



楚文娟,朱鑫超,王高杰,等. 贮存环境对甜味接装纸中纽甜衰减行为的影响[J]. 轻工学报,2022,37(5): 69-75.

CHU W J, ZHU X C, WANG G J, et al. Effect of storage environment on the decay behavior of neotame in sweet tipping paper[J]. Journal of Light Industry, 2022, 37(5): 69-75. DOI: 10. 12187/2022. 05. 008

# 贮存环境对甜味接装纸中纽甜衰减行为的影响

楚文娟<sup>1</sup>, 朱鑫超<sup>2</sup>, 王高杰<sup>1</sup>, 赵声辰<sup>1</sup>, 李禄成<sup>1</sup>, 高明奇<sup>1</sup>, 张峻松<sup>2</sup>, 田海英<sup>1</sup>

1. 河南中烟工业有限责任公司 技术中心, 河南 郑州 450000;

2. 郑州轻工业大学 食品与生物工程学院, 河南 郑州 450001

**摘要:** 利用高效液相色谱-二极管阵列检测器(HPLC-DAD)建立了烟用甜味接装纸中纽甜的检测方法, 基于该方法分析了不同贮存环境(低温常湿、常温常湿、常温干燥)对纽甜含量的影响, 并采用反应动力学模型对不同品牌接装纸在各环境下的衰减行为进行拟合。结果表明: 1) 所建立的检测方法在 1.00~800.00  $\mu\text{g}/\text{mL}$  质量浓度范围内线性良好, 回收率和精密度较高, 能够用于甜味接装纸中纽甜的检测分析; 2) 不同环境下, 各品牌接装纸中纽甜衰减率均随贮存时间的延长而增加, 低温常湿环境更利于甜味接装纸的稳定贮存, 而常温干燥环境能促进甜味剂的衰减; 3) 不同品牌接装纸中纽甜的衰减行为分别符合不同的反应动力学模型, 其衰减动力学过程受环境影响不同, 这可能与接装纸的微观组织结构或纽甜与载体间的相互作用有关。

**关键词:** 甜味接装纸; 纽甜; 高效液相色谱法; 衰减率; 衰减动力学

**中图分类号:** TS426 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-1553(2022)05-0069-07

## 0 引言

甜味剂是能够赋予和增强产品甜感及特有风味的食品添加剂<sup>[1-4]</sup>, 广泛应用于食品、饮料及医药等领域<sup>[5-7]</sup>。近年来, 卷烟工业企业为了提升卷烟感官品质, 丰富卷烟品类, 开发出多种赋甜技术, 如烟丝赋甜、卷烟纸赋甜、滤嘴赋甜和接装纸赋甜等<sup>[8-11]</sup>, 以实现增补烟香、改善吃味, 提升卷烟轻松感、满足感、舒适感的目标。其中, 接装纸赋甜技术<sup>[12]</sup>不仅可以实现消费者对甜味的直观感受, 同时与烟丝、卷烟纸赋甜等方式相比, 可避免卷烟燃烧过程甜味物质逸失、分解等不利影响。

纽甜是我国卫生部正式批准使用的一种新型强力甜味剂, 其甜度是蔗糖的 7000~13 000 倍<sup>[13]</sup>, 而能量值几乎为 0, 因其甜味纯正无后苦味、成本低、呈味时间长且安全性高而备受关注<sup>[14-17]</sup>。目前对纽甜的研究主要集中在分析检测领域<sup>[18-20]</sup>, 鲜有研究关注其在产品中的动力学变化规律。基于此, 本文拟利用高效液相色谱-二极管阵列检测器(HPLC-DAD)建立接装纸中纽甜的检测方法, 选用不同品牌甜味接装纸, 考查不同贮存环境对接装纸中纽甜含量衰减行为的影响, 期为甜味接装纸的生产、贮存及成品卷烟的质量稳定性控制提供参考。

**收稿日期:** 2021-09-27

**基金项目:** 中国烟草总公司细支卷烟升级创新重大专项项目(110201601013(xz-04)); 河南中烟工业有限责任公司重点科技项目(AW201909)

**作者简介:** 楚文娟(1983—), 女, 河南省平顶山市人, 河南中烟工业有限责任公司高级工程师, 博士, 主要研究方向为烟草化学和烟用材料。E-mail: chuwenjuan6@126.com

**通信作者:** 田海英(1978—), 女, 河南省南阳市人, 河南中烟工业有限责任公司研究员, 主要研究方向为烟草化学和烟用材料。E-mail: haiyingflying@163.com

# 1 材料与方法

## 1.1 材料与仪器

主要材料:纽甜(纯度 $\geq 98\%$ ),上海麦克林生化科技有限公司产;甲醇(色谱纯),北京迪科马科技有限公司产;超纯水,自制。4种不同品牌的烟用甜味接装纸样品,标号依次为1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>、4<sup>#</sup>,河南中烟工业有限责任公司提供。

主要仪器:Agilent 1260 Infinity LC 高效液相色谱仪、Agilent 1260 Infinity DAD 二极管阵列检测器,美国 Agilent 公司产;ME104E 电子天平(感量 0.000 1 g),梅特勒-托利多仪器有限公司产;SB-3200DT 超声萃取仪,宁波新芝生物科技有限公司产;S152TPS3-1 碎纸机,得力集团有限公司产。

## 1.2 标准溶液的配制

准确称取 0.10 g 纽甜标准品于 100 mL 容量瓶,加纯水定容至刻度,得质量浓度为 1.00 mg/mL 的纽甜标准储备液。

分别移取纽甜标准储备液 0.01 mL、0.05 mL、0.10 mL、0.50 mL、1.00 mL、2.00 mL、4.00 mL、6.00 mL、8.00 mL 于 10 mL 容量瓶中,并分别加入纯水定容至刻度,得到纽甜质量浓度为 1.00  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、5.00  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、10.00  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、50.00  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、100.00  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、200.00  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、400.00  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、600.00  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、800.00  $\mu\text{g}/\text{mL}$  的 1~9 级标准工作溶液。

## 1.3 接装纸中纽甜含量检测方法的建立

4种接装纸均经碎纸机处理,制成大小约为 5 mm $\times$ 5 mm 的碎片。准确称取接装纸碎片 1.00 g 置于 50 mL 具塞三角瓶中,加入适量超纯水充分浸润,超声萃取后取适量萃取液过 0.22  $\mu\text{m}$  滤膜,进行 HPLC-DAD 分析。

HPLC 检测条件:ZORBAX SB-C18 色谱柱(4.6 mm $\times$ 250 mm, 5  $\mu\text{m}$ );柱温 30  $^{\circ}\text{C}$ ;进样量 10  $\mu\text{L}$ ;流量 1.0 mL/min。流动相:A 为水,B 为甲醇。梯度洗脱程序:0~15 min,50%~0%A。DAD 检测条件:205 nm 波长下测定。

分别移取纽甜系列标准工作溶液进行 HPLC-DAD 分析,以纽甜峰面积为横坐标( $x$ )、纽甜溶液的

浓度为纵坐标( $y$ )作图,得到纽甜标准工作曲线。在 4<sup>#</sup>甜味接装纸样品(纽甜含量 454.12  $\mu\text{g}/\text{g}$ )中分别添加不同已知量的纽甜标准样品,提取接装纸中纽甜,平行测定 5 次,计算不同加标水平下纽甜的回收率与精密度。

## 1.4 纽甜萃取条件的确定

采用单因素试验分别考查摇床振荡和超声萃取两种前处理方法及料液比(接装纸样品质量与溶剂体积之比分别为 1:5、1:10、1:15、1:20、1:25)、萃取时间(15 min、20 min、25 min、30 min、35 min、40 min)、萃取温度(25  $^{\circ}\text{C}$ 、30  $^{\circ}\text{C}$ 、35  $^{\circ}\text{C}$ 、40  $^{\circ}\text{C}$ 、45  $^{\circ}\text{C}$ 、50  $^{\circ}\text{C}$ )等条件对纽甜萃取效果的影响,以确定适宜的纽甜萃取条件。

## 1.5 不同贮存条件下接装纸中纽甜相关指标的计算

将 1<sup>#</sup>—4<sup>#</sup>甜味接装纸分别置于低温常湿(0  $^{\circ}\text{C}$ 、60% RH)、常温常湿(22  $^{\circ}\text{C}$ 、60% RH)和常温干燥(22  $^{\circ}\text{C}$ 、40% RH)3种环境下贮存。贮存时间为自出厂日起 0~80 d,每隔 10 d 取样检测纽甜含量,将 0 d 测定值记为样品中纽甜的初始含量。

**1.5.1 纽甜含量的计算** 接装纸样品中纽甜的含量按下式进行计算:

$$X = \frac{c \times V}{m}$$

其中, $X$  为样品中纽甜的含量/ $(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$ ;  $c$  为由标准工作曲线得出的样品中纽甜的质量浓度/ $(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$ ;  $V$  为萃取液体积/ $\text{mL}$ ;  $m$  为样品质量/ $\text{g}$ 。

**1.5.2 纽甜衰减率的计算** 接装纸样品中纽甜的衰减率按下式进行计算:

$$S_i = \frac{X_0 - X_i}{X_0} \times 100\%$$

其中, $S_i$  为纽甜衰减率/%;  $X_0$  为样品中纽甜的初始含量/ $(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$ ;  $X_i$  为第  $i$  日纽甜含量检测值/ $(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$ 。

**1.5.3 纽甜衰减行为的动力学拟合** 与食品中某些营养物质在贮存期间的降解过程类似<sup>[21-22]</sup>,假设甜味接装纸的特征成分在贮存期间的衰减符合以下反应级数的动力学模型。

$$\text{零级: } X_i = X_0 - k_1 t$$

$$\text{一级: } \ln \frac{X_i}{X_0} = -k_2 t$$

$$\text{二级: } \frac{1}{X_i} - \frac{1}{X_0} = k_3 t$$

其中,  $k_1, k_2, k_3$  为反应速率常数;  $t$  为贮存时间/d。

根据拟合结果,若纽甜含量  $X_i$  与时间  $t$ 、 $\ln X_i/X_0$  与时间  $t$ 、 $1/X_i$  与时间  $t$  呈线性关系,则表明接装纸中纽甜的衰减行为符合对应级数的动力学模型,并将决定系数  $R^2$  最高的模型作为接装纸中纽甜衰减的最优动力学模型。

## 2 结果与讨论

### 2.1 接装纸中纽甜含量检测方法的验证结果

**2.1.1 标准曲线、检出限和定量限** 纽甜标准工作曲线如图 1 所示。根据图 1 数据,分别以最低浓度标准差  $RSD$  的 3 倍和 10 倍计算检出限和定量限,结果表明:纽甜在 1.00~800.00  $\mu\text{g}/\text{mL}$  质量浓度范围内线性良好,决定系数 ( $R^2$ ) 为 0.999,检出限为 0.18  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ,定量限为 0.60  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。

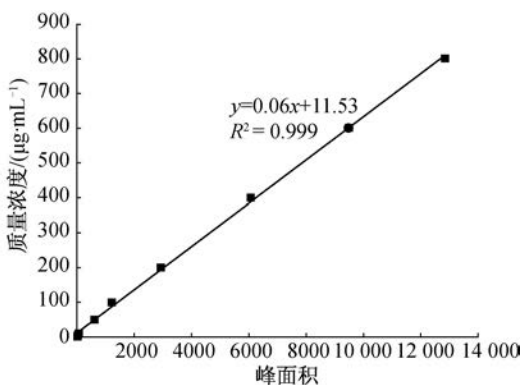


图 1 纽甜标准工作曲线

Fig. 1 The standard working curve of neotame

**2.1.2 加标回收率和精密度** 不同加标水平下纽甜的回收率和精密度如表 1 所示。由表 1 可知,在 3 个不同加标水平下,纽甜的平均回收率在 82.27%~87.10% 之间,  $RSD$  为 0.21%~0.32%,加标回收率较高,重复性好,可满足烟用甜味接装纸中纽甜含量的测定。

### 2.2 纽甜萃取条件的确定结果

不同萃取方式及萃取参数对纽甜萃取效果的影响如图 2 所示。由图 2a) 可知,超声萃取效果优于摇床振荡方式。由图 2b) —d) 可见,随着料液比增

表 1 不同加标水平下纽甜的回收率和精密度

Table 1 Recovery and precision of neotame at different spiked levels

初始含量/ ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	加标量/ ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	测定值/ ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	平均回 收率/%	$RSD$ /%
	250.43	660.15	82.27	0.32
454.12	500.94	890.42	87.10	0.24
	750.51	1 100.70	86.15	0.21

加,纽甜提取量呈现先增加后趋于平缓的趋势,在料液比为 1:15 时纽甜提取量达到最大值;超声萃取时间为 20 min 时提取效果最好;萃取温度逐渐增加时,纽甜提取量逐渐增加,且萃取温度为 45  $^{\circ}\text{C}$  时,提取效果显著提升。因此选择萃取方式为超声萃取,萃取参数为料液比 1:15、萃取时间 20 min、萃取温度 45  $^{\circ}\text{C}$ 。

### 2.3 烟用甜味接装纸中纽甜衰减行为分析

**2.3.1 甜味接装纸中纽甜含量的变化** 利用上文所建立的纽甜检测和提取方法,对不同环境下贮存 0~80 d 的 1<sup>#</sup>—4<sup>#</sup> 接装纸样品的纽甜含量进行测定,结果如图 3 所示。由图 3 可知,不同品牌接装纸中纽甜初始含量差异明显,4<sup>#</sup> 接装纸样品中纽甜含量最高,为 454.12  $\mu\text{g}/\text{g}$ ,1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup> 接装纸样品中纽甜初始含量相对较少,分别为 206.50  $\mu\text{g}/\text{g}$ 、213.34  $\mu\text{g}/\text{g}$ 、235.41  $\mu\text{g}/\text{g}$ 。在各环境条件下,随贮存期的延长,样品中纽甜均呈现降低的趋势。贮存 80 d 后,1<sup>#</sup>—4<sup>#</sup> 接装纸中的纽甜在低温常湿下的衰减量为 6.06~46.62  $\mu\text{g}/\text{g}$ ;在常温常湿下的纽甜衰减量为 7.25~62.74  $\mu\text{g}/\text{g}$ ;在常温干燥下的纽甜衰减量为 10.90~100.55  $\mu\text{g}/\text{g}$ 。贮存 80 d 内,各贮存环境下 4 个品牌接装纸中纽甜衰减量大小均为 4<sup>#</sup>>3<sup>#</sup>>2<sup>#</sup>>1<sup>#</sup>,与样品中纽甜初始含量高低顺序一致。1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、4<sup>#</sup> 品牌接装纸在不同环境下的纽甜衰减量大小均表现为常温干燥>常温常湿>低温常湿,而 3<sup>#</sup> 表现为常温干燥>低温常湿>常温常湿,表明接装纸中纽甜的衰减量与贮存环境及接装纸自身性质有关。

**2.3.2 甜味接装纸中纽甜衰减率的变化** 为进一步分析贮存环境对不同品牌接装纸中纽甜衰减行为的影响,计算了各样品中纽甜在贮存期的衰减率,结果如表 2 所示。由表 2 中可知,在各贮存环境下,不同品牌接装纸中的纽甜衰减率均随贮存时间的增加



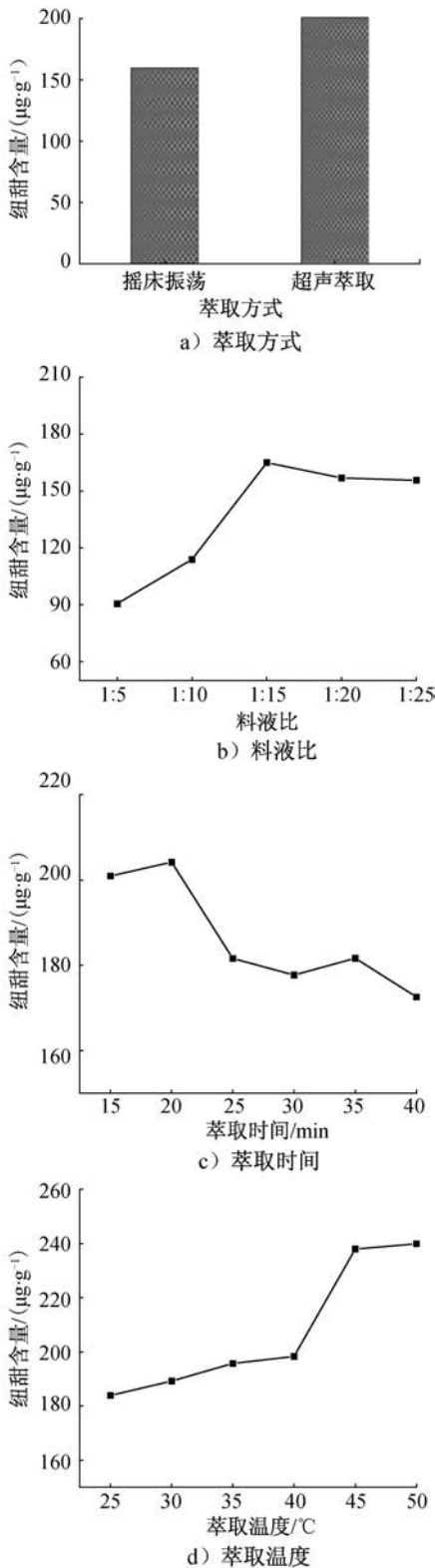


图2 不同萃取方式及萃取参数对纽甜萃取效果的影响

Fig. 2 The effect of different extraction methods and extraction parameters on the extraction of neotame

而增加,例如在低温常湿环境下,1#和4#贮存80 d后,衰减率分别增加至2.91%和10.26%。并且在

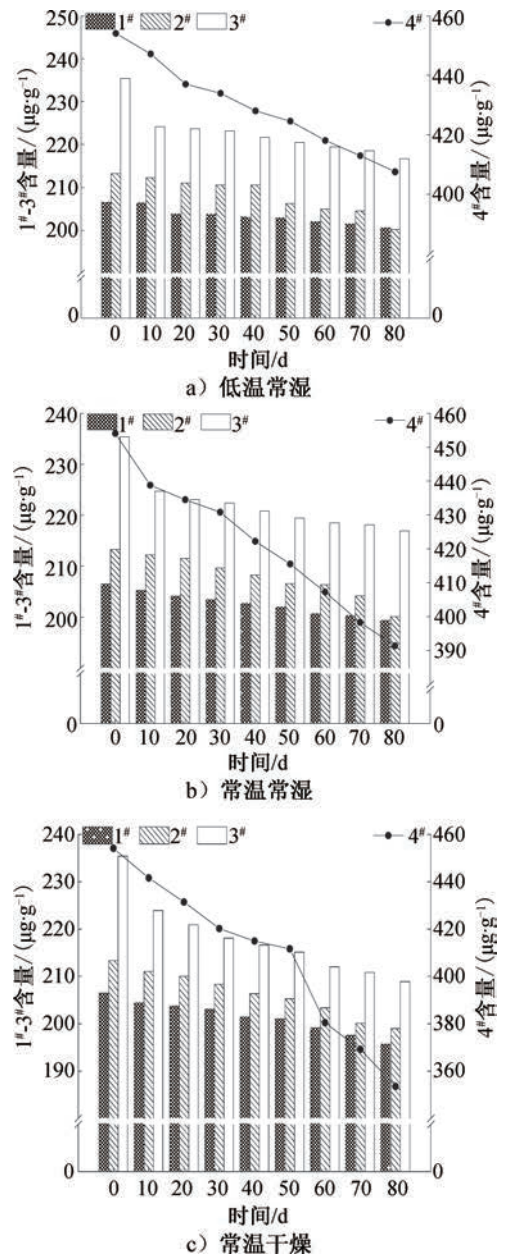


图3 不同贮存环境下纽甜含量变化趋势

Fig. 3 The change trend of neotame content in different storage environments

不同环境下贮存80 d后,样品中纽甜的衰减率均表现为4#>3#>2#>1#,4#品牌接装纸中纽甜的衰减率明显高于其他品牌接装纸,这与其较高的纽甜初始含量有关。

各样品在不同贮存环境下的衰减率变化规律差异明显。整体来看,在不同的贮存环境下,各样品纽甜衰减率均表现为常温干燥>常温常湿>低温常湿,这表明低湿和高温能够促进纽甜的衰减。3#接装纸纽甜衰减率的变化规律与其他样品存在差异,主要体现为前10 d内纽甜衰减率显著增加,而后增加速

表2 不同贮存环境下各品牌接装纸纽甜在不同时间的衰减率

Table 2 Decay rate of different brands of neotame in different storage environments at different times %

贮存环境	品牌	贮存时间/d									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	
低温常湿	1#	0	0.10	1.36	1.40	1.69	1.79	2.23	2.47	2.91	
	2#	0	0.47	1.03	1.27	1.27	3.28	3.89	4.08	6.14	
	3#	0	4.80	4.97	5.18	5.82	6.33	6.80	7.18	7.94	
	4#	0	1.52	3.77	4.45	5.75	6.52	7.95	9.07	10.26	
常温常湿	1#	0	0.63	1.16	1.50	1.89	2.23	2.86	3.05	3.49	
	2#	0	0.47	0.80	1.69	2.30	3.10	3.19	4.22	6.15	
	3#	0	4.55	5.23	5.52	6.20	6.80	7.18	7.35	7.86	
	4#	0	3.37	4.32	5.13	7.02	8.50	10.31	12.29	13.81	
常温干燥	1#	0	1.02	1.36	1.69	2.47	2.66	3.58	4.36	5.28	
	2#	0	1.08	1.55	2.34	3.23	3.75	4.64	6.19	6.70	
	3#	0	4.89	6.16	7.35	7.99	8.62	9.94	10.45	11.26	
	4#	0	2.75	5.00	7.47	8.63	9.36	16.21	18.70	22.13	

率趋缓,在第 10 d 时,3# 品牌接装纸各环境下衰减率较为接近,平均为 4.75%,均高于其他样品在第 10 d 时的衰减率。另外,3# 品牌接装纸样品在低温常湿、常温常湿环境下的衰减率变化接近,表明该样品内的纽甜衰减行为对温度变化不敏感,但湿度变化对样品中纽甜的衰减影响显著。

**2.3.3 甜味接装纸中纽甜衰减动力学分析** 分别利用零级、一级和二级反应动力学方程对 1#—4# 接装纸中纽甜在不同环境下的衰减行为进行拟合,结果如图 4 所示,反应速率常数和相关系数等数据见表 3。4 种品牌接装纸在不同环境下表现出不同的衰减动力学行为:1#、2#、4# 在低温常湿环境下均符合二级反应动力学模型,在常温常湿和常温干燥环境下分别符合一级和零级反应的动力学模型;3# 品牌接装纸在 3 种不同环境下均符合二级反应动力学模型。这说明 3# 接装纸的衰减动力学过程受环境影响较小,可能与接装纸的微观组织结构或纽甜与载体间的相互作用有关。

由表 3 中的动力学拟合参数可知,符合二级反应动力学模型的 3# 品牌接装纸在 3 个环境下速率常数  $k_{\text{常温干燥}} > k_{\text{常温常湿}} > k_{\text{低温常湿}}$ ,表明在常温干燥条件下贮存时,样品中纽甜的衰减速率最快,低温常湿时衰减最慢。1#、2#、4# 品牌接装纸由于不同环境下符合不同的动力学模型,不宜直接根据速率常数比较衰减速率,因此依据动力学拟合结果预测计算了接装纸在不同环境下的半衰期。在低温常湿、常温常

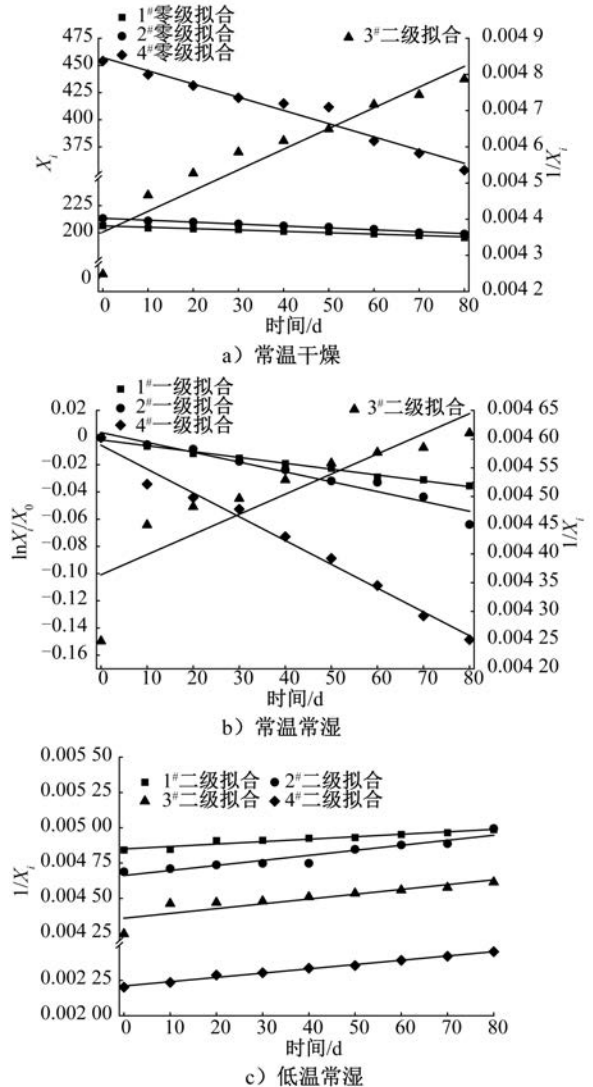


图4 不同贮存环境下纽甜衰减行为的动力学拟合  
Fig. 4 Kinetic fitting of the decay behavior of neotame under different storage environments

表3 不同贮存环境下纽甜衰减动力学拟合参数  
Table 3 Fitting parameters of neotame decay kinetics under different storage environments

贮存环境	品牌	动力学模型	$k$	$R^2$
低温常湿	1 <sup>#</sup>	二级反应	$1.734 0 \times 10^{-6}$	0.925 0
	2 <sup>#</sup>	二级反应	$3.566 3 \times 10^{-6}$	0.899 4
	3 <sup>#</sup>	二级反应	$3.399 2 \times 10^{-6}$	0.740 8
	4 <sup>#</sup>	二级反应	$3.039 4 \times 10^{-6}$	0.990 6
常温常湿	1 <sup>#</sup>	一级反应	$4.299 3 \times 10^{-4}$	0.990 9
	2 <sup>#</sup>	一级反应	$7.234 2 \times 10^{-4}$	0.939 2
	3 <sup>#</sup>	二级反应	$3.505 9 \times 10^{-6}$	0.738 8
	4 <sup>#</sup>	一级反应	0.001 8	0.985 0
常温干燥	1 <sup>#</sup>	零级反应	0.125 8	0.974 9
	2 <sup>#</sup>	零级反应	0.176 8	0.986 1
	3 <sup>#</sup>	二级反应	$5.720 4 \times 10^{-6}$	0.882 2
	4 <sup>#</sup>	零级反应	1.216 0	0.955 8

湿和常温干燥的贮存环境下,1<sup>#</sup>品牌接装纸的半衰期分别为2793 d、1612 d和821 d;2<sup>#</sup>品牌接装纸的半衰期分别为1315 d、958 d和603 d;4<sup>#</sup>品牌接装纸的半衰期分别为725 d、385 d和187 d。由此可知,贮存温度升高时,接装纸中纽甜稳定性降低,且环境湿度降低不利于纽甜的稳定贮存,因此,纽甜甜味接装纸更适宜在低温常湿的环境下贮存。

### 3 结论

本文建立了一种基于HPLC-DAD的甜味接装纸纽甜含量的检测方法,采用反应动力学模型研究了不同贮存环境下接装纸中纽甜的衰减行为。结果表明:1)所建立的检测方法回收率和精密度较高,在1.00~800.00 μg/mL内线性关系良好,能够满足甜味接装纸纽甜检测分析要求;2)不同环境下各品牌接装纸中纽甜衰减量及衰减率均随贮存时间延长而增加,常温干燥环境下衰减率最高,低温常湿环境有利于甜味接装纸的贮存;3)1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、4<sup>#</sup>这3个品牌接装纸在低温常湿、常温常湿、常温干燥环境下分别符合二级、一级和零级反应动力学模型,3<sup>#</sup>品牌接装纸在不同环境下均符合二级反应动力学模型,不同接装纸的衰减动力学过程受环境影响不同,这可能与接装纸的微观组织结构或纽甜与载体间的相互作用有关。

### 参考文献:

[1] 张霁红,李玉梅,李玉新.甜味剂对苹果醋饮

- 料感官质量的影响[J].甘肃农业科技,2020(12):7-11.
- [2] SABAHUDDIN S,TAUR A T,SAWATE A R,et al. Studies on effect of artificial sweeteners on the quality of herbal beverage [J]. Food Science Research Journal,2017,8(2):286-289.
- [3] MUN K H,LEE H C,JO A H,et al. Effect of sugared sweeteners on quality characteristics of Prunus mume fruit syrup[J]. The Korean Journal of Food and Nutrition,2019,32(3):161-166.
- [4] STAMATOVSKA V,KARAKASOVA L,UZUNOSKA Z,et al. Sensory characteristics of peach and plum jams with different sweeteners [J]. Food and Environment Safety,2017,16(1):13-20.
- [5] 王静.甜味剂D-塔格糖的生产及其在食品中的应用[J].中国调味品,2016,41(1):140-143.
- [6] 叶玉稳,王璐,胡国华.莱鲍迪昔M及其复配甜味剂在无糖酸奶中的应用[J].食品科学技术学报,2020,38(3):111-118.
- [7] 但旭辉,徐小彬,梁都丽,等.药用甜味剂罗汉果甜苷一般药理学研究[J].中药药理与临床,2013,29(3):66-68.
- [8] 徐世涛,王晓霞,阴耕云,等.云南食用玫瑰在卷烟配方中的初步应用研究[J].云南大学学报(自然科学版),2011,33(S2):418-421.
- [9] 李玲,宋红平,杨崇祥.刺五加浸膏在卷烟中的应用效果[J].湖北农业科学,2016,55(19):5152-5157.
- [10] 赵瑞峰,叶荣飞,黄艳,等.热敏型薄荷油加香颗粒的制备工艺优化[J].香料香精化妆品,2014(3):17-22.
- [11] 朱亚峰,胡军,唐荣成,等.卷烟滤嘴加香研究进展[J].中国烟草学报,2011,17(6):104-110.
- [12] 单垒,王英名,冯东升,等.香甜味烟用接装纸的研制[J].中国包装,2018,38(1):42-43.
- [13] 刘洋.纽甜:新一代甜味剂[J].中国食品与营养,2004(1):34-35.
- [14] CHI L,BIAN X M,GAO B,et al. Effects of the artificial sweetener neotame on the gut microbi-

- ome and fecal metabolites in mice [J]. *Molecules*, 2018, 23(2):367.
- [15] KUMARI A, ARORA S, CHOUDHARY S, et al. Comparative stability of aspartame and neotame in yoghurt [J]. *International Journal of Dairy Technology*, 2018, 71(1):81-88.
- [16] KUMARI A, CHOUDHARY S, ARORA S, et al. Stability of aspartame and neotame in pasteurized and in-bottle sterilized flavoured milk [J]. *Food Chemistry*, 2016, 196:533-538.
- [17] 胡晓平. 新型甜味剂纽甜在无糖酸奶中的应用[J]. *中国乳品工业*, 2015, 43(7):45-48.
- [18] 李熙, 刘谦. 高效液相色谱法测定食品中纽甜的条件优化[J]. *中国食品添加剂*, 2021, 32(9):145-148.
- [19] 戴琨, 公丕学, 薛霞, 等. 高效液相色谱法测定高油脂植物源性食品中纽甜含量[J]. *食品工业*, 2021, 42(7):301-305.
- [20] 赵海娟, 张文洁, 楚文娟, 等. 高效液相色谱法附蒸发光散射检测器同时测定烟用接装纸中7种甜味剂的含量[J]. *理化检验(化学分册)*, 2019, 55(12):1436-1441.
- [21] 郭松年, 董周永, 孙海燕, 等. 石榴汁花色苷热稳定性及其降解动力学研究[J]. *农业工程学报*, 2008, 24(3):256-259.
- [22] 张元元, 张映瞳, 胡花丽, 等. 草莓汁贮藏期维生素C的降解动力学研究[J]. *现代食品科技*, 2020, 36(1):120-126.

## Effect of storage environment on the decay behavior of neotame in sweet tipping paper

CHU Wenjuan<sup>1</sup>, ZHU Xinchao<sup>2</sup>, WANG Gaojie<sup>1</sup>, ZHAO Shengchen<sup>1</sup>, LI Lucheng<sup>1</sup>,  
GAO Mingqi<sup>1</sup>, ZHANG Junsong<sup>2</sup>, TIAN Haiying<sup>1</sup>

1. *Technology Center, China Tobacco He'nan Industrial Co., Ltd., Zhengzhou 450000, China;*

2. *College of Food and Bioengineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, China*

**Abstract:** A method for the determination of neotame in tobacco sweet tipping paper was established by high performance liquid chromatography with diode array detector (HPLC-DAD). Based on this method, the effects of different storage environments (low temperature and normal humidity, normal temperature and normal humidity, normal temperature and dry) on the content of neotame were analyzed, and the decay behavior of different brands of tipping paper in various environments was fitted by reaction kinetics model. The results showed that the established analytical method exhibited good linearity in the concentration range of 1.00~800.00  $\mu\text{g/mL}$ . The method had high recovery rate and precision, which could be applied for the detection and analysis of neotame in sweet tipping paper. Under different environments, the decay rate of neotame in all brands of tipping paper increased with the prolonged storage time. The low temperature and normal humidity environment was more conducive to the stable storage of sweet tipping paper, while the normal temperature and dry environment could promote the decay of neotame. The decay behavior of neotame in different brand tipping papers conformed to different reaction kinetic models. The decay kinetic process of different tipping paper was affected by the environment, which may be related to the microstructure of the tipping paper or the interaction between neotame and the carrier.

**Key words:** sweet tipping paper; neotame; high performance liquid chromatography; decay rate; decay kinetics

(责任编辑:吴晓亭)