUAN Yan-jun. Studing on the changes of lipid and flavour compounds during the processing of Jinhua ham [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2005

- [8] 孙为正.广式腊肠加工过程中脂质水解、蛋白质降解及风味成分变化研究[D].广州:华南理工大学,2011
SUN Wei-zheng. Studies on lipolysis, protelysis and flavor compounds during processing of Cantonese sausage [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2011
- [9] Toldrá F, Flores M, Aristoy M C, et al. Pattern of muscle proteolytic and lipolytic enzymes from light and heavy pigs [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1996, 71(1): 124-128
- [10] Sun W, Zhao H, Zhao Q, et al. Structural characteristics of peptides extracted from Cantonese sausage during drying and their antioxidant activities [J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2009, 10(4): 558-563
- [11] Sun W, Zhao Q, Zhao H, et al. Volatile compounds of Cantonese sausage released at different stages of processing and storage [J]. *Food Chemistry*, 2010, 121(2): 319-325
- [12] 陆瑞琪, 郇延军, 孙敬, 等. 金华火腿现代化生产过程中脂质及内源酶的变化特点[J]. *食品与机械*, 2008, 24(3): 17-21
LU Rui-qi, HUAN Yan-jun, SUN Jing, et al. Changing characteristic of lipid, lipase and phospholipase during processing of modern dry-cured Jinhua ham [J]. *Food and Machinery*, 2008, 24(3): 17-21
- [13] 徐为民.南京板鸭加工过程中脂类物质及挥发性风味成分变化研究[D].南京:南京农业大学,2008
XU Wei-min. Studing on the changes of lipid and flavour compounds during the processing of Nanjing dry-cured duck [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2008
- [14] Hernández P, Zomeno L, Ariño B, et al. Antioxidant, lipolytic and proteolytic enzyme activities in pork meat from different genotypes [J]. *Meat Science*, 2004, 66: 525-529
- [15] Armero E, Barbosa J-A, Toldra F, et al. Effects of the terminal sire type and sex on pork muscle cathepsins (B, B+L and H), cysteine proteinase inhibitors and lipolytic enzyme activities [J]. *Meat Science*, 1999, 51(2): 185-189
- [16] Coutron-Gambotti C, Gandemer G. Lipolysis and oxidation in subcutaneous adipose tissue during dry-cured ham processing [J]. *Food Chemistry*, 1999, 64(1): 95-101
- [17] Ruiz J, Ventanas J, Cava R, et al. Volatile compounds of dry-cured Iberian ham as affected by the length of the curing process [J]. *Meat Science*, 1999, 52(1): 19