

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2021.05.019

李晓宁, 谭斌, 汪丽萍, 等. 市售全麦挂面品质评价研究[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(5): 145-151.

LI X N, TAN B, WANG L P, et al. Research on the quality evaluation of commercial whole grain dried noodles[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2021, 29(5): 145-151.

市售全麦挂面品质评价研究

李晓宁¹, 谭斌¹, 汪丽萍¹✉, 田晓红¹, 燕子豪¹, 叶国栋¹, 薛丽²

(1. 国家粮食和物资储备局科学研究院, 北京 100037;

2. 北京市昌平区农产品监测检测中心, 北京 102200)

摘要: 为较为全面的掌握目前市售全麦挂面的品质特性, 为全麦挂面标准制定提供数据参考, 对采集于 2019 和 2020 两个年度的 41 份市售全麦挂面进行产品品质分析与评价。结果显示: 水分含量为 9.77%~13.06%, 酸度值为 0~4.46 mL/10 g, 自然断条率为 0.04%~4.05%, 熟断条率为 0%~3.33%, 其中 90% 全麦挂面样品的熟断条率为 0%, 烹调损失率为 2.46%~11.36%。以 LS/T 3212—2014《挂面》粮食行业标准中上述指标的限值为基准, 2 份样品的酸度和 4 份样品的烹调损失率大于限值; 其余样品各指标均符合要求。总膳食纤维含量为 2.22~12.37 g/100 g; 烷基间苯二酚含量为 10.08~218.52 μg/g。比较发现, 水分、酸度和烷基间苯二酚这 3 个指标在 2020 年全麦挂面中的整体水平要高于 2019 年, 而烹调损失率则与之相反, 其余指标两年度间无显著差异。目前市售全麦挂面品质差异较大。

关键词: 全麦; 挂面; 品质; 标准; 总膳食纤维; 烷基间苯二酚

中图分类号: TS210.7 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2021)05-0145-07

Research on the Quality Evaluation of Commercial Whole Grain Dried Noodles

LI Xiao-ning¹, TAN Bin¹, WANG Li-ping¹✉, TIAN Xiao-hong¹, YAN Zi-hao¹, YE Guo-dong¹, XUE Li²

(1. Academy of National Food and Strategic Reserves Administration, Beijing 100037, China;

2. Agricultural Products Monitoring and Testing Center of Changping District, Beijing 102200, China)

Abstract: This paper aims to comprehensively analyze quality features of commercial whole grain dried noodles and provide data reference for the formulation standards of whole grain dried noodles. 41 commercial whole grain dried noodles collected in 2019 and 2020 are analyzed and evaluated in this research. The moisture content is from 9.77% to 13.06%, while the acidity value between 0.00 to 4.46 mL per 10 g, with a naturally broken ratio from 0.04% to 4.05%. The cooked broken ratio is from 0.00% to 3.33%. The cooked broken ratio of 90% whole grain noodle samples is 0%, with the cooking loss ratio between 2.46% and 11.36%. Taking the limits of the above indexes in LS/T 3212—2014 as the reference, except the acidity of 2 samples and the cooking loss rate of 4 samples which are beyond the limit values, all indexes of other samples meet the requirements. The total dietary fiber content is between 2.22 to 12.37 g per 100 g and the

收稿日期: 2021-04-12

基金项目: “十三五”国家重点研发计划项目(2018YFD0401002); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(ZX1904; ZX2018)

Supported by: National Key Research and Development Project of the 13th five-year plan, China (No. 2018YFD0401002); Fundamental Research Funds of non-profit Central Institutes (No. ZX1904; No. ZX2018)

作者简介: 李晓宁, 女, 1989 年出生, 硕士, 助理研究员, 研究方向为谷物功能成分与加工技术。E-mail: lxn@ags.ac.cn.

通讯作者: 汪丽萍, 女, 1978 年出生, 博士, 研究员, 研究方向为粮食加工与安全。E-mail: wlp@ags.ac.cn.

alkylresorcinols content is between 10.08 $\mu\text{g/g}$ and 218.52 $\mu\text{g/g}$. The integral level of moisture content, acidity and alkylresorcinols content of samples in 2020 is higher than that in 2019, and the cooking loss rate is the lower, while there is no significant difference between two years' samples in other indexes. The results show that the quality of commercial whole grain dried noodles varies greatly.

Key words: whole grain dried noodles; quality; standard; total dietary fiber; alkylresorcinols

全谷物富含多种生理活性物质,其中包括酚酸、黄酮、烷基间苯二酚等酚类物质^[1-2],阿拉伯木聚糖、 β -葡聚糖等非淀粉多糖^[3]以及维生素、类胡萝卜素、植物甾醇等^[4],具备抗菌消炎^[5]、降糖降脂^[6]、抗氧化^[7]、抗肿瘤^[8]等多种功效。随着全谷物的诸多生理功效逐渐被大众所熟知,全谷物食品进入了快速发展的新阶段,全麦挂面是全谷物食品市场上重要的产品之一。

全麦挂面是以全麦粉作为主要原料加工制作而成的挂面,在 LS/T 3244—2015 中对全麦粉的要求是“小麦胚乳、胚芽与麸皮的相对比例要与天然完整颖果基本一致”^[9],胚芽、麸皮等组分的存在会提高挂面营养,提升其膳食纤维含量及抗氧化水平^[10],增加其挥发性风味物质^[11-12],但同时也会降低面条品质^[13]及感官接受度^[14]。部分生产企业为了不损失挂面品质,仅少量添加全麦粉亦或是产品虽以“全麦挂面”命名却仅使用小麦粉进行挂面加工,致使产品名不副实,不具备全麦食品的营养健康功效,损害消费者利益,同时也不利于全麦挂面产业发展。目前全麦挂面市场尚无统一的标准规范,企业生产或执行 LS/T 3212 挂面标准或执行各自企业标准,致使不同品牌产品品质良莠不齐。受到产品品质、供求关系、市场前景等因素影响,生产全麦挂面的企业及其上市产品在不同年份间处于动态变化之中。不同年份产品的品质监测更利掌握市售全麦挂面市场中产品的动态发展状态。

基于上述现状,本研究对采集于 2019 和 2020 两个年度,标识为“全麦挂面”的 41 份市售产品进行了储藏品质、蒸煮品质、总膳食纤维含量和全麦标记物烷基间苯二酚含量的评价与分析(当年采集样品于当年进行评价分析),以期在全麦挂面产品标准的制定提供数据基础,推动全麦挂面产业健康有序发展。

1 材料与amp;方法

1.1 实验材料

2019 年全麦挂面 21 份,编号为 1~21,18 家生产企业电商平台购买;2020 年全麦挂面 20 份,编号为 22~41,产品来自 18 家生产企业电商平台购买(基于产品在市场的售卖情况,来自 9 家生产企业的 10 种产品于两个年度均采集到,而其余产品仅在一个年度采集到的);总膳食纤维测定试剂盒、重氮盐 Fast Blue B Zn,纯度 > 95%:美国 Sigma 公司;甲醇,色谱纯:美国 Fisher 公司;2-(N-吗啉代)乙烷磺酸、三羟甲基氨基甲烷:北京索莱宝公司;NaOH 标准溶液(0.1 mol/L)、乙酸、95%乙醇:北京化工厂;烷基间苯二酚同系物 C15:0 标准品 纯度 $\geq 98\%$:加拿大 TRC 公司。

F135 型粉碎机:天津泰斯特有限公司;ML204 分析天平:瑞士梅特勒托利多公司;DGG-9140BD 型电热恒温鼓风干燥箱:上海森信实验仪器有限公司;SHZ-B 水浴恒温振荡器:上海博讯医疗生物仪器股份有限公司;L580 低速大容量离心机:上海卢湘仪离心机仪器有限公司;MD200-2 氮吹仪:上海沪析实业有限公司;T6 新世纪紫外可见分光光度计:北京普析通用仪器有限责任公司;Fiber E 膳食纤维分析系统:丹麦福斯分析仪器公司。

1.2 实验方法

1.2.1 水分的测定

参照 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》第一法 直接干燥法。

1.2.2 酸度的测定

参照 GB 5009.239—2016《食品安全国家标准 食品酸度的测定》第一法 酚酞指示剂法。

1.2.3 自然断条率的测定

参照 LS/T 3212—2014《挂面》附录 B 自然断条率测定。

1.2.4 熟断条率及烹调损失率的测定

参照 LS/T 3212—2014《挂面》附录 C 熟断条率及烹调损失率的测定。

1.2.5 总膳食纤维的测定

参照 GB 5009.88—2014《食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定》。

1.2.6 烷基间苯二酚的测定

参照 LS/T 3244—2015《全麦粉》附录 A 全麦粉中烷基间苯二酚含量的测定。

1.3 数据分析

数据统计采用 Excel2010, 使用 Origin8.5 数据软件进行数据处理、作图和分析。

2 结果与分析

2.1 全麦挂面品质描述性分析

本研究对采集于 2019 和 2020 两个年度的 41 份市售全麦挂面的储藏品质、蒸煮品质、总膳食纤维含量及全麦生物标记物烷基间苯二酚含量等进行了评价与分析, 结果见表 1。分析结果显示, 水分的变异系数小于 10%, 离散程度较小, 样品间没有表现出显著差异; 其余指标的变异系数均大于 10%, 数据间呈现中等或强离散程度, 差异显著或极其显著, 其中熟断条率、自然断条率和烷基间苯二酚等指标在样品间的差异最为显著, 这可能与所使用的全麦粉及全麦粉的添加量不同有关。

表 1 市售全麦挂面理化品质描述性统计
 Table 1 Descriptive statistics of chemical qualities of commercial whole wheat dried noodles

指标	变化范围	中位数	平均值	标准差	变异系数/%
水分/%	9.77~13.06	10.79	10.98	0.87	7.89
酸度/(mL/10 g)	0.00~4.46	2.00	2.03	0.99	48.56
自然断条率/%	0.04~4.05	0.41	0.62	0.72	115.78
熟断条率/%	0.00~3.33	0.00	0.26	0.82	310.91
烹调损失率/%	2.46~11.36	7.73	7.86	1.58	20.08
总膳食纤维 (以干基计, g/100 g)	2.22~12.37	5.13	5.99	2.53	42.30
烷基间苯二酚 (以干基计, μg/g)	10.08~218.52	45.14	69.06	57.53	83.32

2.2 水分

水分含量是全麦挂面储藏过程中的一个重要指标, 直接关系到全麦挂面的储藏稳定性及货架

期长短, 挂面水分含量过高, 更易出现霉变、微生物超标等问题。2019 年市售的 21 份全麦挂面的水分分布在 9.77%~11.98%之间, 如图 1 所示, 平均值为 10.57%; 2020 年市售的 20 份全麦挂面的水分含量分布在 10.06%~13.06%之间, 如图 2 所示, 平均值为 11.42%, 均低于 LS/T 3212—2014^[15]中水分限值(14.5%), 37 份样品(占全部样品数的 90%)的水分 < 12%。整体来讲, 2020 年市售全麦挂面的水分含量要高于 2019 年, 而较低的水分含量将更有利于延长全麦挂面的货架期。

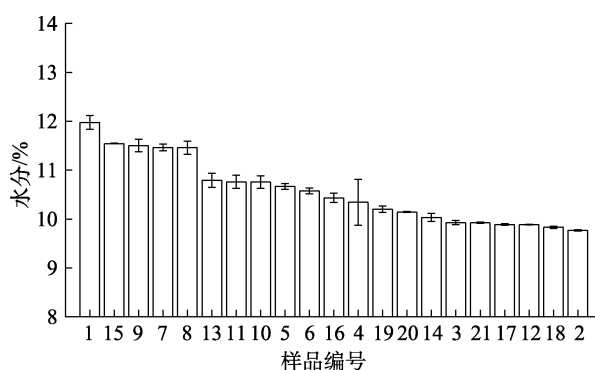


图 1 2019 年市售全麦挂面水分含量

Fig.1 Moisture content of commercial whole grain dried noodles in 2019

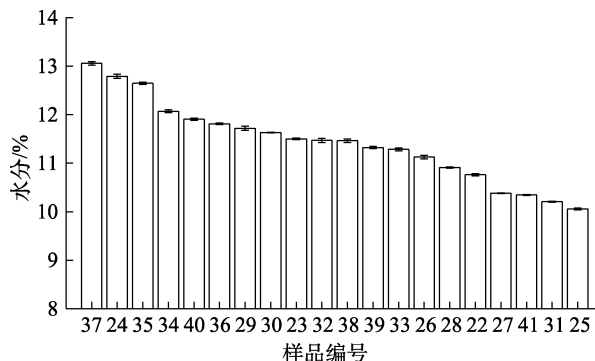


图 2 2020 年市售全麦挂面水分含量

Fig.2 Moisture content of commercial whole grain dried noodles in 2020

2.3 酸度

酸度是衡量全麦挂面产品品质的一个重要指标, 全麦粉中包含有麸皮和胚芽, 这些易酸败成分会使全麦挂面的酸度增加, 特别是没有经过稳定化处理的全麦粉^[16]。亚油酸是全麦挂面中含量最高的多不饱和脂肪酸, 占到脂肪酸总量的 60%左右, 易氧化降解生成乙酸、己酸及壬酸等刺激性气味化合物^[17], 影响消费者对全麦挂面的接受度。2019 年市售的 21 份全麦挂面的酸度分布在 0.27%~3.60%之间, 如图 3 所示, 平均值为 1.67%;

2020 年市售的 20 份全麦挂面的酸度分布在 0.00%~4.46% 之间, 如图 4 所示, 平均值为 2.40%。除 2020 年有 2 份样品 (占 2020 年样品数的 10%) 的酸度超过 LS/T 3212—2014 中酸度限值 (4.0 mL/10 g), 分别为: 4.41 mL/10 g 和 4.46 mL/10 g, 其余样品酸度均满足限值要求。整体来讲, 2020 年市售全麦挂面的酸度要高于 2019 年。

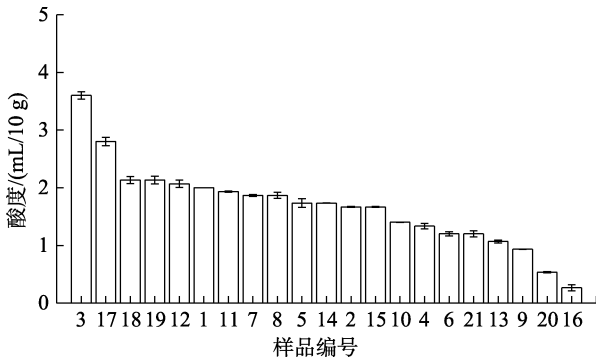


图 3 2019 年市售全麦挂面酸度

Fig.3 Acidity of commercial whole grain dried noodles in 2019

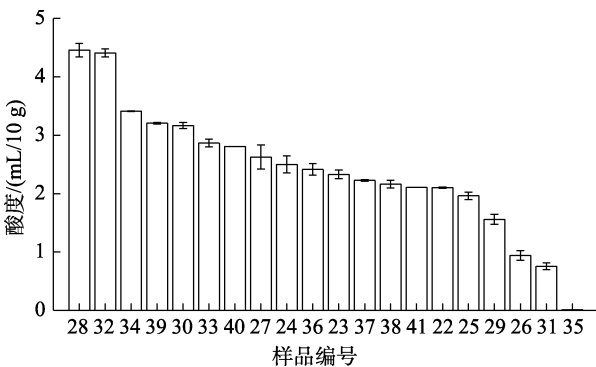


图 4 2020 年市售全麦挂面酸度

Fig.4 Acidity of commercial whole grain dried noodles in 2020

2.4 自然断条率

自然断条率反映的是长度不足平均长度三分之二的挂面占比, 自然条件下的挂面断条源于挂面内部结构的改变, 全麦挂面中的麸皮成分, 特别是粗麸皮会占据较大空间, 对面筋网络的形成产生不利影响, 致使面片容易发生断裂^[18-19]。2019 年市售的 21 份全麦挂面的自然断条率分布在 0.04%~4.05% 之间, 如图 5 所示, 平均值为 0.65%; 2020 年市售的 20 份全麦挂面的自然断条率分布在 0.08%~2.71% 之间, 如图 6 所示, 平均值为 0.59%, 均低于 LS/T 3212—2014 中自然断条率限值 (5%)。2019 年和 2020 年分别各有 2 份样品的自然断条率超过 1%, 而最大值出现在 2019 年;

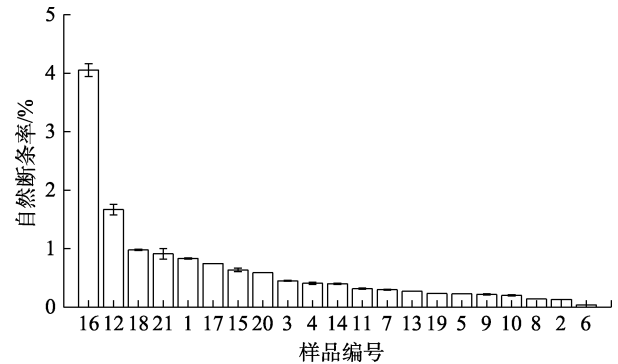


图 5 2019 年市售全麦挂面自然断条率

Fig.5 Naturally broken ratio of commercial whole grain dried noodles in 2019

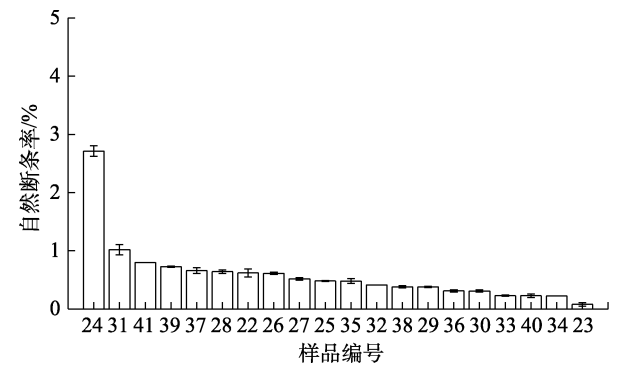


图 6 2020 年市售全麦挂面自然断条率

Fig.6 Naturally broken ratio of commercial whole grain dried noodles in 2020

其余样品自然断条率均小于 1% 且两个年份样品数据分布未呈现显著差异, 整体水平均较低。

2.5 熟断条率及烹调损失率

熟断条率和烹调损失率是反映挂面蒸煮品质的两个重要指标。对市售的 41 份全麦挂面样品进行熟断条率评价, 结果显示: 除 1 份 2019 年市售的全麦挂面的熟断条率为 3.33%; 3 份 2020 年市售的全麦挂面的熟断条率为 2.50%, 其余 37 份样品的熟断条率均为 0%, 全部低于 LS/T 3212—2014 中熟断条率限值 (5%)。整体来讲, 全麦挂面中麸皮的存在并未对熟全麦挂面的韧性造成影响。

烹调损失率代表的是挂面在煮制过程中, 溶解和脱落到水中的固形物占比, 体现挂面中各组分的结合程度, 反映挂面在煮制过程中的完整性^[20]。麸皮中的膳食纤维组分会破坏面筋蛋白质网络结构的连续性, 在煮面时会有更多直链淀粉析出, 导致烹调损失率增大^[21]。2019 年市售的 21 份全麦挂面的烹调损失率分布在 2.46%~11.36% 之间, 如图 7 所示, 平均值为 8.53%; 2020 年市售的 20 份全麦挂面的烹调损失率分布在 5.03%~8.34% 之

间,如图 8 所示,平均值为 7.15%。除 2019 年有 4 份样品(占 2019 年样品数 19%)的烹调损失率略高于 LS/T 3212—2014 中烹调损失率的限值(10%),其余样品烹调损失率均满足限值要求。整体来讲,2019 年全麦挂面的烹调损失率要高于 2020 年。

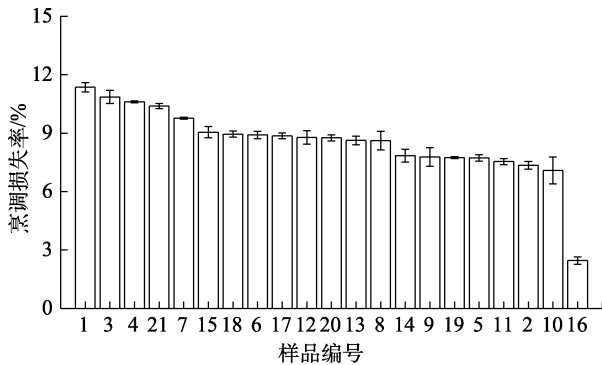


图 7 2019 年市售全麦挂面烹调损失率

Fig.7 Cooking loss ratio of commercial whole grain dried noodles in 2019

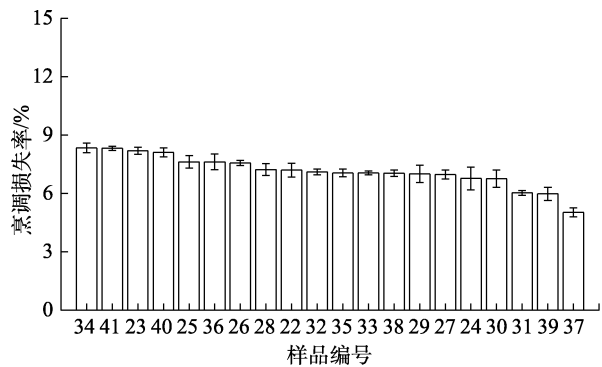


图 8 2020 年市售全麦挂面烹调损失率

Fig.8 Cooking loss ratio of commercial whole grain dried noodles in 2020

2.6 总膳食纤维

美国食品药品监督管理局(Food and Drug Administration, FDA)推荐将膳食纤维含量作为评判全谷物食品的重要指标^[22],膳食纤维含量是全麦制品中包含有麸皮的最直观体现。LS/T3244—2015《全麦粉》中要求总膳食纤维含量 ≥ 9.0 g/100 g,美国 FDA 规定如产品于包装上标明:“富含全谷物膳食,低总脂肪、低饱和脂肪酸与低胆固醇,可降低心脏疾病与一些癌症危险。”的健康声称,产品总重量至少 51%及以上为全谷物^[23],照此核算当全麦挂面中 51%的原料为全麦粉时,总膳食纤维含量至少应 > 4.5 g/100 g。2019 年市售的 21 份全麦挂面的总膳食纤维含量(以干基计)分布

在 2.22~12.37 g/100 g 之间,如图 9 所示,平均值为 6.04 g/100 g;2020 年市售的 20 份全麦挂面的总膳食纤维含量(以干基计)在 2.91~11.45 g/100 g 之间,如图 10 所示,平均值为 5.94 g/100 g。28 份样品(占全部样品数的 68%)的总膳食纤维含量 > 4.5 g/100 g,每个年份各 14 份;在这当中又有 6 份样品(占全部样品数的 15%)的总膳食纤维含量 > 9.0 g/100 g,每个年份各 3 份。整体来讲,两个年份样品总膳食纤维含量的水平相当,数据分布没有呈现显著差异。

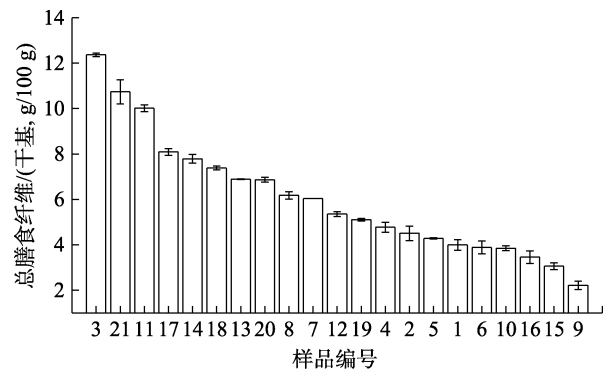


图 9 2019 年市售全麦挂面总膳食纤维含量

Fig.9 Total dietary fiber content of commercial whole grain dried noodles in 2019

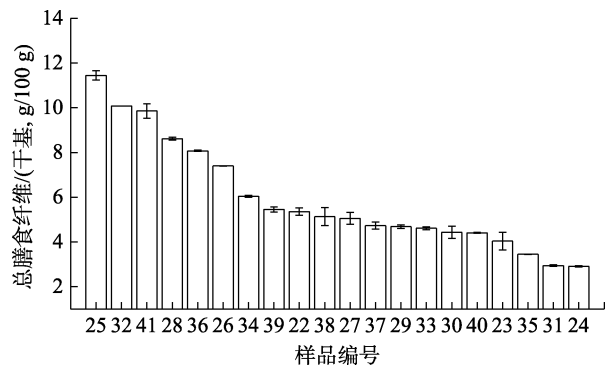


图 10 2020 年市售全麦挂面总膳食纤维含量

Fig.10 Total dietary fiber content of commercial whole grain dried noodles in 2020

2.7 烷基间苯二酚

研究发现烷基间苯二酚(Alkylresorcinols, ARs)仅分布及富集于小麦、黑小麦、黑麦等麦类皮层之中,因此利用这一特点将 ARs 作为全麦粉的鉴定标记物^[24]以及人体摄入小麦、黑麦等全谷物产品的生物标记物^[25]。LS/T3244—2015 全麦粉中已将 ARs 作为质量指标来进行产品判定(规定含量 ≥ 200 $\mu\text{g/g}$),有利于保证全麦粉品质,避免因其他成分的添加而使全麦粉总膳食纤维指标

达标的造假行为。基于此,对 41 份市售全麦挂面样品的 ARs 进行了评价分析,结果显示:2019 年市售的 21 份全麦挂面的烷基间苯二酚含量(以干基计)分布在 10.13~218.52 $\mu\text{g/g}$ 之间,如图 11 所示,平均值为 64.04 $\mu\text{g/g}$;2020 年市售的 20 份全麦挂面的烷基间苯二酚含量(以干基计)分布在 10.08~201.84 $\mu\text{g/g}$ 之间,如图 12 所示,平均值为 74.32 $\mu\text{g/g}$ 。仅 11 份样品(占全部样品数的 27%)的 ARs 含量 > 100 $\mu\text{g/g}$,其中 2019 年 5 份,2020 年 6 份;在这当中有 2 份样品(占全部样品数的 5%)的 ARs 含量 > 200 $\mu\text{g/g}$,每个年份各 1 份,最大值出现在 2019 年,但整体来讲,2020 年全麦挂面的烷基间苯二酚含量略高于 2019 年。

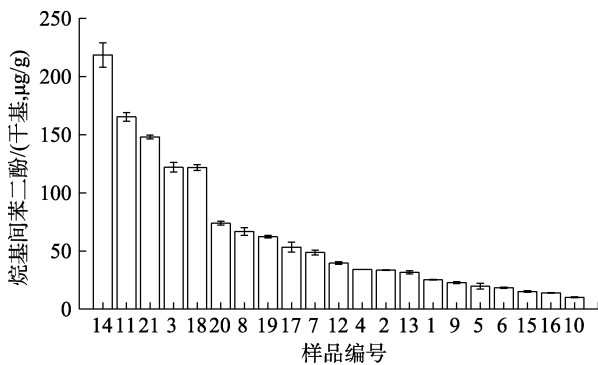


图 11 2019 年市售全麦挂面烷基间苯二酚含量

Fig.11 Alkylresorcinols content of commercial whole grain dried noodles in 2019

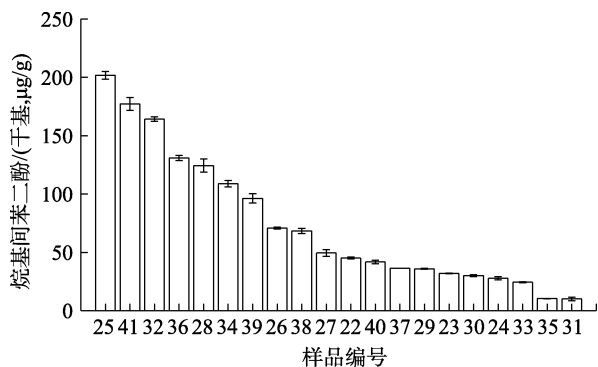


图 12 2020 年市售全麦挂面烷基间苯二酚含量

Fig.12 Alkylresorcinols content of commercial whole grain dried noodles in 2020

3 结论

目前全麦挂面市场尚无统一的标准规范,企业生产或执行 LS/T 3212 标准或执行各自企业标准。产品标识混乱,原料使用缺乏监管措施和指标。受到多种因素影响,生产全麦挂面的企业及

其上市产品在不同年份间处于动态变化之中。

基于上述现状,本研究对采集于 2019 和 2020 两个年度的 41 份市售标识为“全麦挂面”的样品进行了储藏品质、蒸煮品质、总膳食纤维含量和全麦标记物烷基间苯二酚含量等 7 个理化指标的评价与分析。以 LS/T 3212—2014 中的相关质量指标限值作为参考,41 份全麦挂面样品中,除个别样品酸度(占总样品数 5%)和烹调损失率(占总样品数 10%)大于限值;其余样品各指标均符合要求,隶属挂面范畴来讲整体品质良好。根据 FDA 中有健康声称的全谷物食品至少 51%全谷物添加量的规定,以 LS/T3244—2015《全麦粉》中总膳食纤维含量和烷基间苯二酚含量限值作为参考进行核算,有 68%的样品达到总膳食纤维核算数值,而仅有 27%的样品 ARs 含量高于核算数值。整体来讲市售全麦挂面 ARs 含量偏低,相较而言 ARs 含量在 2020 年样品中整体水平要高于 2019 年。作为全麦粉鉴定的标记物,这一指标的整体偏低反映出当前市售标识为“全麦挂面”的产品其加工原料全麦粉品质和含量并不尽如人意,未来全麦挂面市场还需要通过相关标准来对原料加强监管与约束。

参考文献:

- [1] MANUELA O, ELIXABET D, VITO V, et al. Assessment of phytochemical compounds in functional couscous: Determination of free and bound phenols and alkylresorcinols[J]. Food Research International, 2020, 130(April): 108970.
- [2] NURUL H, LU S, TANZIM J, et al. Treasure from garden: Bioactive compounds of buckwheat[J]. Food Chemistry, 2021, 335(January): 127653.
- [3] HUMA B U A, FARHAN S, MUHAMMAD A K, et al. Isolation and characterization of cereal cell walls [J]. International Journal of Food Properties, 2019, 22(1): 130-137.
- [4] 汪丽萍, 谭斌, 刘明, 等. 全谷物中生理活性物质的研究进展与展望[J]. 中国食品学报, 2012, 12(8): 141-147.
WANG L, TAN B, LIU M, et al. Research progress and prospect of bioactive components in whole grain [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2012, 12(8): 141-147.
- [5] JING R, LI H Q, HU C L, et al. Phytochemical and pharmacological profiles of three fagopyrum buckwheats[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2016, 17(4): 589.
- [6] LI L, PAN M, PAN S, et al. Effects of insoluble and soluble fibers isolated from barley on blood glucose, serum lipids, liver function and caecal short-chain fatty acids in type 2 diabetic and normal rats[J]. Food and Chemical Toxicology, 2020, 135(January): 110937.

- [7] MARIOLA K, KAROLINA C, ANNA J, et al. Antioxidant activity of rye bran alkylresorcinols and extracts from whole-grain cereal products[J]. *Food Chemistry*, 2009, 116(4): 1013-1018.
- [8] 汤卫国, 管福琴, 赵友谊, 等. 五种小麦麸皮烷基酚类化合物体外抗肿瘤作用及初步的机制研究[J]. *食品工业科技*, 2014, 35(15): 352-355.
TANG W, GUAN F, ZHAO Y, et al. Experimental study on antitumor effects of five Alkylphenol from wheat bran and its preliminary mechanism [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2014, 35(15): 352-355.
- [9] 全国粮油标准化技术委员会. LS/T3244—2015 全麦粉[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
National Technical Committee 270 on Grain and Oil of Standardization Administration of China. LS/T 3244—2015 Whole wheat flour [S]. Beijing: Standards Press of China.
- [10] HACER L, MEHMET K, NERMIN B, et al. Improvement of chemical properties of noodle and pasta using dephytinized cereal brans[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2020, 128(June): 109470.
- [11] 汪丽萍, 刘艳香, 谭斌, 等. 全麦粉添加量对干挂面挥发性成分的影响研究[J]. *粮油食品科技*, 2020, 28(3): 98-104.
WANG L, LIU Y, TAN B, et al. Effect of additive amount of whole wheat flour on volatile components of dry noodles[J]. *Science and Technology of Cereals, Oils and Foods*, 2020, 28(3): 98-104.
- [12] 许柠, 张国治, 刘艳香, 等. 全麦挂面特征风味化合物分析[J/OL]. *河南工业大学学报(自然科学版)*: 1-9. <https://doi.org/10.16433/j.1673-2383.2020.06.008>.
XU N, ZHANG G, LIU Y, et al. Analysis of characteristic flavor compounds in whole wheat noodles [J]. *Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition)*: 1-9. <https://doi.org/10.16433/j.1673-2383.2020.06.008>.
- [13] MARÍA B V, MARIELA C B, GABRIELA T P. Comparison of quality attributes of refined and whole wheat extruded pasta[J]. *LWT- Food Science and Technology*, 2018, 89(March): 329-335.
- [14] STEGLICH T, BERNIN D, MOLDIN A, et al. Bran particle size influence on pasta microstructure, water distribution and sensory properties[J]. *Cereal Chemistry*, 2015, 92(6): 617-623.
- [15] 全国粮油标准化技术委员会. LS/T3212—2014 挂面[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
National Technical Committee 270 on Grain and Oil of Standardization Administration of China. LS/T 3212—2014 Dried noodle [S]. Beijing: Standards Press of China.
- [16] 刘艳香, 汪丽萍, 谭斌, 等. 麸胚挤压稳定化处理对全麦挂面品质特性的影响[J]. *食品科学*, 2019, 40(19): 156-163.
LIU Y, WANG L, TAN B, et al. Effect of extrusion stabilization of wheat bran and embryo on the properties of whole wheat noodles [J]. *Food Science*, 2019, 40(19): 156-163.
- [17] 黄倩, 郭晓娜, 朱科学. 小麦粉加工精度对挂面储藏期间脂质稳定性的影响[J/OL]. *中国粮油学报*: 1-8. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2864.TS.20200813.1017.008.html>
HUANG Q, GUO X, ZHU K. Effects of wheat flour processing degree on lipid stability of dried noodles during storage [J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*: 1-8. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2864.TS.20200813.1017.008.html>
- [18] NIU M, HOU G, LEE B, et al. Effects of fine grinding of millfeeds on the quality attributes of reconstituted whole-wheat flour and its raw noodle products[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2014, 57(1): 58-64.
- [19] 田晓红, 刘艳香, 汪丽萍, 等. 麸皮粗细度对全麦粉挂面品质的影响[J]. *粮油食品科技*, 2015, 23(5): 7-10.
TIAN X, LIU Y, WANG L, et al. Effect of particle size of bran on the quality of whole-wheat flour dried noodle [J]. *Science and Technology of Cereals, Oils and Foods*, 2015, 23(5): 7-10.
- [20] LIU L, HERALD T J, WAND D, et al. Characterization of sorghum grain and evaluation of sorghum flour in a Chinese egg noodle system[J]. *Journal of Food Science*, 2012, 55: 31-36.
- [21] MARTINA F, DONATELLA P, ALESSANDRO S, et al. How combinations of dietary fibres can affect physicochemical characteristics of pasta[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2015, 61(1): 41-46.
- [22] 谭斌, 谭洪卓, 刘明, 等. 全谷物食品的国内外发展现状与趋势[J]. *中国食物与营养*, 2009(9): 4-7.
TAN B, TAN H, LIU M, et al. Development status and trend of whole grain food in the domestic and overseas [J]. *Food and Nutrition in China*, 2009(9): 4-7.
- [23] KORCZAK R, MARQUART L, SLAVIN J L, et al. Thinking critically about whole-grain definitions: summary report of an interdisciplinary roundtable discussion at the 2015 Whole Grains Summit[J]. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2016, 104(6): 1508-1514.
- [24] ALASTAIR B R, MARTIN J S, MEIKE S, et al. Alkylresorcinols in cereals and cereal products[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003, 51(14): 4111-4118.
- [25] MOHAMAD J, SIGNE B S, BERIT L H, et al. Biomarkers of whole-grain and cereal-fiber intake in human studies: A systematic review of the available evidence and perspectives[J]. *Nutrients*, 2019, 11(12): 2994. 