DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20251229001
引用格式: 王思羽, 呼延婷婷, 张崇淼, 等. 市售熟牛肉制品中非预期动物源性成分与掺假特征研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(8): 181–187.
WANG SY, HUYAN TT, ZHANG CM, *et al*. Study on undeclared animal-derived components and adulteration profiles of commercial cooked beef products [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(8): 181–187. (in Chinese with English abstract).

市售熟牛肉制品中非预期动物源性成分与掺假特征研究

王思羽[1], 呼延婷婷[2], 张崇淼[1*], 李志远[1], 吕 欧[2], 兀浩男[2]
(1. 西安建筑科技大学环境与市政工程学院, 西安 710055; 2. 陕西省食品药品检验研究院, 西安 710065)

摘 要: 目的 调查市售熟牛肉制品的掺假情况, 分析非预期动物源性成分特征。**方法** 采集 133 份市售熟牛肉样品; 依据 SN/T 2051—2008《食品、化妆品和饲料中牛羊猪源性成分检测方法 实时 PCR 法》、GB/T 38164—2019《常见畜禽动物源性成分检测方法 实时荧光 PCR 法》, 采用实时荧光聚合酶链式反应技术检测牛、羊、猪、鸡、鸭 5 种动物源性成分, 构建非预期动物源性成分谱。**结果** 133 份样品中 16 份检出非预期动物源性成分, 总体合格率为 87.97%, 掺假率为 12.03%, 大中型超市熟肉干制品的掺假率显著高于小型超市及其他场所销售的熟肉干制品。在非预期动物源性成分中, 检出率最高的是鸡源性成分(68.75%), 其次为猪源性(25.00%)、鸭源性(18.75%), 羊源性成分检出率最低(12.50%)。非预期动物源性成分谱共有 6 种类型, 其中单一掺入鸡源性成分的占比最高(62.50%)。**结论** 本次抽检的市售熟牛肉制品存在部分产品掺假问题, 主要是鸡源性成分掺入。监管部门应建立牛肉类制品常态化抽检机制, 推动溯源体系全覆盖, 保障质量安全。

关键词: 熟牛肉制品; 非预期成分; 动物源性成分; 实时荧光聚合酶链式反应; 掺假特征

Study on undeclared animal-derived components and adulteration profiles of commercial cooked beef products

WANG Si-Yu[1], HUYAN Ting-Ting[2], ZHANG Chong-Miao[1*], LI Zhi-Yuan[1], LV Ou[2], WU Hao-Nan[2]
(1. *School of Environmental and Municipal Engineering*, *Xi'an University of Architecture and Technology*, *Xi'an* 710055, *China*; 2. *Shaanxi Institute for Food and Drug Control*, *Xi'an* 710065, *China*)

ABSTRACT: Objective To investigate the adulteration status of commercial cooked beef products and analyze the characteristics of undeclared animal-derived components. **Methods** A total of 133 samples of commercial cooked

收稿日期: 2025-12-29
基金项目: 陕西省自然科学基础研究计划重点项目(2025JC-QYCX-048)
第一作者: 王思羽(2003—), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为生物性污染物检测与风险评估。E-mail: 1209942873@qq.com
***通信作者:** 张崇淼(1978—), 男, 博士, 教授, 主要研究方向为新污染物风险评估与控制。E-mail: cmzhang@xauat.edu.cn

beef products were collected. Based on the SN/T 2051—2008 *Determination of bovine, ovine, porcine-derived materials in food, cosmetic and feed-Real-time PCR method* and GB/T 38164—2019 *Identification of animal ingredient from common livestock and poultry-Real-time PCR*, real-time fluorescent polymerase chain reaction was employed to detect 5 kinds of animal-derived components, namely cattle, sheep, pig, chicken and duck, thereby establishing the profiles of undeclared animal-derived components. **Results** Among the 133 samples, 16 were detected with undeclared animal-derived components, resulting in the adulteration rate of 12.03%. The adulteration rate in cooked dried meat products from large and medium-sized supermarkets was significantly higher than that from small supermarkets and other sales venues. Among the detected undeclared animal-derived components, chicken-derived components had the highest detection rate (68.75%), followed by pork-derived (25.00%) and duck-derived components (18.75%), while sheep-derived components showed the lowest detection rate (12.50%). The profile of undeclared animal-derived components comprised 6 types, with the single adulteration of chicken-derived components being the most prevalent (62.50%). **Conclusion** The inspected commercial cooked beef products on the market have some adulteration issues, mainly involving the addition of chicken-derived components. Regulatory authorities should establish a regular sampling inspection mechanism for beef products and promote the full coverage of the traceability system to ensure product quality and safety.

KEY WORDS: cooked beef products; undeclared components; animal-derived components; real-time fluorescent polymerase chain reaction; adulteration profiles

0 引 言

我国经济的发展推动了食物消费结构的升级[1]，肉类作为动物性食品的主要来源，具有高热量、高蛋白和高脂肪的营养特点，是改善我国居民膳食结构的重要食品[2–3]。牛肉因其丰富的营养价值和独特口感，在肉类消费中所占的比重逐年提升，我国居民人均牛肉年消费量已达 7.6 kg[4–5]，部分商家为牟利在牛肉制品中非法添加成本低廉的其他肉类[6–7]。我国肉类交易市场分布较为零散，监管存在盲区，掺假现象频发，且掺假的手段呈现多样化、隐蔽化的趋势[8–9]。在牛肉制品中隐瞒其他动物源性成分，不仅会威胁消费者的健康安全，也可能引发宗教争议[10–11]。保障牛肉制品的真实性，对维护食品安全、规范市场秩序具有重要意义。

在肉类食品动物源性成分鉴定中，主要应用的技术是实时荧光聚合酶链式反应(polymerase chain reaction, PCR)。该技术针对不同动物的特定基因设计特异性引物，以实现各种动物源性成分的高灵敏精准检测。基于线粒体细胞色素 b 基因，分别设计牛[12–14]、猪[13–15]、鸡[16]、鸭[13–14,16]源性成分的特异性引物；针对羊源性成分，基于线粒体 12S rRNA 基因设计特异性引物[14,17]。这些检测方法已被国内外学者报道，并在香肠[18–19]、牛肉丸[20–22]、烤肉串[20]等肉制品的掺假检测上有所应用。然而，目前对市售熟牛肉制品掺假的研究报道较少，样品类型和数量偏低，缺乏对某一地区市售熟牛肉制品掺假整体状况的表征。

鉴于此，本研究对市售熟牛肉制品开展调查。通过检测样品中多种动物源性成分，判定熟牛肉制品动物源性成分的真实性，分析非预期动物源性成分特征及其与多种因素的关联，以期为熟牛肉制品的质量控制和风险监测提供科学依据和技术方法。

1 材料与方法

1.1 样品采集

2024 年 9 月—2025 年 9 月，采用随机采集的方法从 8 个城市的牛肉销售场所(超市、专卖店、农产品批发市场、网络电商平台及社区便利店)采集各类熟牛肉制品共 133 份。

根据《肉制品生产许可审查细则(2023 版)》以及熟牛肉制品的加工特性[23–24]，本次采集的样品被划分为 3 大类：第一类为酱卤类牛肉制品，以新鲜牛肉为原料，以水为加热介质，经酱制、卤制、煮制等工艺加工制作的熟牛肉制品，代表性产品包括卤牛肉、五香牛肉、酱牛肉等；第二类为熟肉干制品，是指经修整、切丁、切片、切条、腌制、蒸煮、调味、收汤、干燥等工艺加工制作的熟牛肉制品，主要涵盖风干牛肉、牛肉干、牛肉粒等；第三类为熏烧烤牛肉制品，需先添加辅料经腌制、煮制等前处理，再采用烟气、热空气、明火或热固体等介质进行熏烧、焙烤等工艺加工，产品有手撕牛肉、烧烤牛肉、牛肉条等。

1.2 试剂与仪器

牛、羊基因组 DNA 监测试剂盒[宝生物工程(大连)有限公司，RR913]；2×PCR Master Mix(南京诺唯赞生物科技

股份有限公司); 上下游引物、探针(生工生物工程上海股份有限公司); 无水乙醇(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司); 超纯水(Milli-Q 超纯水机制备)。

MS3 型一次性搅拌器(德国艾卡公司); QS5 型实时荧光 PCR 仪(美国赛默飞世尔科技公司); Milli-Q Academic 型超纯水机(美国默克密理博公司)。

1.3　实验方法

1.3.1　样品预处理

将购买的熟牛肉制品经 70%乙醇与超纯水交替冲洗 2~3 次, 使用预先清洗灭菌的剪刀、镊子等器具从熟牛肉制品的 10 个不同部位分别取样, 然后将其合并放入一次性搅拌器中充分粉碎混匀, 装入密封袋, 作为一份熟牛肉制品样品备检。

1.3.2　DNA 提取和实时荧光 PCR

使用通用基因组 DNA 提取试剂盒, 提取样品中的 DNA。

根据 SN/T 2051—2008《食品、化妆品和饲料中牛羊猪源性成分检测方法 实时 PCR 法》, 使用实时荧光 PCR 仪和牛、羊基因组 DNA 监测试剂盒进行样品中牛、羊源性成分的检测, 反应体系为 25 μL, 其中 2×Premix for Bovine/Ovine 12.5 μL、上下游引物各 0.5 μL、探针 1 μL、模板 DNA 1 μL、去离子水补足至 25 μL。反应条件为 95 ℃预变性 10 s, 40 个循环(每个循环为 95 ℃变性 5 s, 60 ℃退火延伸 30 s)。

根据 GB/T 38164—2019《常见畜禽动物源性成分检测方法 实时荧光 PCR 法》方法, 进行猪、鸡、鸭源性成分检测。反应体系为 25 μL, 其中 2×PCR Master Mix 12.5 μL、上下游引物(10 μmoL/L)各 0.5 μL、探针(10 μmoL/L) 0.5 μL、模板 DNA 5.0 μL、去离子水 6.0 μL。对于猪源性成分检测, 反应条件为 95 ℃预变性 10 min, 40 个循环(每个循环为 95 ℃变性 15 s, 60 ℃退火延伸 60 s); 对于鸡、鸭源性成分检测, 反应条件与上述方法基本相同, 仅调整退火延伸时间分别为 40 s 和 80 s。

1.3.3　熟牛肉制品的非预期动物源性成分和掺假判定

当熟牛肉制品中检出除牛肉源性成分之外的上述任何一种动物源性成分, 而该成分未被标识的, 则该成分被认定为非预期动物源性成分, 该熟牛肉制品被判定为掺假。对于一类(批)熟牛肉制品, 其掺假率(R)按照公式(1)计算。

$$R/\% = \frac{n}{N} \times 100\% \quad (1)$$

式中: n 为检出非预期动物源性成分的熟牛肉制品样品份数; N 为本次实验中检测的熟牛肉制品样品总份数。

1.4　数据处理

采用 Excel 2019 软件进行检测数据的录入和整理, SPSS 24.0 统计软件对实验获得的数据进行统计分析, 运用 Origin 2021 进行数据处理和绘图, 每个样品均做 3 次平行实验。

2　结果与分析

2.1　熟牛肉制品的来源特征

本次调查的熟牛肉制品采样数量与各市的常住人口数量及销售额有关。根据 GB/T 18106—2021《零售业态分类》, 本研究将熟牛肉制品销售场所分为大中型超市(营业面积≥2000 m^2)、小型超市(营业面积 200~1999 m^2)及其他场所(包括专卖店、农产品批发市场、网络电商平台及社区便利店)3 大类。从图 1(a)可以看出, 3 类熟牛肉制品在大中型、小型超市及其他销售场所均有销售。

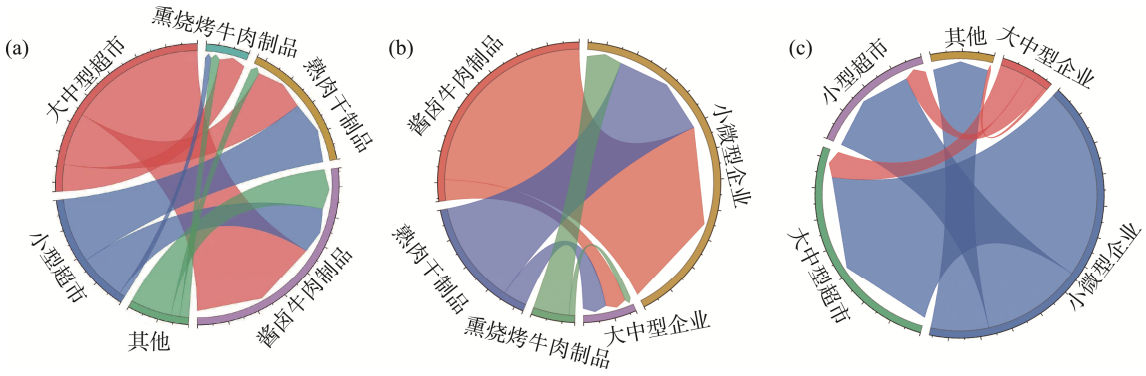
依据财政部《关于进一步支持小微企业和个体工商户发展有关税费政策的公告》中的企业规模划分标准, 结合天眼查商业查询平台(https://www.tianyancha.com/)获取的企业信息, 上述企业涵盖大型、中型、小型及微型企业 4 类。为简化归纳与统计分析流程, 熟牛肉制品的生产企业被划分为大中型企业(营业额≥2000 万元, 从业人员≥300 人)与小微型企业(营业额≥300 万元, 从业人员≥20 人)两类, 熟牛肉制品与生产企业的关联性见图 1(b)。大中型企业中采集的熟肉干制品占比最多, 小微型企业中采集的酱卤牛肉制品占比最多。尽管三类熟牛肉制品在大中型企业和小微型企业中都有分布, 但每类制品都主要集中于小微型企业。熟牛肉制品销售场所与生产企业的关联性如图 1(c)所示, 小微型企业的产品在大中型超市和小型超市中的占比都在 80%以上。由此可见, 市售熟牛肉制品主要为小微型企业的产品。

2.2　熟牛肉制品掺假情况

133 份熟牛肉制品的合格率为 87.97%, 有 16 份样品检测出了非预期成分, 掺假率为 12.03%(表 1), 表明市售熟牛肉制品质量总体可控, 但仍存在一定的掺假风险。其中酱卤牛肉制品、熟肉干制品和熏烧烤牛肉制品的掺假率分别为 10.53%、16.28%和 7.14%。由于不同种类熟牛肉制品样本数量差异较大, 它们的掺假率在统计学上并未表现出显著性差异(P>0.05), 但熟肉干制品的较高掺假率仍需引起重视。

2.3　不同销售场所和生产企业的熟牛肉制品的掺假情况

大中型超市、小型超市以及其他场所销售的熟牛肉制品的掺假率分别为 13.70%、10.00%和 10.00%(表 2), 无显著性差异(P>0.05)。大中型超市销售的 18 份熟肉干制品中, 有 7 份为掺假制品, 掺假率达 38.89%, 而小型超市和其他场所销售的 25 份熟肉干制品无掺假情况, 大中型超市



注: (a)为销售场所与产品类型的关系; (b)为产品类型和生产企业的关系; (c)为销售场所与生产企业的关系。

图 1 熟牛肉制品的种类、销售场所、生产企业间的关系(n=133)

Fig.1 Relationships among product type, sales outlet and manufacturer in cooked beef products (n=133)

表 1 市售熟牛肉制品种类及掺假情况(n=133)

Table 1 Types of commercial cooked beef products and adulteration status (n=133)

样品种类	样品数	掺假数	掺假率/%
酱卤牛肉制品	76	8	10.53
熟肉干制品	43	7	16.28
熏烧烤牛肉制品	14	1	7.14
合计	133	16	12.03

熟肉干制品的掺假率(38.89%)显著高于小型超市及其他场所销售的熟肉干制品(P<0.05)。本研究中采集到的小型超市熏烧烤牛肉制品的样本量仅为 2 份, 其中 1 份检出掺假。因此虽然其掺假率高达 50.00%, 但由于样本量过少, 故未对其进行显著性分析。

小微型企业生产的酱卤牛肉制品、熟肉干制品、熏烧烤牛肉制品的掺假率分别为 11.59%、17.14%、8.33%, 大中型企业的样品中仅有熟肉干制品存在掺假情况, 掺假率为 12.50%。从统计分析的结果来看, 小微型企业生产的熟牛肉制品总体掺假率(12.93%)与大中型企业的总体掺假率(5.88%)并无显著性差异(P>0.05)。小微型企业涉及的掺假熟牛肉制品种类更多, 大中型企业在熟肉干制品上的掺假问题也不容忽视。

2.4 掺假熟牛肉制品中的非预期动物源性成分谱

如图 2 所示, 本研究检测的所有市售熟牛肉制品中检出非预期动物源性成分的共有 16 份, 涉及的非预期动物源性成分包括鸡源性、鸭源性、猪源性和羊源性, 其中鸡源性成分占比为 68.75% (11/16), 猪源性 25.00% (4/16)、鸭源性 18.75% (3/16)、羊源性 12.50% (2/16)。

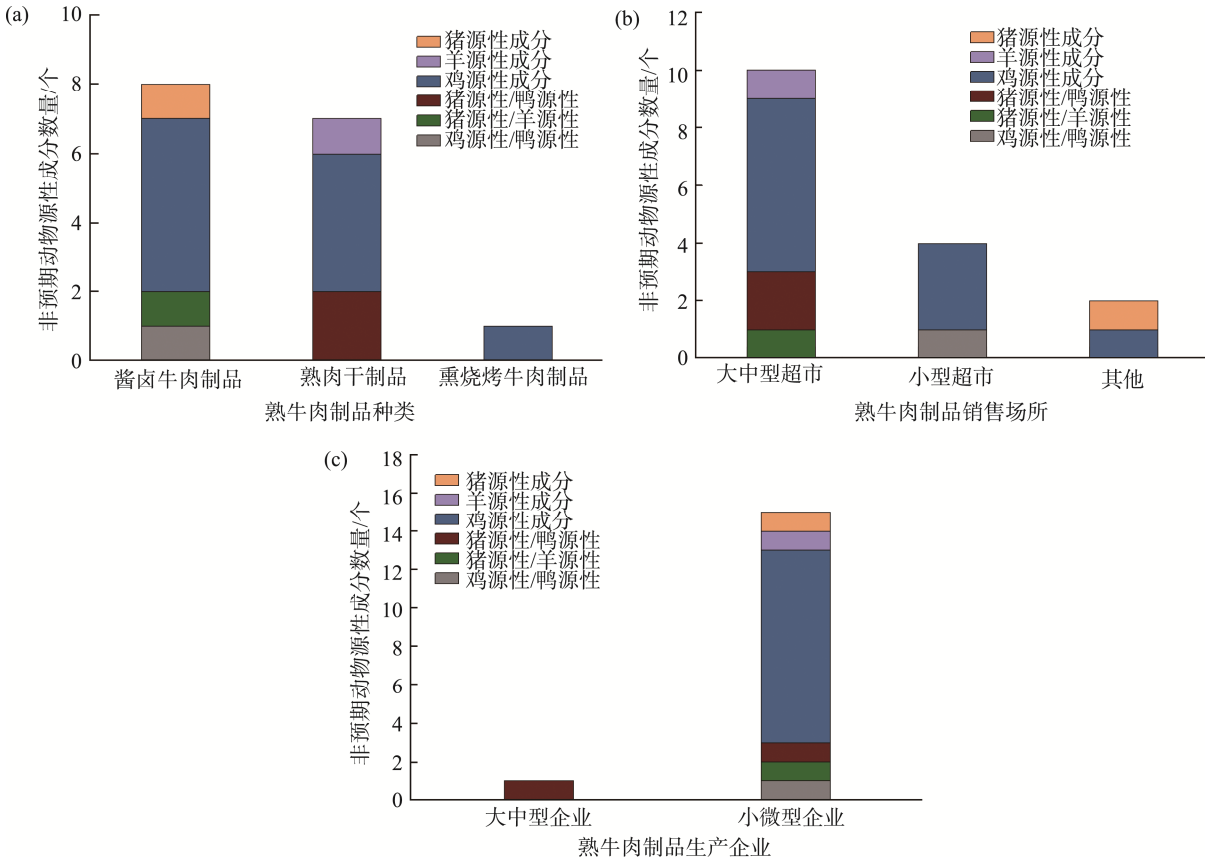
非预期动物源性成分谱中共包括 6 种类型, 其中单一非预期动物源性成分有 3 种(鸡源性、猪源性、羊源性), 混合非预期动物源性成分有 3 种(猪源性/鸭源性、猪源性/羊源性、鸡源性/鸭源性)。检出单一非预期动物源性成分的样品有 12 份, 检出混合非预期动物源性成分的为 4 份, 单一鸡源性成分是在非预期动物源性成分谱中最常见的类型, 占比高达 62.50% (10/16)。

从熟牛肉制品的种类上看, 酱卤类牛肉制品中检出非预期成分的样品数量最多, 非预期动物源性成分谱也最复杂, 其次为熟肉干制品, 熏烧烤牛肉制品中仅发现有 1 份含有鸡源性成分。从熟牛肉制品的销售场所来看, 大中型超市销售的熟牛肉制品的非预期成分谱比小型超市的更为复杂, 但二者均以鸡源性成分为主。从熟牛肉制品的生产企业来看, 大中型企业生产的熟牛肉制品中仅

表 2 各种销售场所和生产企业熟牛肉制品掺假情况(n=133)

Table 2 Adulteration status of cooked beef products by various sales outlet and manufacturer (n=133)

产品类型	大中型超市		小型超市		其他		大中型企业		小微型企业	
	样品数量	掺假率/%	样品数量	掺假率/%	样品数量	掺假率/%	样品数量	掺假率/%	样品数量	掺假率/%
酱卤牛肉制品	46	6.52	16	18.75	14	14.29	7	0	69	11.59
熟肉干制品	18	38.89	22	0	3	0	8	12.50	35	17.14
熏烧烤牛肉制品	9	0	2	50.00	3	0	2	0	12	8.33
总计	73	13.70	40	10.00	20	10.00	17	5.88	116	12.93



注: (a)为产品类型的非预期动物源性成分谱; (b)为销售场所的非预期动物源性成分谱; (c)为生产企业的非预期动物源性成分谱。

图 2　掺假熟牛肉制品中非预期动物源性成分谱(n=16)

Fig.2　Profiles of undeclared animal-derived components in adulterated cooked beef products (n=16)

发现 1 份含有猪源性/鸭源性成分样品，小微型企业生产的熟牛肉制品则囊括了非预期动物源性成分谱中的所有类型，其熟牛肉制品的非预期成分谱比大中型企业的更为复杂。

3　讨论与结论

本研究利用实时荧光 PCR 技术，检测了 133 份熟牛肉制品的源性成分，系统分析了其掺假情况。结果显示，样品检测合格率达 87.97%，不合格率 12.03%，市售熟牛肉制品质量总体可控，但仍有优化空间。

大中型超市的熟牛肉制品掺假率(13.70%)与小型超市及其他销售场所的熟牛肉制品掺假率(均为 10.00%)无显著性差异，不同类型生产企业的熟牛肉制品掺假率也无显著性差异。但大中型超市熟肉干制品的掺假率(38.89%)显著高于小型超市及其他场所销售的熟肉干制品。大众普遍信赖大中型超市销售的食品质量，有学者也报道农贸市场销售的羊肉掺假率远高于大型商超[25]，但从本研究的结果上看，大中型超市销售的熟牛肉制品掺假情况却并不乐观。分析大中型超市熟肉干制品掺假率偏高的原因，除与大中型超市规模化运营中多级分销、跨区域采购及监管覆盖不同步等管理因素相关外，更深层的原因在于产品深加工特性与渠道管控模式之间的不匹配。熟肉干制品需要经过脱水、调味及热加工等深度工艺才能制成，原料的原始色泽、纹理及气味被极大掩盖，使得掺杂肉难以通过感官识别。在大中型超市的供应链体系中，低价中标与大规模集采模式可能会倒逼上游供应商利用这种隐蔽性的掺假行为进行成本压缩。而在小型超市，由于采购链条短、多依赖本地固定货源，这反而抑制了隐蔽性掺假行为的发生。这一结果表明，深加工制品的掺假状况与其销售渠道的供应链紧密相关，在监管资源有限的条件下，大中型超市销售的熟肉干制品可能是掺假行为的高发产品。

本研究高度重视假阳性对结果可靠性的影响，从实验条件与结果判定两个方面严格把控。开展实验的分子生物实验室分区布局符合 GB/T 27403—2008《实验室质量控制规范 食品分子生物学检测》要求，全程使用一次性无菌无酶耗材，并定期消杀，避免核酸扩增污染。参照 GB/T 38164—2019、SN/T 2051—2008 等标准，设置空白、阴性、阳性对照及内参照作为质控针对荧光定量 PCR 技术高灵敏度的特点，本研究建立“PCR 阳性—疑似阳性—判定阳性”三级判定流程：当检出其他动物源性成分时，先核查是否为配料引入或共

线生产导致的交叉污染，此类情况均不归为疑似阳性。仅当非预期动物源性成分 PCR 阳性且非上述情况时，才定为疑似阳性。再经过至少 1 次更换人员和试剂的重复性检测，当复测与初测结果一致才最终判定为阳性。综上，本研究通过规范的实验操作和严谨的结果判定流程，结合配料特点、企业生产信息等综合分析，可以确保本研究结果的可靠性。在掺假的熟牛肉制品中，仅掺入鸡肉的占比最高(68.75%)，远高于其他肉类。多项调研指出[26–28]，高价值的肉类掺假通常倾向于使用鸡肉等低价肉类。鸡肉的市场均价仅为牛肉的 1/3~1/2，且供应充足、加工适配性高[29–30]，因此成为不法商家的首选掺假原料。相比之下，在掺假的熟牛肉制品中掺入羊肉的占比最低(12.50%)，主要因羊肉与牛肉价格相近[30]，掺假带来的利润空间有限。以上结果进一步说明，成本驱动是熟牛肉制品掺假背后的首要经济动因。熟牛肉制品非法掺入其他动物源性成分，不仅扰乱市场公平，而且可能将病原微生物引入食品加工链[31]，威胁从业人员健康。此外，为了掩盖掺入的其他动物源性成分的色泽或气味，有些商家还会违规使用人工合成色素、香精等添加剂，长期摄入这些非法添加物质可能对肝肾等器官造成慢性损伤[32–33]。

本研究通过对市售熟牛肉制品的调研发现，部分样品存在非法掺入其他动物源性成分的问题，以鸡源性成分掺入占比最高。酱卤类和熟肉干制品类的掺假率较高，大中型超市熟肉干制品的掺假率显著高于小型超市及其他场所销售的熟肉干制品。建议监管部门针对牛肉制品建立常态化抽检机制，推动溯源体系全覆盖，从源头降低非预期动物源性成分的掺入风险，保障牛肉制品的质量安全与市场秩序。

参考文献

[1] 王威. 中国农村居民动物源食品消费结构及其影响因素研究[D]. 武汉: 中南财经政法大学, 2023.
WANG W. Research on consumption structure of animal-derived food and its influencing factors among rural residents in China [D]. Wuhan: Zhongnan University of Economics and Law, 2023.

[2] 高奇. 我国城乡居民肉类消费特征及影响因素分析[D]. 北京: 中国农业科学院, 2016.
GAO Q. Analysis on characteristics and influencing factors of meat consumption of urban and rural residents in China [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2016.

[3] 王馨彗. 中国居民肉类消费及影响因素研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2020.
WANG XH. Research on meat consumption and its influencing factors of Chinese residents [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2020.

[4] 张晓金, 邹雨虹, 杨丹妮. 实时荧光 PCR 检测食品肉类种源的方法探讨[J]. 食品安全导刊, 2021(6): 137–138.
ZHANG XJ, ZOU YH, YANG DN. Discussion on method of detecting food meat species by real-time fluorescent PCR [J]. Journal of Food Safety Guide, 2021(6): 137–138.

[5] RAHMANIA H, ARINI RL, ROHMAN A, *et al*. Analysis of non-halal meat adulteration in beef meatball using real-time PCR and mitochondrial *D*-loop gen-specific primer [J]. Open Veterinary Journal, 2025, 15(3): 1495.

[6] 刘晋玎, 霍雨美, 高妞, 等. 手持式实时荧光定量聚合酶链式反应仪现场快速检测肉类样本猪、鸡、鸭源性成分[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(1): 25–34.
LIU JD, HUO YM, GAO N, *et al*. Rapid detection of pork, chicken and duck-derived components in meat samples by handheld quantitative real-time polymerase chain reaction [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(1): 25–34.

[7] 郭文萍, 李贺楠, 王娇娇, 等. 我国肉类产品质量安全现状分析及监管措施建议[J]. 中国食品安全, 2025(5): 62–68.
GUO WP, LI HJ, WANG JJ, *et al*. Analysis on current situation of quality and safety of meat products in China and suggestions on supervision measures [J]. China Food Safety, 2025(5): 62–68.

[8] DAHER Z, MOHAMADIN M, RAMA A, *et al*. Meat adulteration in the MENA and GCC regions: A scoping review of risks, detection technologies, and regulatory challenges [J]. Foods, 2025, 14(21): 3743.

[9] 胡馨予, 黄朱梁, 汤海凤, 等. 基于 PCR 技术的肉类成分溯源鉴定方法研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(11): 3385–3390.
HU XY, HUANG ZL, TANG HF, *et al*. Research progress on traceability identification methods of meat components based on PCR technology [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2020, 11(11): 3385–3390.

[10] 王恩辉, 张志然. 我国食品中动物源性成分检测标准研究进展[J]. 中国标准化, 2024(5): 206–210.
WANG ENH, ZHANG ZR. Research progress on detection standards for animal-derived components in food in China [J]. China Standardization, 2024(5): 206–210.

[11] ADENUGA BM, BILTES R, VILLA C, *et al*. Unravelling red deer (*Cervus elaphus*) meat adulteration in gourmet foods by quantitative real-time PCR [J]. Food Control, 2025, 168: 110872.

[12] 金萍, 丁洪流, 李培, 等. 2013 年苏州地区肉及其制品掺假情况调查[J]. 中国食品卫生杂志, 2014, 26(2): 168–172.
JIN P, DING HL, LI P, *et al*. Investigation on adulteration status of meat and its products in Suzhou area in 2013 [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2014, 26(2): 168–172.

[13] 马慧娟. PCR 法鉴别市售牛肉及其制品中的掺假情况分析[J]. 食品安全导刊, 2019(26): 76–77.
MA HJ. Analysis of adulteration in commercially available beef and its products identified by PCR method [J]. Journal of Food Safety Guide, 2019(26): 76–77.

[14] 李宇, 时国强, 柳梦思, 等. 一种牛肉及其制品掺假的快速鉴定方法[J]. 食品科技, 2023, 48(11): 268–275.
LI Y, SHI GQ, LIU MS, *et al*. A rapid identification method for adulteration in beef and its products [J]. Food Science and Technology, 2023, 48(11): 268–275.

[15] 范丽丽, 李培, 傅春玲, 等. 食品中猪源性成分实时荧光 PCR 检测方法建立[J]. 食品科学, 2013, 34(8): 224–227.
FAN LL, LI P, FU CL, *et al*. Establishment of a real-time fluorescent PCR method for detection of porcine-derived components in food [J]. Food Science, 2013, 34(8): 224–227.

[16] 金萍, 丁洪流, 李培, 等. 实时荧光 PCR 快速筛选食品中鸭源性成分[J]. 食品工业科技, 2013, 34(18): 61–63, 67.
JIN P, DING HL, LI P, *et al*. Rapid screening of duck-derived components in food by real-time fluorescent PCR [J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(18): 61–63, 67.

[17] 彭媛媛, 武煊, 陶晓奇. 实时荧光 PCR 技术定量检测肉类掺假的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(15): 279–287.
PENG YY, WU X, TAO XQ. Research progress on quantitative detection of meat adulteration by real-time PCR technology [J]. Food and Fermentation Industries, 2019, 45(15): 279–287.

[18] MUALIM M, LATIF H, PISESTYANI H, *et al*. Analysis of species adulteration in beef sausage using real-time polymerase chain reaction in Makassar, Indonesia [J]. Veterinary World, 2024, 17(10): 2355.

[19] GALAL-KHALLAF A. Multiplex PCR and 12S rRNA gene sequencing for detection of meat adulteration: A case study in the Egyptian markets [J]. Gene, 2021, 764: 145062.

[20] 夏琪琪, 梁媛媛, 朱晨, 等. 4 种动物源性成分荧光定量 PCR 方法的建立及其在牛肉制品掺假鉴定中的应用[J/OL]. 食品工业科技, 1–11. [2025-12-26]. https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2025060031
XIA QQ, LIANG YY, ZHU C, *et al*. Establishment of quantitative real-time PCR methods for four animal-derived components and their application in adulteration identification of beef products [J/OL]. Science and Technology of Food Industry, 1–11. [2025-12-26]. https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2025060031

[21] GUNTARTI A, MARTONO S, YUSWANTO A, *et al*. Analysis of beef meatball adulteration with wild boar meat using real-time polymerase chain reaction [J]. International Food Research Journal, 2017, 24(6): 2451–2455.

[22] ADMANTIN CY, ULFAH M, SANTOSO U, *et al*. Investigating pork and chicken adulteration in beef-meatball products from small food vendors using porcine detection kit and PCR analysis [J]. Journal of Food Health and Bioenvironmental Science, 2025, 18(2): 174–183.

[23] 曹婷婷, 袁毅, 王晶, 等. 双拖尾重组聚合酶恒温扩增技术结合核酸杂交侧流条快速检测牛肉中的鸡、鸭、猪源性成分[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(15): 119–128.
CAO TT, YUAN Y, WANG J, *et al*. Rapid detection of chicken, duck and pork components in beef using double-tailed recombinant polymerase amplification combined with nucleic acid hybridization lateral flow dipstick [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2023, 14(15): 119–128.

[24] 张雪茹, 宋志超, 刘婷婷, 等. 常见市售袋装熟制牛肉产品的营养安全品质调查与分析[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(15): 282–288.
ZHANG XR, SONG ZC, LIU TT, *et al*. Investigation and analysis on nutritional safety quality of common commercial packaged cooked beef products [J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(15): 282–288.

[25] 李志敏, 黄莉丹, 李迎利, 等. PCR 技术检测羊肉中掺假动物源性成分[J]. 中国食品工业, 2022(17): 91–95.
LI ZM, HUANG LD, LI YL, *et al*. Detection of adulterated animal-derived components in mutton by PCR technology [J]. China Food Industry, 2022(17): 91–95.

[26] 励炯, 江海, 吴琼, 等. 基于 COI 序列的 DNA 微条形码技术鉴别熟肉制品中 11 种肉掺假的研究[J]. 食品工业科技, 2021, 42(2): 99–104.
LI J, JIANG H, WU Q, *et al*. Research on the identification of adulteration with 11 kinds of meat in cooked meat products by DNA microbarcoding technology based on COI gene sequences [J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(2): 99–104.

[27] 张颖颖, 赵文涛, 李慧晨, 等. 液相色谱串联质谱对掺假牛肉的鉴别及定量研究[J]. 现代食品科技, 2017, 33(2): 230–237.
ZHANG YY, ZHAO WT, LI HC, *et al*. Identification and quantitative study of adulterated beef by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Modern Food Science and Technology, 2017, 33(2): 230–237.

[28] 李斌, 卢英俊, 刘燕德, 等. 基于高光谱反射和透射融合技术的牛肉糜掺假检测[J]. 农业工程学报, 2024, 40(16): 251–260.
LI B, LU YJ, LIU YD, *et al*. Detection of adulteration in beef minced meat based on hyperspectral reflection and transmission fusion technology [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2024, 40(16): 251–260.

[29] LI YC, LIU SY, MENG FB, *et al*. Comparative review and the recent progress in detection technologies of meat product adulteration [J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2020, 19(4): 2256–2296.

[30] 于翠芳, 赵晓丽, 宫春波, 等. 超市散装食品卫生状况检测及其原因分析[J]. 食品与发酵科技, 2011, 47(5): 84–86.
YU CF, ZHAO XL, GONG CB, *et al*. Detection of hygienic status and analysis of influencing factors of bulk food in supermarkets [J]. Food and Fermentation Science & Technology, 2011, 47(5): 84–86.

[31] QIN P, QU W, XU J, *et al*. A sensitive multiplex PCR protocol for simultaneous detection of chicken, duck, and pork in beef samples [J]. Journal of Food Science and Technology, 2019, 56(3): 1266–1274.

[32] SARLAK Z, REZVANI N, PARANDI E, *et al*. Species identification in meat products using quantitative and qualitative PCR techniques, with emphasis on chicken detection [J]. Food Bioscience, 2025, 68: 106568.

[33] 刘正才, 吴小胜, 冯才伟, 等. 胶体金免疫层析法测定牛羊肉中掺杂鸡肉[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(2): 519–524.
LIU ZC, WU XS, FENG CW, *et al*. Determination of chicken adulteration in beef and mutton by colloidal gold immunochromatography [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2021, 12(2): 519–524.

(责任编辑: 安香玉　韩晓红)