· 营养与食品卫生 ·

2021—2024 年武汉市市售糖醋渍菜中防腐剂和甜味剂暴露风险评估

王佩,周小琦,孙言凤,黄常刚,肖永华,朱庆,李静娜
武汉市疾病预防控制中心(武汉市卫生监督所),湖北 武汉 430024

摘要:目的 评估武汉市市售糖醋渍菜中苯甲酸、山梨酸、糖精钠和甜蜜素的暴露水平及潜在健康风险。**方法** 利用 2021—2024 年度武汉市食品安全风险监测工作糖醋渍菜中苯甲酸、山梨酸、糖精钠和甜蜜素的检测数据,采用点评估法和安全限值法对糖醋渍菜中苯甲酸、山梨酸、糖精钠和甜蜜素的暴露风险进行评估。**结果** 在所测定的 790 份糖醋渍菜样本中苯甲酸、山梨酸、糖精钠和甜蜜素的检出率分别为 83.0%、45.2%、49.6% 和 77.5%。除山梨酸外,苯甲酸、糖精钠和甜蜜素的超标率分别为 3.4%、4.2% 和 2.8%。苯甲酸、山梨酸、糖精钠和甜蜜素的最高浓度分别为 2.21 g/kg、0.837 0 g/kg、0.963 0 g/kg、3.13 g/kg。苯甲酸、山梨酸、糖精钠和甜蜜素的每日平均暴露远低于各自的 *ADI* 值,累积风险评估显示四种添加剂组合的 *HI* < 1,认为风险是可接受的。**结论** 武汉市市售糖醋渍菜中苯甲酸、山梨酸、糖精钠和甜蜜素暴露量对人群的健康风险可以接受。

关键词:糖醋渍菜;防腐剂;甜味剂;暴露风险
中图分类号:TS207.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1003 - 8507(2025)20 - 3698 - 07
DOI:10.20043/j.cnki.MPM.202506103

Exposure risk assessment of preservatives and sweeteners in sweet and sour pickled vegetables for sale, Wuhan City, 2021 – 2024

WANG Pei, ZHOU Xiao – qi, SUN Yan – feng, HUANG Chang – gang, XIAO Yong – hua, ZHU Qing, LI Jing – na
Wuhan Centers for Disease Control and Prevention, Wuhan Health Supervision Institute, Wuhan, Hubei 430024, *China*

Abstract: Objective To assess the exposure levels and potential health risks of benzoic acid, sorbic acid, saccharin sodium, and cyclamate in sweet and sour pickled vegetables for sale in Wuhan. **Methods** Utilizing the monitoring data of benzoic acid, sorbic acid, saccharin sodium, and cyclamate in sweet and sour pickled vegetables from the Wuhan Food Safety Risk Surveillance Program from 2021 to 2024, the point assessment method and the safety limit method were used to evaluatethe exposure risks of these additives. **Results** The detection rates of benzoic acid, sorbic acid, saccharin sodium, and cyclamate in sweet and sour pickled vegetables (n = 790) were 83.0%, 45.2%, 49.6%, and 77.5%, respectively. The over – standard rates of benzoic acid, saccharin sodium, and cyclamate were 3.4%, 4.2%, and 2.8%, respectively. The maximum concentrations of benzoic acid, sorbic acid, saccharin sodium, and cyclamate were 2.21 g/kg, 0.837 0 g/kg, 0.963 0 g/kg, and 3.13 g/kg, respectively. The average daily exposure to benzoic acid, sorbic acid, saccharin sodium, and cyclamate was well below their respective ADI values. Cumulative risk assessment showed that the Hazard Index (HI) of the four additives combined was less than 1. **Conclusion** The exposure risk from sweet and sour pickled vegetables in this study was within an acceptable rang.

Keywords: Sweet and sour pickled vegetables; Preservatives; Sweeteners; Exposure risk assessment

糖醋渍菜是以蔬菜咸坯,经脱盐、脱水后,用糖醋渍加工而成的蔬菜制品,属于腌制蔬菜的一种。蔬菜腌制是我国常用的一种加工方法,已有二千多年的历史,风味独特,还具有一定的经济价值[1]。腌制蔬菜在加工过程中因工艺需要会加入适量的食品添加剂,达到改善食品品质以及防腐、保鲜的目的。我国《食品添加剂使用标准》(GB 2760 – 2024)[2]规定,腌渍的蔬菜中允许添加的防腐剂种类有苯甲酸及其钠盐、山梨酸及其钾盐、乳酸链球菌素、乙二胺四乙酸二钠、脱氢乙酸及其钠盐,其中苯甲酸及其钠盐和山梨酸及其钾盐应用广泛[3-4]。GB 2760 – 2024 中对腌渍的蔬

基金项目:湖北省自然科学基金项目(2022CFB485);武汉市医学科学研究项目(WX23Z89)
作者简介:王佩(1992—),女,硕士,主管医师,研究方向:健康因素监测与评估
通信作者:孙言凤,E – mail: 422260213@qq.com

菜中甜味剂的使用也有明确规定,允许使用的甜味剂包括糖精钠、甜蜜素、安赛蜜、三氯蔗糖、阿斯巴甜等,以糖精钠、甜蜜素使用较多[5-6]。GB 2760 - 2024 规定,在腌渍的蔬菜中,苯甲酸和山梨酸的最大使用量均不能超过 1.0 g/kg,糖精钠的最大使用量不超过 0.15 g/kg,甜蜜素的最大使用量不超过 1.0 g/kg。

随着生活水平的提高以及对健康安全饮食的重视,作为餐桌上不可或缺的佐餐食品,消费者对腌制蔬菜的高品质和高安全的需求与日俱增,越来越关注腌制蔬菜中食品添加剂的安全问题。在生产加工过程中,只要按照《食品添加剂使用标准》等标准规范中规定的品种、使用范围及使用量正确使用,食品添加剂是安全的。但是如果存在非法添加或者滥用的情况,则食品添加剂产生的危害不可忽略。

食品安全监督抽检是食品安全监管的重要手段,通过分析监测数据可以分析研判食品在生产加工、消费等环节的食品安全风险。本研究对 2021—2024 年度武汉市售不同种类的糖醋渍菜中防腐剂(苯甲酸、山梨酸)和甜味剂(糖精钠、甜蜜素)的污染情况的进行监测,对武汉市居民膳食糖醋渍蔬菜中苯甲酸、山梨酸、糖精钠和甜蜜素的摄入水平和可能引起的健康风险进行评估,为食品安全监管工作提供技术支撑,为消费者健康饮食提供科学的依据。

1　材料与方法

1.1　*样品来源*　本研究依托武汉市食品安全风险监测工作,2021—2024 年在武汉市 14 个区商场和农贸市场采集糖醋渍菜共 790 份。

1.2　*检测方法*　苯甲酸、山梨酸、糖精钠:《食品安全国家标准 食品中苯甲酸、山梨酸和糖精钠的测定》(GB 5009.28 - 2016)第一法,甜蜜素:《食品安全国家标准 食品中环己基氨基磺酸钠的测定》(GB 5009.97)。苯甲酸、山梨酸、糖精钠的检出限均为 0.005 g/kg,甜蜜素的检出限为 0.01 g/kg。

1.3　*试剂与仪器*　Waters e2695 型高效液相色谱仪(美国 Waters 公司),AGILENT 7890A 型气相色谱仪(美国 Agilent 公司),AL204 型电子天平,ME 203E/02 型电子天平,超声波清洗器,HERMLE Z446K 离心机。ZORBAX Eclipse Plus - C18 (4.6 × 250 mm × 5 μm) 色谱柱(美国 Agilent 公司),DB - WAXetr (30 m × 0.53 mm × 1.0 μm)色谱柱(美国 Agilent 公司)。

苯甲酸标准溶液[GBW(E) 100006]、山梨酸标准溶液[GBW(E) 100007]、糖精钠标准溶液[GBW(E) 100008]均为 1.00 mg/ml(国家标准物质 中国计量科学研究院);甜蜜素标准溶液(BW503083 - 100 - W,100 μg/ml,中科睿谱);甲醇、乙酸铵(色谱纯);亚铁氰化钾、乙酸铵、硫酸锌、氢氧化钠、亚硝酸钠、硫酸、正庚烷、石油醚 30 ~ 60(分析纯);水为超纯水。

1.4　*膳食暴露风险评估*　采用点评估模型[7-8]对武汉市市售糖醋渍菜中苯甲酸、山梨酸、糖精钠和甜蜜素的暴露风险进行评估。计算公式为:

$$Exp = \frac{F \times C}{BW} \quad (1)$$

式中:*Exp* 为目标人群每日每公斤体重每种物质的摄入量,单位为 mg/(kg · bw);*F* 为腌菜的消费量,g/d;*C* 为样品中每种物质的含量,mg/kg;*BW* 为人群的平均体重,kg。本研究中武汉地区人群腌菜的消费量为 10.77 g/kg,人群平均体重为 62.2 kg[9]。

本研究中防腐剂和甜味剂存在共同暴露的可能性,运用危害指数法(Hazard index, *HI*)[10-11]评估多种物质的累积风险。*HI* 等于各防腐剂、甜味剂危害商(Hazard quotient, *HQ*)之和,即防腐剂、甜味剂暴露水平(Exp)与 *ADI* 值的比值之和。计算公式为:

$$HI = \sum_{i=1}^{n} HQ_i = \sum_{i}^{n} \frac{Expi}{ADI_i} \quad (2)$$

当 $HI < 1$,认为风险是可接受的;$HI \geqslant 1$ 时,认为风险不可接受。本研究中苯甲酸、山梨酸、糖精钠和甜蜜素的 *ADI* 分别为 0 ~ 5 mg/(kg · bw)[12]、11 mg/(kg · bw)[13]、9 mg/(kg · bw)[14]、7 mg/(kg · bw)[15]。

1.5　*统计学分析*

根据 WHO 全球环境监测系统/食品污染监测与评估规划(GEMS/FOOD)第二次会议"食品中低水平污染物可信评鉴"原则,当未检出数据的比例≤60%时,所有未检出数据以检出限(Limit of Detection, *LOD*)的 1/2 替代;当未检出数据的比例 >60% 时,所有未检出数据以 *LOD* 替代[16]。本次研究苯甲酸和甜蜜素检出率分别为 83.0% 和 77.5%,未检出数据使用 1/2 *LOD* 替代;山梨酸和糖精钠的检出率分别为 45.2% 和 49.6%,未检出数据以 *LOD* 替代。

使用软件 SPSS 20.0 对数据进行统计分析,经正态性检验后,数据不符合正态分布,以中位数 M,P_{75},P_{95}和范围表示。两组浓度的差异比较采用 Mann - Whitney U 检验,多组浓度的差异比较采用 Kruskal - Wallis H 检验,检出率和超标率的差异比较采用卡方检验,$P < 0.05$ 说明差异具有统计学意义。

2　结　果

2.1　*糖醋渍菜中 4 种物质的检出及超标情况*　2021—2024 年武汉市市售糖醋渍菜中防腐剂和甜味剂中浓度分布见表 1。在检测的 790 份样本中,苯甲酸、山梨酸、糖精钠和甜蜜素的检出率分别为 83.0%、45.2%、49.6% 和 77.5%。除山梨酸外,其余三种添

加剂均存在含量超标的情况。苯甲酸、山梨酸、糖精钠和甜蜜素的最高浓度分别为 2.21 g/kg(超标 2.21 倍)、0.837 0 g/kg、0.963 0 g/kg(超标 6.42 倍)、3.13 g/kg(超标 3.13 倍)。

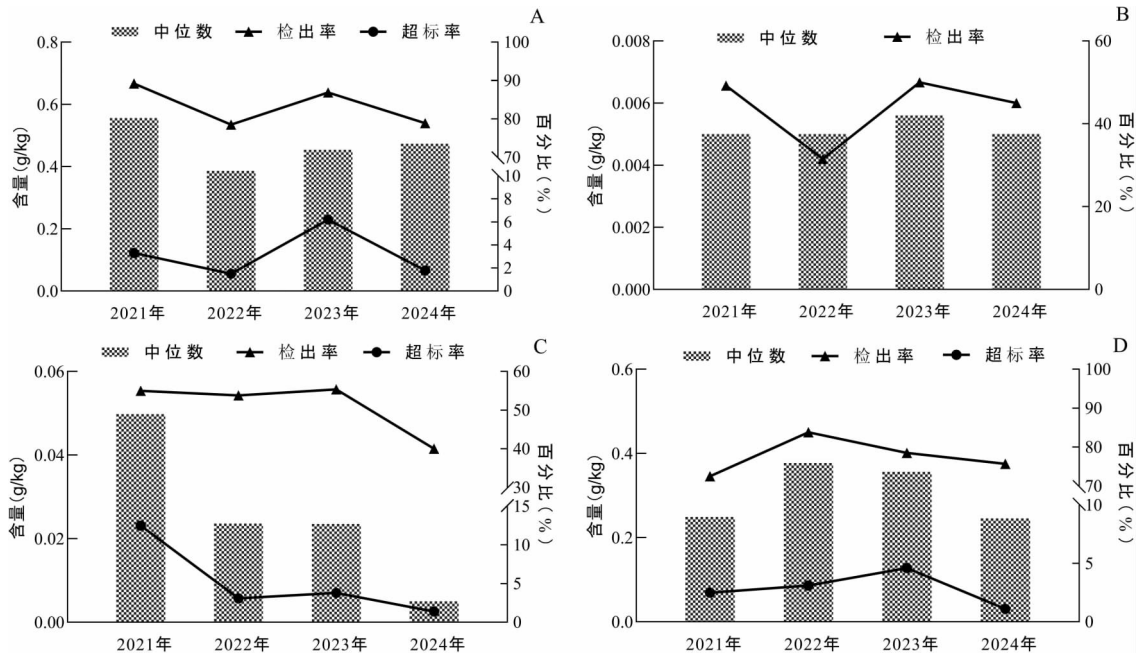
表 1 糖醋渍菜中 4 种物质的检出及超标情况

Table 1 Detection and exceeding standards of four additives in sweet and sour pickled vegetables

检测项目	样本量/份	监测结果(g/kg)					检出情况			
		平均值(x) ± 标准差(s)	M	P_{75}	P_{95}	范围	检出份数	检出率(%)	超标份数	超标率(%)
苯甲酸	790	0.433 1 ± 0.337 3	0.471 0	0.636 3	0.955 5	ND ~ 2.210 0	656	83.0	27	3.4
山梨酸	790	0.061 3 ± 0.112 6	< *LOD*	0.067 9	0.258 6	ND ~ 0.837 0	356	45.1	0	0.0
糖精钠	790	0.051 4 ± 0.088 3	< *LOD*	0.078 9	0.146 0	ND ~ 0.963 0	392	49.6	33	4.2
甜蜜素	790	0.338 8 ± 0.331 7	0.307 0	0.513 0	0.890 3	ND ~ 3.130 0	612	77.5	22	2.8

注:ND 表示未检出。

不同年份苯甲酸、山梨酸、糖精钠和甜蜜素的检出浓度差异均有统计学意义(χ^2 = 20.165、10.493、19.791、20.406,P 均 < 0.05),苯甲酸、山梨酸和甜蜜素的浓度呈波动变化,糖精钠的浓度变化呈下降趋势。不同年份苯甲酸、山梨酸、糖精钠和甜蜜素的检出率差异均有统计学意义(χ^2 = 11.276、12.982、16.140、348.752,P 均 < 0.05),糖精钠的检出率有下降的趋势,其他三种物质检出率呈现波动变化。不同年份苯甲酸和糖精钠的超标率差异具有统计学意义(χ^2 = 19.549、26.516,P 均 < 0.05),而甜蜜素的超标率差异无统计学意义(χ^2 = 6.331,P = 0.097);糖精钠的超标率有下降趋势,苯甲酸和甜蜜素的超标率呈波动变化。详见图 1。



注:A 为苯甲酸。B 为山梨酸,2021 年、2022 年和 2024 年山梨酸的浓度中位数均小于 *LOD*,图中用 *LOD* 值替代。C 为糖精钠,2024 年糖精钠的浓度中位数小于 *LOD*。D 为甜蜜素。

图 1 2021—2024 年糖醋渍菜中 4 种物质检测结果比较

Fig. 1 Comparison of detection result offour additives in sweet and sour pickled vegetables from 2021 to 2024

2.2 不同分组糖醋渍菜中4种物质检出及超标情况

按采样地区、包装类型和流通环节分组,对 4 种物质的检出及超标情况进行分析,详见表 2。中心城区和远城区的样本中,山梨酸、糖精钠和甜蜜素的浓度差异有统计学意义(Z = −2.533、−2.419、−2.555,P 均 < 0.05),远城区山梨酸和糖精钠浓度较高,中心城区甜蜜素浓度较高;中心城区山梨酸和糖精钠的检出率低于远城区(χ^2 = 11.115、16.408,P 均 < 0.05),中心城区苯甲酸和甜蜜素的超标率低于远城区(χ^2 = 8.330、4.141,P 均 < 0.05)。

不同包装类型的样本中，苯甲酸、糖精钠和甜蜜素的浓度差异有统计学意义（$Z = -3.071$、-2.066、-4.374，P 均 < 0.05），散装样本浓度含量较高。散装样本中苯甲酸、甜蜜素和糖精钠的检出率高于定型包装样本（$\chi^2 = 14.335$、5.742、12.382，P 均 < 0.05）。

不同流通环节样本苯甲酸和甜蜜素的浓度差异有统计学意义（$\chi^2 = 18.234$、25.091，P 均 < 0.001），农贸市场样本中苯甲酸含量最高，商店样本中含量最低；路边摊位样本中甜蜜素含量最高，商店样本中含量最低。甜蜜素在商店样本中检出率最低（$\chi^2 = 6.838$，$P < 0.05$）。

表 2　不同分组糖醋渍菜中 4 种物质的检出及超标情况

Table 2　Detection and exceeding standards of four additives in different groups of sweet and sour pickled vegetables

分组	样本量/份	苯甲酸				山梨酸		
		M（g/kg）	最大值（g/kg）	检出率（%）	超标率（%）	M（g/kg）	最大值（g/kg）	检出率（%）
采样地区								
中心城区	420	0.489 0	2.210 0	81.4	1.7[a]	*< LOD* [a]	0.834 0	39.5[a]
远城区	370	0.435 5	1.740 0	84.9	5.4	0.011 7	0.837 0	51.4
包装类型								
散装	725	0.475 0[a]	2.210 0	84.6[a]	3.7	*< LOD*	0.837 0	45.1
定型包装	65	0.258 0	0.945 0	66.2	0.0	*< LOD*	0.834 0	44.6
流通环节								
商店	407	0.403 0[a]	1.380 0	80.3	2.7	*< LOD*	0.834 0	45.5
农贸市场	372	0.515 0	2.210 0	85.8	4.0	*< LOD*	0.837 0	44.4
路边摊位	11	0.487 0	1.120 0	90.9	9.1	0.012 0	0.466 0	54.5

分组	样本量/份	糖精钠				甜蜜素			
		M（g/kg）	最大值（g/kg）	检出率（%）	超标率（%）	M（g/kg）	最大值（g/kg）	检出率（%）	超标率（%）
采样地区									
中心城区	420	*< LOD* [a]	0.963 0	42.9[a]	3.6	0.346 5[a]	1.830 0	78.1	1.7[a]
远城区	370	0.028 0	0.943 0	57.3	4.9	0.234 5	3.130 0	76.8	4.1
包装类型									
散装	725	0.011 0[a]	0.963 0	50.9[a]	4.1	0.322 0[a]	3.130 0	79.0[a]	2.9
定型包装	65	*< LOD*	0.339 0	35.4	4.6	0.074 0	1.830 0	60.0	1.5
流通环节									
商店	407	0.011 0	0.943 0	51.1	4.9	0.236 0[a]	1.830 0	73.7[a]	2.0
农贸市场	372	*< LOD*	0.963 0	47.8	3.5	0.373 0	3.130 0	81.5	3.8
路边摊位	11	0.025 2	0.124 0	54.5	0.0	0.404 0	0.616 0	81.8	0.0

注：a 表示不同分组之间差异有统计学意义。

2.3　不同种类糖醋渍菜中4种物质检出及超标情况

对监测的糖醋渍菜进行分类，主要分为蒜、藠头、姜、什锦菜、宝塔菜、萝卜、黄瓜和其他共 8 类，详见表 3。8 类蔬菜中 4 种物质的检出浓度差均有统计学意义（$\chi^2 = 39.694$、25.516、58.089、35.758，P 均 < 0.001），蒜中苯甲酸和糖精钠的含量均最高，萝卜中山梨酸含量最高，宝塔菜中甜蜜素含量最高。8 类蔬菜中 4 种物质的检出率差异均有统计学意义（$\chi^2 = 21.372$、34.438、60.874、24.461，P 均 < 0.05），蒜中苯甲酸和糖精钠的检出率均最高，萝卜中山梨酸的检出率最高，藠头中甜蜜素的检出率最高。

表 3　不同种类糖醋渍菜中 4 种物质检出及超标情况

Table 3　Detection and exceeding standards of four additives in different kinds of sweet and sour pickled vegetables

种类	样本量/份	苯甲酸				山梨酸		
		M[a]（g/kg）	最大值（g/kg）	检出率（%）[a]	超标率（%）	M[a]（g/kg）	最大值（g/kg）	检出率（%）[a]
蒜	223	0.578 0	1.650 0	88.3	5.8	0.022 6	0.783 0	56.5
藠头	200	0.458 0	1.520 0	79.0	3.0	*< LOD*	0.836 0	41.0
姜	160	0.430 0	1.740 0	87.5	3.1	*< LOD*	0.837 0	46.9
什锦菜	72	0.437 5	0.948 0	77.8	0.0	*< LOD*	0.834 0	23.6
宝塔菜	37	0.461 0	1.120 0	86.5	2.7	*< LOD*	0.501 0	29.7
萝卜	30	0.481 0	0.724 0	86.7	0.0	0.027 0	0.514 0	56.7

（续表）

种类	样本量/份	苯甲酸				山梨酸			
		M[a]（g/kg）	最大值（g/kg）	检出率（%）[a]	超标率（%）	M[a]（g/kg）	最大值（g/kg）	检出率（%）[a]	
黄瓜	24	0.370 5	2.210 0	58.3	4.2	<*LOD*	0.514 0	29.2	
其他	44	0.400 5	1.520 0	75.0	2.3	<*LOD*	0.422 0	47.7	

种类	样本量/份	糖精钠				甜蜜素			
		M[a]（g/kg）	最大值（g/kg）	检出率（%）[a]	超标率（%）	M[a]（g/kg）	最大值（g/kg）	检出率（%）[a]	超标率（%）
蒜	223	0.058 5	0.963 0	66.8	4.0	0.302 0	1.390 0	81.2	1.8
菌头	200	<*LOD*	0.736 0	37.0	3.0	0.318 5	1.460 0	82.5	2.0
姜	160	0.037 0	0.677 0	58.1	8.8	0.401 5	3.130 0	80.0	4.4
什锦菜	72	<*LOD*	0.152 0	44.4	1.4	0.234 5	2.260 0	68.1	4.2
宝塔菜	37	<*LOD*	0.179 0	35.1	2.7	0.431 0	1.390 0	78.4	5.4
萝卜	30	<*LOD*	0.331 0	33.3	3.3	0.075 5	1.240 0	66.7	6.7
黄瓜	24	<*LOD*	0.103 0	25.0	0.0	0.066 1	0.821 0	58.3	0.0
其他	44	<*LOD*	0.492 0	34.1	2.3	0.027 4	0.733 0	59.1	0.0

注：其他包含五仁酱丁、泡藕带、豇豆、辣白菜、包菜等糖醋渍菜。a 表示不同分组之间差异有统计学意义。

对糖醋渍菜中 4 种物质同时检出情况进行分析，发现除宝塔菜以外，其他几种糖醋渍菜均存在 4 种物质同时未检出；除黄瓜样品外，其他几种糖醋渍菜均有 4 种物质全部检出。蒜中均有 36.8% 的样本同时检出 3 种和 4 种物质，而其他几种糖醋渍菜检出 2 种和检出 3 种物质的占比较高，比如宝塔菜中有 54.1% 的样本同时检出 2 种物质，萝卜样本中有 43.3% 的样本同时检出 3 种物质。结果显示武汉市售糖醋渍菜中添加剂同时添加现象较为普遍。

2.4 *糖醋渍菜中 4 种物质残留膳食摄入风险*　由表 4 可见，按最大使用量计算理论暴露量，武汉地区人群的苯甲酸、山梨酸和甜蜜素的每日平均暴露量均为 0.17 mg/（kg · bw），分别占其 *ADI* 的 3.4%、1.5% 和 2.4%，糖精钠的每日平均暴露量为 0.03 mg/（kg · bw），占其 *ADI* 的 0.3%，均远低于各自的 *ADI* 值。

按本研究检测含量计算的实际暴露量，武汉地区人群的苯甲酸、山梨酸、糖精钠和甜蜜素的每日平均暴露量分别为 0.07、0.01、0.01 和 0.06 mg/（kg · bw），分别占其 *ADI* 的 1.4%、0.1%、0.1% 和 0.9%，最大暴露量分别为 0.38、0.14、0.17 和 0.54 mg/（kg · bw），分别占其 *ADI* 的 7.6%、1.3%、1.9% 和 7.7%，均远低于各自的 *ADI* 值。

表 4　糖醋渍菜中 4 种物质的理论和实际暴露量[mg/（kg · bw）]及百分比（%）

Table 4　Levels and percentages of theoretical and actual exposure of four additives in sweet and sour pickled vegetables

检测项目	理论暴露量（%*ADI*）	实际暴露量（%*ADI*）				
		x	*M*	P_{75}	P_{95}	最大值
苯甲酸	0.17(3.4)	0.07(1.4)	0.08(1.6)	0.11(2.2)	0.17(3.4)	0.38(7.6)
山梨酸	0.17(1.5)	0.01(0.1)	–	0.01(0.1)	0.04(0.4)	0.14(1.3)
糖精钠	0.03(0.3)	0.01(0.1)	–	0.01(0.1)	0.03(0.3)	0.17(1.9)
甜蜜素	0.17(2.4)	0.06(0.9)	0.05(0.7)	0.09(1.3)	0.15(2.1)	0.54(7.7)

注：– 因山梨酸和糖精钠的 *M* 均 <*LOD*，未计算实际暴露量。

对于同时检出四种物质添加剂组合，均按实际检测的最大值计算共同暴露的累积风险，*HI* = 0.185，*HI* <1，认为风险可以接受。

3　讨　论

本文对 2021—2024 年武汉市售糖醋渍菜 4 种添加剂的检测发现，糖醋渍菜中苯甲酸、山梨酸、糖精钠和甜蜜素的检出较为普遍，且存在含量超标的现象。糖醋渍菜 4 种添加剂的检出和超标与原材料种类有关，远城区、散装、农贸市场生产的糖醋渍菜 4 种添加剂检出率和超标率较高，对糖醋渍菜的市场监管和消费者的选择具有一定的参考价值。

防腐剂中苯甲酸检出率高，并且存在超标添加现象；山梨酸检出率最低，合格率为 100%，整体状况良好，与董梅等[17-18]的研究结果一致。分析原因，山梨酸的防腐效果较苯甲酸好且毒性为后者的 1/5，但由于苯甲酸价格低廉，在我国许多厂家首选添加苯甲酸，而国际上很多国家广泛使用山梨酸。本次调查发现不同年份比较发现糖精钠的浓度、检出率和超标率都呈下降趋势，可能与商家规范使用以及食品安全意识提高有关。

从不同包装方式分析，散装样品中苯甲酸、糖精

钠和甜蜜素的浓度和检出率较定型包装样品高。从不同流通环节来看,商店样品中苯甲酸和甜蜜素的浓度和检出率较农贸市场、路边摊位低。任彩霞等对不同包装方式和不同流通环节市售酱腌菜中防腐剂和糖精钠的检出进行分析,发现散装酱腌菜中苯甲酸和糖精钠的添加及不合格情况均高于预包装食品,农贸市场样品比超市的苯甲酸检出及超标情况多[18]。分析原因,一是农贸市场以散装样本为主,大型商超、超市以定型包装样本为主;定型包装样品由于监管以及工业化生产,添加剂的用量易于控制。二是腌渍蔬菜添加防腐剂的目的之一是抑制微生物的繁殖,定型包装食品一般采用真空包装,在很大程度上抑制导致腌渍蔬菜腐败的微生物的繁殖;企业在生产腌渍蔬菜时若使用真空包装,腌渍的蔬菜就可以在低防腐剂甚至无防腐剂的条件下获得较长的保质期[1],因此企业在生产过程中考虑真空包装的协调作用,可能会适量减少防腐剂的使用。因此,相关监管部门应加强对农贸市场散装食品的监管;企业在生产过程中应按规范使用食品添加剂,同时为了卫生和安全应尽量使用真空包装方式;消费者在选择糖醋渍蔬菜时,尽量在大型正规超市购买,优先选择带有食品标签的定型包装产品。

根据本次检测结果,代入风险评估公式,武汉市售糖醋渍蔬菜中苯甲酸、山梨酸、甜蜜素和糖精钠的每日平均暴露远低于各自的 *ADI* 值,暴露风险较低。由于食品添加剂可通过多种途径进入人体内,本次研究仅以膳食糖醋渍蔬菜作为单一暴露进行点评估,而且每日膳食糖醋渍蔬菜的使用量较少,因此本研究未涵盖日常膳食中其他途径以及其他种类食品添加剂来源的暴露评估,导致评估结果存在一定的不确定性。今后仍需对膳食中防腐剂和添加剂污染状况进行监测,完善相关评估模型和参数,为预防和控制防腐剂和添加剂对人体的危害提供科学依据。

利益冲突声明　本研究不存在任何利益冲突

参考文献

[1] 郑连强,袁先铃,罗燚. 酱腌菜天然防腐保鲜技术及应用前景展望[J]. 中国调味品,2021,46(4):187 – 192.
Zheng LQ, Yuan XL, Luo Y. The natural preservative and fresh – keeping technology and application prospect of pickles[J]. China Condiment, 2021, 46(4): 187 – 192. (In Chinese)

[2] 国家卫生健康委员会. GB 2760 – 2024 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准[S]. 北京:中国标准出版社,2024.
National Health Commission. GB 2760 – 2024 National food safety standard for uses of food additives[S]. Beijing: Standards Press of China, 2024. (In Chinese)

[3] 方田田,李佳龙,蔡敏瑜,等. 东莞市市售腌制蔬菜中防腐剂及糖精钠的检测与分析[J]. 职业与健康,2020,36(13):1761 – 1763.
Fang TT, Li JL, Cai MY, et al. Detection and analysis of preservatives and saccharin Sodium in commercially available pickled vegetables in Dongguan City[J]. Occupation and Health, 2020, 36(13): 1761 – 1763. (In Chinese)

[4] 唐海尧,陈雅萍,王霞,等. 市售榨菜品质检测及食品安全分析[J]. 安徽农学通报,2023,29(4):132 – 135.
Tang HY, Chen YP, Wang X, et al. Quality inspection and food safety analysisof commercially available pickled mustard[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2023, 29(4): 132 – 135. (In Chinese)

[5] 常炯炯,雍凌,肖潇,等. 我国食品甜味剂联合使用情况及累积风险评估[J]. 毒理学杂志,2021,35(3):184 – 192.
Chang JJ, Yong L, Xiao X, et al. Combined use of food sweeteners in Chinaand its cumulative risk assessment[J]. Journal of Toxicology, 2021, 35(3): 184 – 192. (In Chinese)

[6] 李其晔. 食品添加剂在我国食品加工中的应用现状[J]. 保鲜与加工,2023,23(4):68 – 73.
Li QY. Application status of food additives in food processing in China[J]. Storage and Process, 2023, 23(4): 68 – 73. (In Chinese)

[7] 宋美英,汪廷彩,廖晓珊,等. 广东省居民主要膳食脱氢乙酸暴露风险初步评估[J]. 中国食品添加剂,2025,36(3):190 – 197.
Song MY, Wang TC, Liao XS, et al. Preliminary assessment of dehydroacetic acid exposure risks in the diets of Guangdong province residents[J]. China Food Additives, 2025, 36(3): 190 – 197. (In Chinese)

[8] 刘欢,汪恩婷,周邦萌,等. 复合调味料中邻苯二甲酸酯污染水平和膳食风险评估[J]. 中国调味品,2024,49(3):161 – 168.
Liu H, Wang ET, Zhou BM, et al. Pollution level and dietary risk assessment of phthalate esters in compound seasonings[J]. China Condiment, 2024, 49(3): 161 – 168. (In Chinese)

[9] 环境保护部. 中国人群暴露参数手册 成人卷[J]. 北京:中国环境科学出版社,2013.
Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China. Exposure factors handbook of Chinese population (Adults)[M]. Beijing: China Environmental Press, 2013. (In Chinese)

[10] 欧曈,常炯炯,李强,等. 我国食品防腐剂联合使用情况及理论累积风险评估[J]. 中国食品卫生杂志,2024,36(6):714 – 721.
Ou T, Chang JJ, Li Q, et al. Combined use of food preservatives in China and its theoretical cumulative risk assessment[J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2024, 36(6): 714 – 721. (In Chinese)

[11] 杨粒. 儿童青少年 5 种非营养性甜味剂的膳食暴露评估与健康风险研究 – 以 R 县为例[D]. 雅安:四川农业大学,2022.
Yang L. Dietary exposure assessment and health risk study of five kinds of non – nutritive sweeteners in children and adolescents: a case study of county R[D]. Yaan: Sichuan Agricultural University, 2022. (In Chinese)

[12] Darch M, Martyn D, Ngo K, et al. An updated estimate of benzoate intakes from non – alcoholic beverages in Canada and the United States[J]. Food Additives & Contaminants. Part a, Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment, 2021, 38(5): 701 – 717.

[13] European Food Safety Authority, Al POFAE. Opinion on the follow – up of the re – evaluation of sorbic acid (E200) and Potassium

sorbate(E202) as food additives[J]. EFSA JOURNAL, 2019, 17(3): e05625.

[14] European Food Safety Authority, Al POFAE. Re - evaluation of saccharin and its Sodium, Potassium and Calcium salts(E 954) as food additives[J]. EFSA Journal, 2024, 22(11): e9044.

[15] Knezovic Z, Jurcevic ZB, Pribisalic A, et al. Artificial sweeteners in food products: concentration analysis, label practices, and cumulative intake assessment in Croatia[J]. Nutrients, 2025, 17(7): 1110.

[16] 王艳敏,包汇慧,张磊,等.江西省米粉镉污染情况分析及米粉食用人群暴露风险评估[J].中国食品卫生杂志,2024,36(11):1258 - 1265.
Wang YM, Bao HH, Zhang L, et al. Analysis of Cadmium contamination in rice noodles andexposure assessment of consumers in Jiangxi Province[J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2024, 36(11): 1258 - 1265. (In Chinese)

[17] 董梅,李金壕,郭莉君,等.酱腌菜中苯甲酸、山梨酸和糖精钠含量调查[J].中国卫生检验杂志,2020,30(20):2552 - 2553,2558.
Dong M, Li JH, Guo LJ, et al. Investigation of benzoic acid, sorbic acid and saccharin Sodium contents in pickles[J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2020, 30(20): 2552 - 2553, 2558. (In Chinese)

[18] 任彩霞,王立霞,丁毅.西安市售酱腌菜中防腐剂和糖精钠的检测与分析[J].保鲜与加工,2022,22(8):76 - 81.
Ren CX, Wang LX, Ding Y. Determination and analysis of preservatives and saccharin Sodium content in commercial pickles in xi'an[J]. Storage and Process, 2022, 22(8): 76 - 81. (In Chinese)

收稿日期:2025-06-06

(上接第 3673 页)

[5] Hu Y, Wang Z, He H, et al. Prevalence and patterns of multimorbidity in China during 2002 - 2022: A systematic review and meta - analysis[J]. Ageing Research Reviews, 2024, 93: 102165.

[6] Yao XY, Wang DD, Zhang TT, et al. Chronic diseases and catastrophic health expenditures in elderly Chinese households: a cohort study[J]. BMC Geriatrics, 2025, 25(1): 272.

[7] 刘柯汝,武雅莉,王玉环,等.新疆失能老年人家庭照护者生活满意度与老年人失能程度的关系[J].中国心理卫生杂志,2024,38(2):144 - 150.
Liu KR, Wu YL, Wang YH, et al. Relationship between Life satisfaction of family caregivers and degree of disability of disabled elderly People in Xinjiang[J]. Chinese Mental Health Journal, 2024, 38(2): 144 - 150. (In Chinese)

[8] Das N, Majumdar IK, Agius PA, et al. Absenteeism and presenteeism among caregivers of chronic diseases: A systematic review and meta - analysis[J]. Social Science & Medicine, 2024, 363: 117375.

[9] Xie H, Cheng C, Tao Y, et al. Quality of Life in Chinese family caregivers for elderly People with chronic diseases[J]. Health and Quality of Life Outcomes, 2016, 14(1): 99.

[10] Hu Y, Yang Y, Gao Y, et al. The impact of chronic diseases on the health - related quality of Life of middle - aged and older adults: the role of physical activity and degree of digitization[J]. BMC Public Health, 2024, 24(1): 2335.

[11] Bao XY, Xie YX, Zhang XX, et al. The association between multimorbidity and health - related quality of Life: a cross - sectional survey among community middle - aged and elderly residents in southern China[J]. Health and Quality of Life Outcomes, 2019, 17(1): 107.

[12] 高士娟,张茗语,潘东杰,等.慢性病患者不同慢病组合与健康相关生命质量的相关性研究[J].现代预防医学,2025,52(7):1153 - 1157, 1181.
Gao SJ, Zhang MY, Pan DJ, et al. Research on the correlation between different combinations of chronic diseases and health - related quality of life among patients with chronic diseases[J]. Modern Preventive Medicine, 2025, 52(7): 1153 - 1157, 1181. (In Chinese)

[13] 童迁,潘晨靖,徐芳芳,等.城乡慢性病共病中老年人健康相关生命质量和共病组合现状研究[J].现代预防医学,2024,51(20):3793 - 3798.
Tong Q, Pan CJ, Xu FF, et al. Study on the status quo of co - morbid disease combinations and health - related quality of Life in urban and rural chronic diseases in middle - aged and elderly People[J]. Modern Preventive Medicine, 2024, 51(20): 3793 - 3798. (In Chinese)

[14] Garman KS, Cohen HJ. Functional status and the elderly cancer patient[J]. Critical Reviews in Oncology/Hematology, 2002, 43(3): 191 - 208.

[15] Covinsky KE, Hilton J, Lindquist K, et al. Development and validation of an index to predict activity of daily living dependence in community - dwelling elders[J]. Medical Care, 2006, 44(2): 149 - 157.

[16] Jiang HX, Xiao SH, Hu HW, et al. Study on the measurement and influencing factors of care service demand of disabled elderly in urban and rural China[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2022, 19(17): 11112.

[17] Liu H, Wang M. Socioeconomic status and ADL disability of the older adults: Cumulative health effects, social outcomes and impact mechanisms[J]. PLOS One, 2022, 17(2): e0262808.

[18] Lu S, Li Y, Gao H, et al. Difference in bypass for inpatient care and its determinants between rural and urban residents in China[J]. International Journal for Equity in Health, 2022, 21(1): 132.

[19] Liu W, Zheng R, Zhang Y, et al. Differences in the influence of daily behavior on health among older adults in urban and rural areas: evidence from China[J]. Front Public Health, 2023, 11: 1259204.

[20] 俞子静.我国老年人慢性病共病现状及其影响因素研究[D].北京:北京协和医学院,2024.
Yu ZJ. Status and influencing factors of multimorbidity among elderly people in China[D]. Beijing: Peking Union Medical College, 2024. (In Chinese)

[21] 崔春子.中国中老年人群疾病共病模式变化趋势及其影响因素研究[D].长沙:中南大学,2023.
Cui CZ. Study on the changing trends of multimorbidity patterns and their influencing factors in the middle - aged and elderly population in China[D]. Changsha: Central South University, 2023. (In Chinese)

收稿日期:2025-04-01