DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20260109001
引用格式: 王文林, 李志远, 张崇淼, 等. 市售红薯淀粉及其制品植物源性成分与标识一致性研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(15): 32–38.
Wang Wenlin, Li Zhiyuan, Zhang Chongmiao, et al. Consistency between plant-derived components and labeling of commercial sweet potato starch and its products [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(15): 32–38. (in Chinese with English abstract).

市售红薯淀粉及其制品植物源性成分与标识一致性研究

王文林[1], 李志远[2], 张崇淼[2*], 吕 欧[1], 呼延婷婷[1], 兀浩男[1]

(1. 陕西省食品药品检验研究院, 陕西省食品药品安全监测重点实验室, 西安 710065; 2. 西安建筑科技大学环境与市政工程学院, 西安 710055)

摘 要: 目的 探究市售红薯淀粉及其制品植物源性成分与标识的符合情况。**方法** 采集市售红薯淀粉、红薯粉丝和粉条样品 77 份, 采用实时荧光聚合酶链式反应(polymerase chain reaction, PCR)法, 对红薯、木薯、马铃薯、玉米源性成分进行定性检测, 并对产品的标识一致性进行评价。**结果** 市售红薯淀粉及其制品中的红薯源性成分检出率为 57.14%, 有 37.66%的样品检出了未标识的植物源性成分, 以玉米和木薯源性成分为主。红薯淀粉的标识不一致问题主要是检出未标识的其他植物源性成分, 而红薯粉丝和粉条则主要是未检出红薯源性成分。全部样品的标识一致性指数为 38.96%, 其中红薯淀粉的标识一致性指数为 43.59%, 红薯粉丝和粉条的为 34.21%。**结论** 市售红薯淀粉及其制品植物源性成分标识与实际不符的问题较为突出, 建议针对红薯淀粉和红薯淀粉制品中主要存在的不一致问题实施差异化监控, 以提升行业整体合规水平。

关键词: 红薯淀粉; 红薯粉丝和粉条; 植物源性成分; 实时荧光聚合酶链式反应; 一致性评价
中图分类号: TS201.6 **文献识别码:** A **文章编号:** 2095–0381(2026)15–0032–07

Consistency between plant-derived components and labeling of commercial sweet potato starch and its products

WANG Wen-Lin[1], LI Zhi-Yuan[2], ZHANG Chong-Miao[2*], LV Ou[1], HUYAN Ting-Ting[1], WU Hao-Nan[1]

(1. *Shaanxi Key Laboratory of Food and Drug Safety Monitoring*, *Shaanxi Institute for Food and Drug Control*, *Xi'an* 710065, *China*; 2. *School of Environmental and Municipal Engineering*, *Xi'an University of Architecture and Technology*, *Xi'an* 710055, *China*)

ABSTRACT: Objective To investigate the compliance between the labeled and plant-derived components in commercially available sweet potato starch and its products. **Methods** A total of 77 samples of sweet potato starch, sweet potato vermicelli and noodles were collected. Detection of sweet potato, cassava, potato and corn-derived ingredients was performed using real-time fluorescent polymerase chain reaction (PCR), and the labeling consistency of

收稿日期: 2026-01-09
基金项目: 陕西省市场监督管理局科技计划项目(2025KY08)
第一作者: 王文林(1969—), 男, 主要研究方向为食品药品质量安全监测技术研究。E-mail: 605497392@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

the products was evaluated. **Results** The detection rate of sweet potato-derived components in the commercially available sweet potato starch and its products was 57.14%. Unlabeled plant-derived components were detected in 37.66% of the samples, primarily corn and cassava-derived components. The main labeling inconsistency in sweet potato starch was the detection of unlabeled other plant-derived components, while for sweet potato vermicelli and noodles, it was mainly the non-detection of sweet potato-derived components. The overall labeling consistency index for all samples was 38.96%. Specifically, the labeling consistency index was 43.59% for sweet potato starch and 34.21% for sweet potato vermicelli and noodles. **Conclusion** The discrepancy between the labeled and actual plant-derived components in commercially available sweet potato starch and its products is prominent. It is recommended to implement differentiated monitoring targeting the main inconsistencies found in sweet potato starch and its products to enhance the overall compliance level within the industry.

KEY WORDS: sweet potato starch; sweet potato vermicelli and noodles; plant-derived components; real-time fluorescent polymerase chain reaction; consistency evaluation

0　引　言

红薯是世界第六大粮食作物, 中国亦是全球红薯种植面积最大的国家[1]。红薯在粮食、饲料、工业等领域均具有重要作用[2], 在食品应用中, 除少量鲜食外, 大部分红薯被用于加工生产红薯淀粉, 该淀粉由 15%~20%直链淀粉与 80%~85%支链淀粉组成[3], 丰富的支链淀粉使其制成的粉丝、粉条类制品兼具弹性与韧性, 感官质量极佳, 深受消费者喜爱[4]。因此, 红薯淀粉及其制品在市场中占据重要地位。我国市场上淀粉种类多样[5], 价格差别较大, 木薯淀粉、玉米淀粉价格却不足红薯淀粉的一半[6], 显著的价格差距让掺假行为有利可图。马铃薯淀粉与红薯淀粉价格相近[7], 但色泽更洁白、感官品质更优[8], 有可能被用来掺杂以混淆红薯淀粉品质, 掺假行为危害了消费者的知情权, 但由于难以通过肉眼分辨, 因此可能造成监管盲区。

为了解决红薯淀粉及其制品的外源性成分检测问题, 目前已开发出多种检测技术: 显微形态观察法的可操作性强, 但存在明显局限性, 其对粒径与形态相近的淀粉种类难以区分[9–10]; 近红外光谱法作为常用的无损检测技术[11–12], 可快速获取样品成分特征信息, 进而精准判断物质类别[13], 但该技术严重依赖化学计量学模型和大量样本, 对于小样本的检测结果准确性不足[14]; 质谱法灵敏度高、定性准, 适配复杂基质检测[15], 但成本高、操作复杂[16]; 色谱法在定量检测上优势突出, 但目前仅适用于直链淀粉与支链淀粉的含量差异分析, 难以实现淀粉种类的有效鉴别[17]; 实时荧光聚合酶链式反应(polymerase chain reaction, PCR)法是一种分子生物学技术, 凭借对 DNA 的特异性识别[18], 能够高效鉴别淀粉中的各类植物源性成分, 已被纳入 SN/T 5522.1—2023《食用淀粉植物源成分鉴别方法 实时荧光 PCR 法》系列行业标准, 对红薯[19]、木薯[20]、马铃薯[21–22]和玉米[23–24]源性成分均有良好的检测效果。

不同淀粉的外观差异本身较为细微, 经过掺杂或深加工处理后, 消费者仅凭肉眼难以分辨[25]。部分生产厂家为降低生产成本、牟取更高利润或通过提高表观质量提升产品竞争力, 在未于配料表中如实声明的情况下, 添加非红薯淀粉成分, 此举不仅侵犯消费者合法权益[26], 还违反了 GB 7718—2011《食品安全国家标准 预包装食品标签通则》中“应如实标注原料成分”的规定[27], 这种标识与实际源性成分不符的乱象, 不仅让消费者难以通过配料表获取产品真实信息, 进而无法做出符合自身需求的选择, 也会破坏市场的公平竞争秩序。尽管目前已有一些有关淀粉源性成分检测的研究, 但并未与商品配料表标识联系起来, 无法系统评估标识违规的程度与类型, 难以为监管部门提供有效的依据。

鉴于此, 本研究围绕红薯淀粉及其制品的市场监管需求, 采用实时荧光 PCR 法, 对市售红薯淀粉及其制品开展抽样调查, 系统分析红薯淀粉及其制品的配料表标识与实际植物源性成分的符合程度, 以期为制定防控策略提供数据支持。

1　材料与方法

1.1　样品采集

2024 年 9 月—2025 年 9 月, 依据各市的常住人口数量与销售额, 采用分层抽样的方法从同一省内的 9 个城市的超市中采集红薯淀粉、红薯淀粉制品(红薯粉丝和粉条), 淀粉及淀粉制品的数量基本一致。

1.2　试剂与仪器

无水乙醇(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司); Ezup 柱式深加工产品基因组 DNA 抽提试剂盒、引物、探针(生工生物工程上海股份有限公司); 2×PCR Master Mix(南京诺唯赞生物科技股份有限公司); 超纯水由 Nova U 超纯水制备系统制备。

HFsafe-1500LC(A2)生物安全柜(上海力申科学仪器

有限公司); Centrifuge 5424R 台式冷冻离心机(德国艾本德公司); M3S 振荡器(德国艾卡公司); Nanodrop One 核酸蛋白分析仪、QS5 实时荧光 PCR 仪(美国赛默飞世尔科技公司); Nova U 超纯水制备系统(青岛普洛斯科技有限公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 样品预处理和 DNA 提取

使用研磨机将红薯粉丝和粉条样品研磨成粉状, 红薯淀粉样品则直接称取。按照 Ezup 柱式深加工产品基因组 DNA 抽提试剂盒的要求提取样品 DNA 作为模板溶液。

1.3.2 样品中植物源成分检测方法

按照 SN/T 5522.1—2023 的系列标准: SN/T 5522.2—2023《食用淀粉植物源成分鉴别方法 实时荧光 PCR 法 第 2 部分: 木薯淀粉》、SN/T 5522.3—2023《食用淀粉植物源成分鉴别方法 实时荧光 PCR 法 第 3 部分: 马铃薯淀粉》、SN/T 5522.7—2023《食用淀粉植物源成分鉴别方法 实时荧光 PCR 法 第 7 部分: 玉米淀粉》规定的实时荧光 PCR 法, 分别对红薯淀粉及其制品中的红薯、木薯、马铃薯、玉米源性成分进行定性检测。全部样品都进行红薯源性成分检测; 对于木薯、马铃薯、玉米源性成分, 将商品配料表中未声明的作为目标物进行检测, 而已声明的则不做检测。使用的扩增引物和探针见表 1。

使用实时荧光 PCR 仪进行各种植物源性成分检测, 反应体系总体积为 25 μL, 包括实时荧光 PCR 反应混合液 12.5 μL, 正向和反向引物(10 μmol/L)各 0.5 μL、探针(10 μmol/L) 0.5 μL、模板溶液 5.0 μL、灭菌超纯水 6.0 μL。分别配制红薯、木薯、马铃薯、玉米源性成分靶基因和内参照基因的反应体系, 每个体系设置 3 个平行重复孔。扩增程序为: 50 ℃ 2 min; 95 ℃ 10 min; 95 ℃ 15 s, 60 ℃ 1 min, 循环 40 次。使用含靶基因的模板溶液作阳性对照, 用超纯水代替模板溶液作阴性对照。以各平行重复孔循环阈(cycle threshold, Ct)值的算术平均值作为该样品的 Ct 值, 进行 DNA 提取有效性和 PCR 有效性判定。

1.4 标识一致性评价方法

为了细致刻画样品检出植物源性成分与商品配料表标识成分存在的不一致问题, 本研究将其分为两类: 第一类不一致问题是指样品中未检出红薯源性成分, 这与标识的“红薯”成分不相符, 属于“标识有某成分, 但未检出”; 第二类不一致问题是指样品中未声明存在其他植物源性成分(包括木薯、马铃薯、玉米), 但检出了该成分, 属于“标识无某成分, 但有检出”。为评价商品配料表标识与实际植物源性成分的匹配程度, 本研究构建标识一致性指数, 计算方法如公式(1)所示:

$$I/\%=(1-\frac{N_1+N_2+N_{12}}{N})\times 100\% \quad (1)$$

式中: I 为标识一致性指数, 取值范围 0~100%, 数值越大, 表明标识与检出源性成分一致性越高; N_1 为仅存在第一类不一致问题的样品数量; N_2 为仅存在第二类不一致问题的样品数量; N_{12} 为同时存在第一类和第二类不一致问题的样品数量; N 为样品总数。

1.5 数据处理

采用 Excel 2019 软件进行检测数据的录入和整理, 使用 SPSS 24.0 软件对标识一致性进行卡方检验, 用 Origin 2024 进行绘图, 每个样品均做 3 次平行实验。

2 结果与分析

2.1 红薯淀粉及其制品的来源特征

本研究采集样品共计 77 个, 其中红薯淀粉样品 39 个, 红薯粉丝和粉条样品 38 个。所有样品均采集自超市, 根据 GB/T 18106—2021《零售业态分类》标准, 按照营业面积

表 1 红薯、木薯、马铃薯、玉米成分鉴定用引物和探针序列

Table 1 Primers and probe sequences for the identification of sweet potato, cassava, potato and corn components

目标物	引物/探针序列(5'-3')	扩增片段长度/bp	靶基因
红薯	正向引物: CAAAGCACGGCACTAGTCA 反向引物: AGTGAGACAGGGGAAGTGGA 探针: FAM-CCCAGCAACCGCTCTTTATA-TAMAR	97	*g3pdh*
木薯	正向引物: TGGTCTTGTATCTGCGTGAG 反向引物: TGGGAGAACCTTTTCCAACAG 探针: FAM-TGCTGTTGCAACTGCTTAGG-TAMAR	74	*g3pdh*
马铃薯	正向引物: GGACATGTGAAGAGACGGAGC 反向引物: CCTACCTCTACCCCTCCGC 探针: FAM-TGAGGAGGTGCGAGGTAAATGGTGGTAG-TAMAR	88	*UGPase*
玉米	正向引物: CGTCGTTTCCCCTATCTTTCCTCTCT 反向引物: CCACTCCGAGACCTCTCAGTC 探针: FAM-AATCAGGGCTCATTTTCTCGCTCTCTCA-TAMAR	134	*Adh1*
内参照	正向引物: TCTGCCCTATCAACTTTCGATGGTA 反向引物: AATTTGCGGCCGCTGCTGCCTTCCTT 探针: FAM-CCGTTTTCTAGGGTCCTCTCCGGGAATCGAACC-TAMRA	137	*18S rRNA*

将超市划分为大型超市(营业面积大于等于 6000 m^2)、中型超市(营业面积 2000~5999 m^2)、小型超市(营业面积 200~1999 m^2)。来自大型超市的样品共 4 份, 中型超市 49 份, 小型超市 24 份。所有样品涉及 58 家生产企业。依据天眼查商业查询平台(https: //www.tianyancha.com/)获取的企业规模信息, 将这些生产企业划分为“大中型企业”(含大型、中型企业)和“小微型企业”(含小型、微型企业)两大类。来自大中型企业的样品共 8 份, 小微型企业 69 份。样品类型、生产企业类型与销售场所类型的对应关系见图 1。有 89.61% (69/77)的红薯淀粉及其制品都来自小微型企业, 其中所有红薯淀粉样品均产自小微型企业, 78.95%的红薯粉丝和粉条也来源于小微型企业。这类企业生产的产品主要在中型超市和小型超市销售。由此可见, 采集到的市售红薯淀粉及其制品的供应主体是小微企业。

2.2　红薯淀粉及其制品中植物源性成分检出情况

此次调研所有的红薯淀粉及其制品都进行了红薯源性成分的检测, 红薯源性成分检出率为 57.14% (44/77), 有 37.66% (29/77)的样品检出了未标识的植物源性成分。如图 2(a)所示, 在红薯淀粉样品、红薯粉丝和粉条样品中, 红薯源性成分的检出率分别为 69.23%和 44.74%, 后者的红薯源性成分检出率显著低于前者(χ^2=4.715, P<0.05)。对于其他植物源性成分, “已标识”和“未标识但有检出”都认为该植物源性成分存在于样品中。从图 2(b)可以看出, 含有木薯、马铃薯、玉米源性成分的样品数量分别为 40、12、33 个, 可见木薯是红薯淀粉及其制品中最常见的其他植物源性成分。比较图 2(c)和图 2(d)可以发现, 在红薯淀粉样品中, 木薯、马铃薯、玉米这些植物源性成分均未标识, 而在大部分红薯粉丝和粉条中则标识了木薯和玉米源性成分。

图 3 显示了未标识的植物源性成分的检出率。总体来看, 未标识的木薯、马铃薯、玉米源性成分检出率分别为 22.45% (11/49)、13.33% (10/75)、26.67% (16/60)。在红薯淀粉样品和红薯粉丝和粉条样品中, 上述未标识的 3 种植物源性成分检出率分别为 20.51% (8/39)、15.38% (6/39)、33.33% (13/39)和 30.00% (3/10)、11.11% (4/36)、14.29% (3/21)。

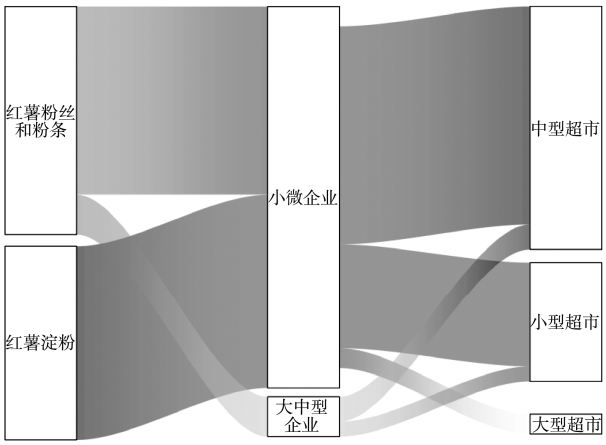
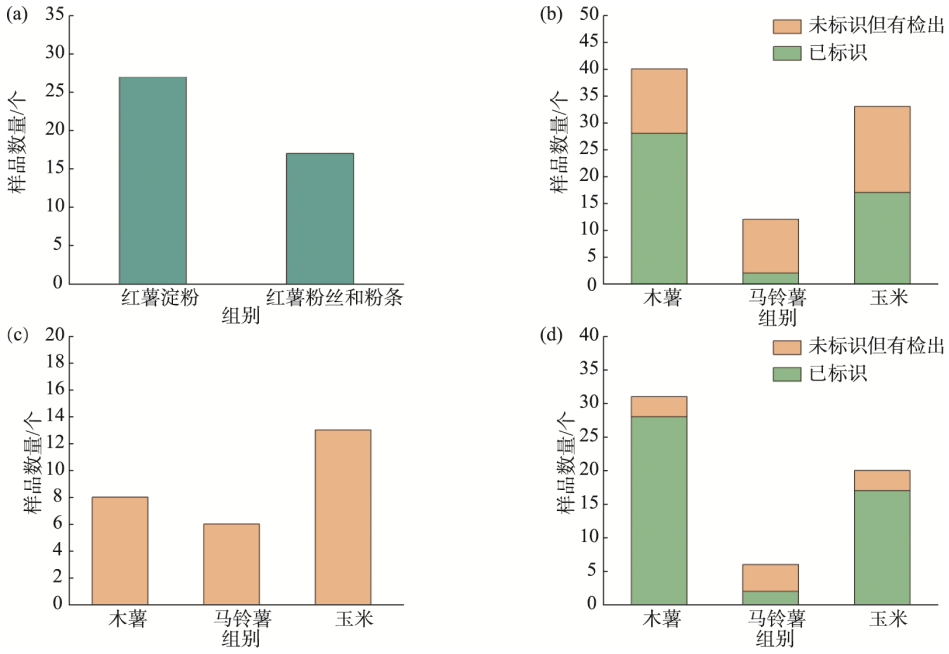


图 1　红薯淀粉及其制品的样品类型与生产企业和销售场所的关系

Fig.1　Relationship between sample type of sweet potato starch and its products, production enterprises and merchandising locations



注: (a)为全部样品中的红薯源性成分; (b)为全部样品中的其他植物源性成分; (c)为红薯淀粉样品中的其他植物源性成分; (d)为红薯粉丝和粉条中的其他植物源性成分。

图 2　红薯淀粉及其制品中植物源性成分赋存

Fig.2　Occurrence of plant-derived ingredients in sweet potato starch and its products

2.3 不同生产企业和销售场所的植物源性成分检出情况

如表 2 所示，大中型企业生产的红薯淀粉及其制品的红薯源性成分检出率为 37.50% (3/8)，小微型企业为 59.42% (41/69)；大型超市销售的红薯淀粉及其制品的红薯源性成分检出率为 75.00% (3/4)，中型超市为 57.14% (28/49)，小型超市为 54.17% (13/24)，但上述各组均未发现明显差异。

对于其他植物源性成分，大中型企业生产的红薯淀粉及其制品的木薯源性成分标识率为 75.00% (6/8)，小微型企业的为 31.88% (22/69)，二者有显著差异(χ^2=5.759，P<0.05)；而大中型企业和小微型企业在马铃薯、玉米源性成分标识率上均无显著差异。从销售场所来看，中型超市销售的红薯淀粉及其制品中玉米源性成分标识率仅为 12.24% (6/49)，显著低于大型超市的 50.00% (2/4) (χ^2=4.113，P<0.05)和小型超市的 37.50% (9/24) (χ^2=4.622，P<0.05)，而在木薯、马铃薯源性成分标识率上则无显著差异。

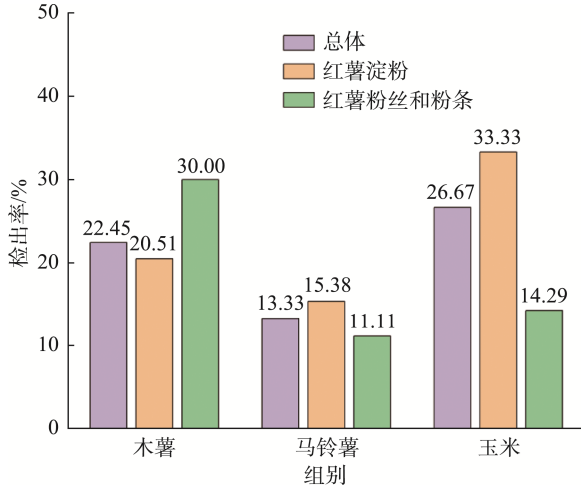


图 3 红薯淀粉及其制品中的未标识植物源性成分检出结果

Fig.3 Detection results of unlabeled plant-derived ingredients in sweet potato starch and its products

表 2 红薯淀粉及其制品植物源性成分标识和检出数量(个)

Table 2 Numbers of labeled and detected plant-derived ingredients in sweet potato starch and its products (pieces)

生产企业/销售场所	样品数	红薯源性成分		木薯源性成分		马铃薯源性成分		玉米源性成分	
		标识数	检出数	标识数	检出数	标识数	检出数	标识数	检出数
大中型企业	8	8	3	6	1	0	1	3	1
小微型企业	69	69	41	22	11	2	9	14	15
大型超市	4	4	3	3	0	0	2	2	0
中型超市	49	49	28	13	10	0	5	6	10
小型超市	24	24	13	12	2	2	3	9	6

2.4 红薯淀粉及其制品的标识一致性分析

如图 4 所示，本研究全部样品的标识一致性指数为 38.96%，其中红薯淀粉的标识一致性指数为 43.59%，红薯粉丝和粉条的为 34.21%，但二者无显著差异(经卡方检验 P>0.05)。各分组产品的标识一致性指数均低于 50%，大中型企业与小微企业生产的产品标识一致性指数无显著差异(P>0.05)，大型、中型、小型超市销售的产品标识一致性指数也无显著性差异(P>0.05)。

如图 5 所示，在本研究调查的所有红薯淀粉及其制品中，有 18 个样品仅存在第一类不一致问题，14 个样品仅存在第二类不一致问题，15 个样品则同时存在第一类和第二类不一致问题。在红薯淀粉样品中，不一致问题主要是“仅第二类不一致”和“同时存在两类不一致”，而红薯粉丝和粉条样品中的不一致问题则集中于“仅第一类不一致”，这两类样品在不一致问题的组成上有显著差异(χ^2=14.931，P<0.01)。大中型企业生产的红薯淀粉及其制品没有发现“仅第二类不一致”，而这种问题在小微型企业的产品中则比较突出。在大型超市销售的红薯淀粉及其制品，未发现“同时存在两类不一致”，但该问题在中型超市和小型超市中则比较常见。由此可见，红薯淀粉、红薯粉丝和粉条的标识不一致问题在本质上有所不同，前者主要是检出未标识的植物源性成分，而后者则主要是未检出红薯源性成分。

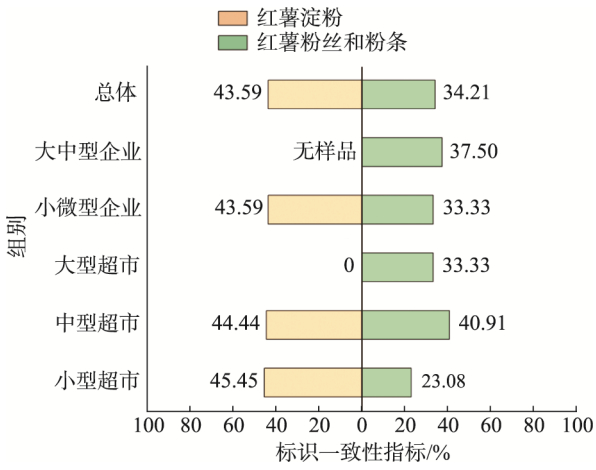


图 4 红薯淀粉及其制品的一致性评价

Fig.4 Consistency evaluation of sweet potato starch and its products

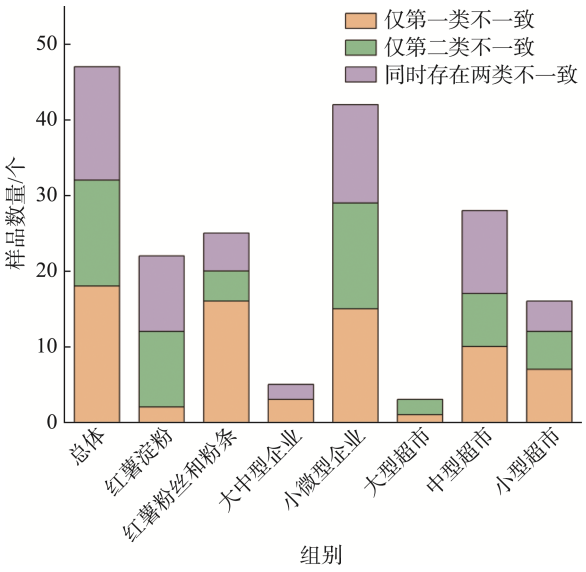


图 5　红薯淀粉及其制品的标识不一致性问题

Fig.5　Inconsistency issue in the labeling of sweet potato starch and its products

3　讨论与结论

此次调研采集的红薯淀粉及其制品中，红薯源性成分检出率仅 57.14%，有近半数产品未检测到使用红薯原料，有 37.66%的样品检出了未标识的植物源性成分。SN/T 5522.1—2023 中明确指出实时荧光 PCR 法对植物源性成分的检出限为 1%，即所检出的植物源性成分在样品中都有较高的含量，由于生产淀粉的作物通常不会在田间混栽，因此检出的未标识植物源性成分，除了可能来自生产线交叉污染以外，还可能系人为掺入所致，本研究所用的检测手段为定性检测，建议未来开发定量检测技术，明确样品中外源成分的含量。从未标识的植物源性成分种类来看，木薯和玉米源性成分的检出率远高于马铃薯。木薯淀粉和玉米淀粉的价格低廉，二者具备显著成本优势，陈晨等[26]的检测结果也反映出木薯淀粉作为红薯淀粉的廉价替代物的市场现状。红薯淀粉中掺杂马铃薯源性成分，可能更多出于提升产品的表观竞争力考虑。本研究结果表明，降低成本是驱动市售红薯淀粉及其制品掺入外源性成分行为的主要原因，而提升产品竞争力为次要因素。

小微企业生产的产品在本次检测中占比高达 89.61%，说明当前小微企业是红薯淀粉及其制品的市场主要供应主体，成本压力与监管力度不足是小微企业标识一致性指数偏低的重要原因。红薯粉丝和粉条中的红薯源性成分检出率显著低于红薯淀粉(P<0.05)，这符合加工链的规律：加工环节越多，掺假或降低红薯原料占比的可能性越高[28]。玉米源性成分在红薯淀粉中的检出率显著高于红薯粉丝和粉条中的(P<0.05)，这可能是由于玉米淀粉中直链淀粉的占比更高[29−30]，制成粉丝或粉条后的性状与红薯淀粉制品差别较大[31]，容易被消费者察觉。

通过对市售红薯淀粉及其制品的调研发现，配料表成分标识与实际植物源性成分存在较明显的不一致问题，整体标识一致性指数仅为 38.96%。无论从生产企业还是销售场所，其产品标识一致性指数都不足 50%，且无显著性差异。这表明红薯淀粉及其制品的标识不一致性是全行业普遍存在的共性问题，是人为掺入所致。部分企业漠视相关法律法规，以违规标识获取市场竞争力[32]；而监管层面则存在抽检覆盖不足、惩罚力度较轻等问题[33]。因此，红薯淀粉及其制品标识不一致问题的本质是企业责任意识缺失。建议针对红薯淀粉和红薯淀粉制品中主要存在的不一致问题实施差异化抽检策略，按产品风险分级抽检，加强对小微企业的监管，以提升行业整体合规水平。

参考文献

[1] Zhang Mengyuan, Golding J B, Pristijono P, et al. Effects of Huangjing polysaccharides on the properties of sweet potato starch [J]. LWT, 2024, 204: 116474.

[2] Lindqvist-Kreuze H, Bonierbale M, Grüneberg W J, et al. Potato and sweetpotato breeding at the International Potato Center: approaches, outcomes and the way forward [J]. Theoretical and Applied Genetics, 2023, 137(1): 12.

[3] Sun Yangyang, Qin Renbing, Zeng Jie, et al. Effect of heat-moisture treatment on the structure and digestibility of sweet potato starch [J]. Foods, 2023, 12(16): 3076.

[4] 黄可谦，苏锦瀚，李传楠，等. 海带多糖对红薯淀粉和豌豆淀粉理化特性的影响[J]. 食品工业科技, 2026, 47(6): 78–87.
Huang Keqian, Su Jinhan, Li Chuannan, et al. Effects of laminarin on physicochemical property of sweet potato starch and pea starch [J]. Science and Technology of Food Industry, 2026, 47(6): 78–87.

[5] 侯蕾，韩小贤，郑学玲，等. 不同种类淀粉理化性质的比较[J]. 粮食加工, 2015, 40(2): 32–37.
Hou Lei, Han Xiaoxian, Zheng Xueling, et al. Comparison of physical and chemical properties of different kinds of starch [J]. Grain Processing, 2015, 40(2): 32–37.

[6] 夏珍珍，张博源，郑丹，等. 基于 PLS 与 CNN 的甘薯淀粉掺假鉴别及量化比较[J]. 食品科学, 2025, 46(20): 327–336.
Xia Zhenzhen, Zhang Boyuan, Zheng Dan, et al. Identification and quantification of adulterated sweet potato starch based on PLS and CNN: a comparative study [J]. Food Science, 2025, 46(20): 327–336.

[7] 崔悦，陈永福. 世界和中国马铃薯供求分析[J]. 河北农业大学学报(社会科学版), 2024, 26(2): 59–69.
Cui Yue, Chen Yongfu. An analysis of supply and demand of potato and its products in the world and China [J]. Journal of Hebei Agricultural University (Social Sciences), 2024, 26(2): 59–69.

[8] 陈璐璐，玄晨宇，代养勇，等. 高压微射流处理对马铃薯淀粉结构和糊特性的影响[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(11): 17–23.
Chen Lulu, Xuan Chenyu, Dai Yangyong, et al. Effect of high-pressure microfluidization treatment on the structure and paste properties of potato starch [J]. Food Research and Development, 2021, 42(11): 17–23.

[9] Lindqvist-Kreuze H, Bonierbale M, Grüneberg W J, et al. Potato and sweetpotato breeding at the international potato center: approaches, outcomes and the way forward [J]. Theoretical and Applied Genetics, 2023, 137(1): 12.

[10] 唐小兰, 贺燕, 黄燕. 葛根淀粉、百合淀粉掺伪快速鉴别技术研究[J]. 食品与机械, 2015, 31(4): 72–76, 110.
Tang Xiaolan, He Yan, Huang Yan. Research on rapid identification methods of edible starch [J]. Food and Machinery, 2015, 31(4): 72–76, 110.

[11] Nallan Chakravartula S S, Moscetti R, Bedini G, et al. Use of convolutional neural network (CNN) combined with FT-NIR spectroscopy to predict food adulteration: a case study on coffee [J]. Food Control, 2022, 135: 108816.

[12] Lanjewar M G, Morajkar P P, Parab J S. Portable system to detect starch adulteration in turmeric using NIR spectroscopy [J]. Food Control, 2024, 155: 110095.

[13] Lohumi S, Lee S, Lee W H, et al. Detection of starch adulteration in onion powder by FT-NIR and FT-IR spectroscopy [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2014, 62(38): 9246–9251.

[14] 邹婷婷, 窦英, 王莹, 等. 近红外光谱法结合 C-SVM 及 υ-SVM 方法快速无损鉴别淀粉种类[J]. 食品工业科技, 2013, 34(17): 317–319.
Zou Tingting, Dou Ying, Wang Ying, et al. Non-destructive determination of starch category by using C-SVM and υ-SVM on NIR spectroscopy [J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(17): 317–319.

[15] 王绍清, 武士奎, 穆同娜, 等. 扫描电镜和稳定碳同位素比质谱法鉴别马铃薯淀粉中的掺假玉米淀粉[J]. 食品科学, 2010, 31(22): 332–335.
Wang Shaoqing, Wu Shikui, Mu Tongna, et al. Detection of adulterated maize starch in potato starch by scanning electron microscope and stable carbon isotope ratio analysis [J]. Food Science, 2010, 31(22): 332–335.

[16] 王绍清, 范文浩, 王琳琳, 等. 我国食用淀粉种类的扫描电镜和同位素比质谱法鉴别技术研究[C]//中国分析测试协会科学技术奖发展回顾: 国家食品质量安全监督检验中心, 2015: 288–289.
Wang Shaoqing, Fan Wenhao, Wang Linlin, et al. Research on the identification techniques of different types of edible starch in china using scanning electron microscopy and isotope ratio mass spectrometry [C]//Review of the development of the science and technology awards of the Chinese Association for Instrumental Analysis: National Center for Food Quality Supervision and Inspection, 2015: 288–289.

[17] Anagaw Y K, Ayenew W, Limenh L W, et al. Food adulteration: causes, risks, and detection techniques: review [J]. SAGE Open Medicine, 2024, 12: 20503121241250184.

[18] 李文珍, 王树林, 梅涵一, 等. 淀粉掺假鉴别技术研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(19): 159–169.
Li Wenzhen, Wang Shulin, Mei Hanyi, et al. Research progress on starch adulteration identification technology [J]. Journal of Food Safety and Quality, 2025, 16(19): 159–169.

[19] 韩建勋, 陈颖, 吴亚君, 等. 实时荧光 PCR 法鉴定食用淀粉植物来源[J]. 中国食品学报, 2019, 19(2): 291–300.
Han Jianxun, Chen Ying, Wu Yajun, et al. Identification of botanical origin of edible starch by real-time PCR [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2019, 19(2): 291–300.

[20] Hu Meizhen, Hu Wenbin, Xia Zhiqiang, et al. Validation of reference genes for relative quantitative gene expression studies in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) by using quantitative real-time PCR [J]. Frontiers in Plant Science, 2016, 7: 680.

[21] 姚晓静, 张泓, 张春江, 等. 复配粉中马铃薯成分实时荧光 PCR 检测方法的建立[J]. 核农学报, 2018, 32(2): 297–303.
Yao Xiaojing, Zhang Hong, Zhang Chunjiang, et al. Real-time PCR assay for detecting potato components in composite powder [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2018, 32(2): 297–303.

[22] 陈佳琛, 陈晨, 张瑞, 等. 实时荧光 PCR 法鉴定莜面的植物源性成分[J]. 中国食品工业, 2023(14): 65–67.
Chen Jiachen, Chen Chen, Zhang Rui, et al. Identification of plant-derived components in oat flour by real-time fluorescence PCR [J]. China Food Industry, 2023(14): 65–67.

[23] Oh S H, Jang C S. Development and validation of a real-time PCR based assay to detect adulteration with corn in commercial turmeric powder products [J]. Foods, 2020, 9(7): 882.

[24] 陈佳琛, 陈晨, 张瑞, 等. 实时荧光 PCR 法鉴别莜面中掺杂淀粉的植物源性[J]. 食品安全导刊, 2023(11): 122–128.
Chen Jiachen, Chen Chen, Zhang Rui, et al. Identification plant-derived of naked oats adulterated starch by real-time PCR method [J]. China Food Safety Magazine, 2023(11): 122–128.

[25] 魏涛, 王恒, 葛宏义, 等. 基于太赫兹时域光谱的淀粉品种分类研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2025, 45(7): 1866–1873.
Wei Tao, Wang Heng, Ge Hongyi, et al. Research on variety classification of starch based on terahertz time-domain spectroscopy [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2025, 45(7): 1866–1873.

[26] 陈晨, 史国华, 张瑞, 等. 粉丝中红薯、木薯成分荧光定量 PCR 检测方法研究[J]. 食品科技, 2024, 49(3): 307–311, 319.
Chen Chen, Shi Guohua, Zhang Rui, et al. Study on fluorescent quantitative PCR detection method of sweet potato and cassava components in vermicelli [J]. Food Science and Technology, 2024, 49(3): 307–311, 319.

[27] 阎霞. 预包装食品标签常见问题解析[J]. 食品安全导刊, 2024(34): 122–125.
Yan Xia. Analysis of common problems with prepackaged food labeling [J]. China Food Safety Magazine, 2024(34): 122–125.

[28] Muyembe D K, Zhang Miao, Sun Hongnan, et al. Effects of energy-gathered and energy-divergent ultrasound on structure, DNA extraction and adulterated quantification of sweet potato vermicelli and its starch [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2025, 105(4): 2271–2281.

[29] Seguchi M, Hayashi M, Suzuki Y, et al. Role of amylose in the maintenance of the configuration of rice starch granules [J]. Starch-Stärke, 2003, 55(11): 524–528.

[30] 王赛笛, 张高阳, 吕欢欢, 等. 植物中直链淀粉合成及其含量提高策略的研究进展[J]. 生物技术通报, 2025, 41(8): 22–33.
Wang Saidi, Zhang Gaoyang, Lv Huanhuan, et al. Research advances in amylose biosynthesis and strategies for enhancing its content in plants [J]. Biotechnology Bulletin, 2025, 41(8): 22–33.

[31] 韩嵊峻. 玉米淀粉对红薯全粉粉丝品质特性影响的研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2022: 25–26.
Han Shengjun. Research on the effects of corn starch on the quality characteristics of sweet potato whole powder-based fans [D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2022: 25–26.

[32] 蒋妍. 智能化技术在预包装食品标签审核中的应用[J]. 食品安全导刊, 2025(30): 152–154.
Jiang Yan. The application of intelligent technology in the label review of prepackaged food [J]. Food Safety Guide Magazine, 2025(30): 152–154.

[33] 张忠民. 论食品添加剂反面标识的法律规制[J]. 中国食品添加剂, 2016, 27(6): 47–52.
Zhang Zhongmin. Study on the legal regulation of opposite labeling of food additives [J]. China Food Additives, 2016, 27(6): 47–52.

(责任编辑: 安香玉 曹岱琳)