



引用格式:胡永金,丁晓倩,谷大海,等. 酸味剂对油炸牛干巴中丙烯酰胺含量及其他指标的影响[J]. 轻工学报,2016,31(4):55-59.

中图分类号:TS251.5⁺2 文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.2096-1553.2016.4.008

文章编号:2096-1553(2016)04-0055-05

酸味剂对油炸牛干巴中丙烯酰胺含量及其他指标的影响

Influence of the acidulants on the acrylamide and other indicators in fried cured beef

胡永金¹,丁晓倩¹,谷大海^{1,2},普岳红^{1,2},葛长荣^{1,2}

HU Yong-jin¹,DING Xiao-qian¹,GU Da-hai^{1,2},PU Yue-hong^{1,2},GE Chang-rong^{1,2}

1. 云南农业大学 食品科学技术学院,云南 昆明 650201;

2. 云南省畜产品加工工程技术研究中心,云南 昆明 650201

1. College of Food Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

2. Research Center of Livestock Product Processing and Engineering Technology of Yunnan Province, Kunming 650201, China

摘要:研究了柠檬酸、富马酸、酒石酸、琥珀酸4种酸味剂及不同浓度酒石酸溶液浸泡处理对油炸牛干巴中丙烯酰胺含量及其他指标的影响。结果表明,富马酸、酒石酸、琥珀酸均显著降低了牛干巴中丙烯酰胺的含量,其中酒石酸溶液对丙烯酰胺抑制率达到最大,为92.0%;随酒石酸溶液浓度的增加,牛干巴中丙烯酰胺的抑制率下降,酒石酸溶液浓度为0.25 wt%时,丙烯酰胺抑制率最高,达92.5%;牛干巴的水分、还原糖、游离氨基酸、蛋白质含量,也因酸味剂种类的不同及酒石酸溶液浓度的改变而存在显著差异($P < 0.05$)。在油炸牛干巴的生产过程中可以用0.25 wt%浓度的酒石酸溶液浸泡的方法来抑制丙烯酰胺的生成。

关键词:
油炸牛干巴;酸味剂;
丙烯酰胺

Key words:
fried cured beef; acidu-
lants; acrylamide

收稿日期:2016-01-05

基金项目:云南省高端科技人才引进项目(2012HA009)

作者简介:胡永金(1972—),男,云南省永胜县人,云南农业大学教授,博士,主要研究方向为功能性食品与生物技术。

Abstract: The inhibition of the different kinds of acidulants, such as citric acid, fumaric acid, tartaric acid and succinic acid, and the different concentrations of tartaric acid on the acrylamide of soaking cured beef were studied. The results showed that the fumaric acid, tartaric acid and succinic acid, all of them had significantly effects of reducing the acrylamide contents on cured beef, tartaric acid solution could inhibit 92.0% of the formed acrylamide. With the increase of tartaric acid solution, the inhibition rate of acrylamide in fried cured beef decreased. When tartaric acid solution concentration was 0.25 wt%, the inhibition rate of acrylamide was the highest and reached 92.5%. With the changes of the types and concentrations of acidulants, the moisture content, reducing sugar content, free amino acids and protein content of cured beef had significant differences ($P < 0.05$). In the actual production process could be soaked into 0.25 wt% concentration of tartaric acid solution to inhibit formation of acrylamide before frying.

0 引言

2002年4月,瑞典国家食品管理局发现,许多含淀粉的食品经高温烹调后会产生丙烯酰胺^[1]。随后,英国、美国、挪威等国家开展对食品中丙烯酰胺含量的研究,得到的结果均与瑞典研究人员的发现相接近^[2]。相关动物实验和体外细胞实验证明,丙烯酰胺具有神经毒性、生殖毒性和遗传毒性^[3-5],已经被WHO国际癌症研究中心(IRAC)列为可能致癌物质(IIA类)^[6]。

食品中丙烯酰胺的形成机理比较复杂,国内外很多学者对抑制丙烯酰胺的手段进行了研究。M. Y. Jung等^[7]的研究结果表明,经柠檬酸处理过的薯条油炸后丙烯酰胺含量明显下降。F. Mestdagh等^[8]对土豆粉模拟食品体系中丙烯酰胺含量的研究发现,柠檬酸对丙烯酰胺的抑制率达到78%。这些研究结果都表明柠檬酸对高淀粉含量食品中的丙烯酰胺有一定的抑制作用,而关于其对肉制品加工过程中丙烯酰胺的抑制效果之报道却甚少。

牛干巴是一种以黄牛后腿肉为原料,通过添加各种辅料,经腌制、晾晒、挤压、风干等加工工艺而制作的腊肉制品^[9]。牛干巴经油炸后酥脆可口、香气扑鼻,深受大众青睐,但在油炸过程中产生的丙烯酰胺对人体健康造成的影响却不容忽视。

本文拟研究酸味剂的种类和不同浓度对油

炸牛干巴中丙烯酰胺含量及其他指标的影响,以期为进一步研究抑制油炸牛干巴中丙烯酰胺含量提供参考依据。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与amp;仪器

主要材料:牛干巴,采购于云南省昆明市农贸市场;香满园大豆油,采购于云南省昆明市沃尔玛超市。

主要试剂:甲醇(色谱纯),天津风船公司产;正己烷(色谱纯),丙烯酰胺标准品(纯度 > 95%),铁氰化钾和硫酸锌(均为分析纯),国药集团公司产。

Carrez试剂I:称取15g亚铁氰化钾溶于100mL水中;Carrez试剂II:称取30g硫酸锌溶于100mL水中。

主要仪器:D-160型手持式均质机,郑州南北仪器设备有限公司产;TGL-16C型高速台式离心机,上海安亭科学仪器厂产;ASE-12型固相萃取装置,天津奥特赛恩斯仪器有限公司产;HH-1型恒温油浴锅,常州澳华仪器有限公司产;micrOTOF-QII型高分辨质谱仪(配电喷雾离子源),德国Bruker公司产;NanoLC型液相色谱仪,美国安捷伦公司产;DCY-12S氮吹仪,美国Organomation公司产;VGT-2327HTD高频数控超声波清洗器,德国IKA公司产;FA1004B电子天平,瑞士Mettler公

司产;Multifuge 1 L 台式离心机,美国 Thermo Fisher 公司产;Milli-Q 超纯水机,美国 Millipore 公司产;5~200 μL 移液枪,100~1 000 μL 移液枪,瑞士 Socorex 公司产;Biochrom 30+氨基酸自动分析仪,英国Biochrom 产。

1.2 牛干巴样品的制备

1.2.1 牛干巴浸泡处理 将牛干巴切成 5 cm×4 cm×0.5 cm 的块状,选取 200 g 分别浸泡于下列溶液中 2 h: 1)0.3 wt% 柠檬酸溶液、0.3 wt% 富马酸溶液、0.3 wt% 酒石酸溶液、0.3 wt% 琥珀酸溶液; 2)0.25 wt% ,0.50 wt% ,0.75 wt% ,1.00 wt% 酒石酸溶液。

1.2.2 油炸牛干巴的制备 将浸泡后的牛干巴在室温下放置 1 h,沥干水分后,置于 170 $^{\circ}\text{C}$ 大豆油中油炸 4 min,油炸后的牛干巴采用粉碎机绞碎后装袋,于 4 $^{\circ}\text{C}$ 冰箱保存备用。

1.3 丙烯酰胺含量的测定

1.3.1 牛干巴样品处理 称取粉碎后样品 2.000 0 g 置于 30 mL 离心管中,加入 10 mL 甲醇溶液均质 3 min,取上清液离心 10 min(转速 15 000 r/min),取上清液 5 mL 加入 Carrez I , II 各 100 μL 离心 5 min(转速 15 000 r/min),取 2.5 mL 上清液加入 7.5 mL 正己烷除油,移去正己烷,40 $^{\circ}\text{C}$ 水浴氮吹干,加入 1 mL 蒸馏水振荡 2 min,将样液倒入活化后的 HLB 小柱(加入 1 mL 甲醇及 1 mL 蒸馏水活化),舍去前 5 滴样液后收集,将样液过 0.45 μm 水系滤膜收集备用。

1.3.2 HPLC-MS/MS 检测丙烯酰胺条件

处理后的待测样液经高效液相色谱仪进行丙烯酰胺的测定.检测方式选择反应监测 EIC;扫描宽度 0.002 m/z ;扫描时间 0.500 s;扫描事件数 1;峰宽 Q1:0.70 FWHM;进样方式:部分体积;其他质谱参数见表 1 和表 2。

1.4 牛干巴水分含量测定

牛干巴水分含量参照食品安全国家标准 GB 5009.3—2010《食品中水分的测定》进行测定。

1.5 牛干巴还原糖含量测定

牛干巴还原糖含量参照食品安全国家标准 GB/T 5009.7—2008《食品中还原糖的测定》进行测定。

1.6 牛干巴游离氨基酸总量的测定

牛干巴游离氨基酸总量按照食品安全国家标准 GB/T 5009.124—2003《食品中氨基酸的测定》采用氨基酸自动分析仪进行测定。

1.7 牛干巴蛋白质含量测定

牛干巴蛋白质含量参照食品安全国家标准 GB 5009.5—2010《食品中蛋白质的测定》进行测定。

1.8 统计分析

每个处理重复 3 次,数据统计分析均采用 SPSS 11.0 统计软件.采用单因素方差分析 ANOVA(analysis of variance),Tukey's 多重比较参数分析方法处理数据。

表 1 HPLC-MS/MS 检测丙烯酰胺条件中相关质谱参数

Table 1 Relevant MS parameters in the condition of HPLC-MS/MS testing acrylamide

扫描模式	喷雾电压/V	鞘气电压 N_2 /bar	辅助气 N_2 流量/($\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$)	碰撞气 Ar 压强/bar	毛细管温度/ $^{\circ}\text{C}$	离子源温度/ $^{\circ}\text{C}$
ESI+	4 500	0.4	4	8	180	室温

表 2 分析物质谱分析参数

Table 2 MS analysis parameters

中文名称	英文名称	扫描模式	母离子 m/z	定量离子 m/z	碰撞能量/eV
丙烯酰胺	Acrylamide	ESI+	72.05	55.04	10

2 结果与分析

2.1 酸味剂种类对油炸牛干巴中丙烯酰胺含量的影响

将牛干巴分别经过相同浓度柠檬酸溶液、富马酸溶液、酒石酸溶液、琥珀酸溶液浸泡后油炸处理,测定牛干巴中丙烯酰胺含量,结果见表3.由表3可见,4种酸味剂对浸泡后油炸牛干巴中丙烯酰胺的生成均具有抑制作用,且差异显著.抑制效果为:酒石酸 > 富马酸 > 琥珀酸 > 柠檬酸,酒石酸溶液浸泡对油炸牛干巴丙烯酰胺抑制率可达92.0%.

表3 不同种类酸味剂对油炸牛干巴中丙烯酰胺含量的影响

Table 3 Effects of different types of acidulants on acrylamide in fried cured beef

处理组	丙烯酰胺含量/ $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	抑制率/%
空白组 CK	150.42 ± 0.68 ^a	—
柠檬酸溶液	57.47 ± 1.15 ^b	61.8
富马酸溶液	12.85 ± 0.01 ^d	91.5
酒石酸溶液	11.97 ± 0.01 ^d	92.0
琥珀酸溶液	20.60 ± 0.02 ^c	86.3

注:“—”表示无抑制作用;同一列中不同字母为差异显著($P < 0.05$),下同.

2.2 酸味剂种类对油炸牛干巴中其他理化指标的影响

不同种类的酸味剂浸泡对油炸牛干巴水分、还原糖、游离氨基酸、蛋白质含量的影响结果见表4.由表4可知,琥珀酸溶液浸泡后油炸牛干巴中水分含量最高,为(41.40 ± 0.26)%;琥珀酸浸泡后油炸牛干巴中还原糖含量最低,其余各组还原糖含量不存在显著差异;不同种类酸味剂浸泡后油炸牛干巴中游离氨基酸含量均明显下降,且各组之间存在显著差异;酸味剂浸泡后油炸牛干巴蛋白质含量有少许下降,其中酒石酸浸泡的牛干巴,其蛋白质含量最低,为(20.07 ± 0.16)%.

通过比较相同浓度的柠檬酸、富马酸、酒石酸、琥珀酸溶液浸泡后油炸牛干巴中丙烯酰胺

表4 不同种类酸味剂对油炸牛干巴中其他理化指标的影响

Table 4 Effects of different types of acidulants on the other physical-chemical indicators of the fried cured beef

处理组	水分含量/%	还原糖含量/%
空白组 CK	29.63 ± 0.47 ^e	0.83 ± 0.01 ^a
柠檬酸溶液	33.73 ± 0.40 ^e	0.25 ± 0.04 ^b
富马酸溶液	37.03 ± 0.15 ^b	0.25 ± 0.02 ^b
酒石酸溶液	31.77 ± 0.25 ^d	0.26 ± 0.01 ^b
琥珀酸溶液	41.40 ± 0.26 ^a	0.19 ± 0.09 ^c

处理组	游离氨基酸含量/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	蛋白质含量/%
空白组 CK	1127.48 ± 2.14 ^a	23.54 ± 0.23 ^a
柠檬酸溶液	727.03 ± 2.97 ^c	21.46 ± 0.29 ^b
富马酸溶液	787.20 ± 5.12 ^b	21.06 ± 0.18 ^c
酒石酸溶液	672.87 ± 2.24 ^d	20.07 ± 0.16 ^c
琥珀酸溶液	584.97 ± 2.21 ^c	20.56 ± 0.14 ^d

含量及其他指标可发现,酒石酸浸泡后的牛干巴中丙烯酰胺含量最低,且对其他指标影响较小.因此,接下来进一步研究酒石酸溶液浓度对牛干巴中丙烯酰胺及其他指标的影响.

2.3 酒石酸溶液浓度对油炸牛干巴中丙烯酰胺含量的影响

酒石酸溶液浓度对牛干巴中丙烯酰胺含量影响结果见表5.由表5可知,随着酒石酸溶液浓度的增大,牛干巴中丙烯酰胺含量呈现增加的趋势,对丙烯酰胺的抑制率也随之降低,各组之间丙烯酰胺含量具有显著差异.当酒石酸溶液的浓度达到1.00 wt%时,丙烯酰胺抑制率仅为68.0%;当酒石酸溶液的浓度为0.25 wt%时,

表5 酒石酸溶液浓度对油炸牛干巴中丙烯酰胺含量的影响

Table 5 Effects of the concentration of tartaric acid solution on acrylamide of the fried cured beef

酒石酸溶液浓度/wt %	丙烯酰胺含量/($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	抑制率/%
0.00	45.49 ± 0.02 ^b	69.8
0.25	11.27 ± 0.01 ^e	92.5
0.50	29.07 ± 0.01 ^d	80.7
0.75	33.03 ± 0.02 ^c	78.0
1.00	48.13 ± 0.01 ^a	68.0

丙烯酰胺抑制率最大,为92.5%,能有效地抑制油炸牛干巴中丙烯酰胺的生成。

2.4 酒石酸溶液浓度对油炸牛干巴中其他理化指标的影响

酒石酸溶液浓度对油炸牛干巴水分、还原糖、游离氨基酸、蛋白质含量的影响结果见表6。由表6可知,不同浓度酒石酸溶液浸泡后,油炸牛干巴的水分含量具有显著差异,1.00 wt%酒石酸溶液浸泡后油炸牛干巴的水分含量最高,为 $(36.27 \pm 0.33)\%$;0.25 wt%酒石酸溶液浸泡后牛干巴还原糖含量最低,为 $(0.36 \pm 0.01)\%$;不同浓度酒石酸溶液浸泡后油炸牛干巴中游离氨基酸含量均有明显的下降,且各组之间具有显著差异;当酒石酸溶液浓度达到1.00 wt%时,牛干巴中蛋白质的含量最低,为 $(32.28 \pm 0.14)\%$ 。

表6 酒石酸溶液浓度对油炸牛干巴其他理化指标的影响

Table 6 Effects of the concentration of tartaric acid solution on other physical-chemical indicators of the fried cured beef

酒石酸溶液浓度/wt %	水分含量/%	还原糖含量/%
0.00	33.53 ± 0.31^b	0.45 ± 0.01^a
0.25	22.73 ± 0.29^c	0.36 ± 0.01^c
0.50	31.63 ± 1.18^c	0.43 ± 0.02^a
0.75	29.97 ± 0.32^d	0.39 ± 0.02^b
1.00	36.27 ± 0.33^a	0.44 ± 0.02^a
酒石酸溶液浓度/wt %	游离氨基酸含量/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	蛋白质含量/%
0.00	1012.67 ± 1.01^a	34.32 ± 0.13^c
0.25	642.50 ± 1.50^c	39.35 ± 0.25^a
0.50	814.00 ± 1.61^c	35.32 ± 0.24^b
0.75	647.73 ± 2.05^d	35.03 ± 0.13^b
1.00	857.27 ± 0.90^b	32.28 ± 0.14^d

3 结论

采用不同种类酸味剂浸泡处理油炸牛干巴发现,酸味剂对牛干巴中丙烯酰胺可产生明显的抑制作用,酒石酸溶液对丙烯酰胺的抑制率最高,达到92.0%;随酒石酸溶液浓度的增加,牛干巴中丙烯酰胺的抑制率下降,酒石酸溶液

浓度为0.25 wt%时,丙烯酰胺抑制率最高,达92.5%。牛干巴其他指标在不同处理条件下具有显著差异($P < 0.05$)。因此,在牛干巴实际加工过程中,可以选择0.25 wt%酒石酸溶液作为丙烯酰胺的抑制剂,降低丙烯酰胺的暴露水平,以减少对人体的伤害。

参考文献:

- [1] AHN J S, CASTEL L, CLARKE D B, et al. Verification of the findings of acrylamide in heated foods [J]. Food Addit Contam, 2002, 19: 1116.
- [2] KERAMAT J, LEBAIL A, PROST C, et al. Acrylamide in foods: chemistry and analysis. A review [J]. Food and Bioprocess Technology, 2011, 4(3): 340.
- [3] LOPACHIN R M, BARBER D S, HE D, et al. Acrylamide inhibits dopamine uptake in rat striatal synaptic vesicles [J]. Toxicological Sciences, 2006, 89(1): 224.
- [4] 贾松, 吕立夏. 丙烯酰胺对小鼠小脑 SOD 基因表达的影响 [J]. 同济大学学报(医学版), 2003, 24(1): 28.
- [5] 王振, 蔡智鸣, 张欣文, 等. 丙烯酰胺对果蝇的遗传毒性研究 [J]. 同济大学学报(医学版), 2008, 29(5): 55.
- [6] TARC. Monographs on the evaluation of carcinogen risk to humans: some industrial chemicals [J]. Lyon: International Agency for Research on Cancer, 1994, 60: 389.
- [7] JUNG M Y, CHOI D S, JU J W. A novel technique for limitation of acrylamide formation in fried and baked corn chips and in French fries [J]. Journal of Food Science, 2003, 68(4): 1287.
- [8] MESTDAGH F, MAERTENS J, CUCU T, et al. Impact of additives to lower the formation of acrylamide in a potato model system through pH reduction and other mechanisms [J]. Food Chemistry, 2008, 107(1): 26.
- [9] 徐昆龙, 肖蓉. 食用动物性食品卫生检验技术 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2002.