

# 卷烟烟气在模拟口腔环境中 pH 值的测定

## Detection of the pH value of cigarette smoke in simulated oral environment

李怀奇 邱建华 李国政 李倩 黄沛 陈晓

LI Huai-qi QIU Jian-hua LI Guo-zheng LI Qian HUANG Pei CHEN Xiao

杨晨 王勇 刘金晓 王宁 马燕 骆震

YANG Chen WANG Yong LIU Jin-xiao WANG Ning MA Yan LUO Zhen

(河南中烟工业有限责任公司技术中心, 河南 郑州 450016)

(Technology Center of China tobacco Henan industrial Co., Ltd., Henan, Zhengzhou 450016, China)

**摘要:**针对卷烟烟气酸碱性评价提出了在模拟口腔环境中检测卷烟烟气 pH 值的方法,采用剑桥滤片收集卷烟主流烟气总颗粒物,用模拟口腔溶液震荡萃取滤片, pH 复合电极测定萃取溶液的 pH 值,建立了检测卷烟主流烟气酸碱性的方法。将测定结果与卷烟主流烟气常规成分含量和卷烟评吸结果进行简单相关分析。结果表明:①主流烟气 pH 值与卷烟烟气总颗粒物、焦油、烟气烟碱、烟气水分均具有较高的相关性,与卷烟抽吸口数基本不存在相关性;②主流烟气的 pH 值与卷烟的烟气特性(烟气浓度、丰富性)、口味风格(甜味、苦味)、舒适感特性(刺激感、收敛、残留/干燥感)得分呈显著相关关系,与卷烟的口味风格—酸性相关性不强。

**关键词:**卷烟;模拟唾液;主流烟气;pH 值

**Abstract:** To evaluate the pH value of mainstream cigarette smoke (MCS) in the simulated oral environment, with Cambridge filter to collect mainstream cigarette smoke particulate, oral solution by simulating shock to extract filter, pH composite electrode to determine pH value of extraction solution, and set up a method to measure the pH of MCS. Correlation analysis was made between the pH and the contents of routine chemical components in MCS, between pH and the sensory evaluation of MCS. The results showed that: ① the pH value of MCS was highly correlated with the total particulate matter, tar, nicotine and H<sub>2</sub>O content of MCS, but not with the puffs of cigarette; ② the pH value of MCS was significantly correlated with sensation score of the smoke characteristics (smoke concentration, richness), taste style (sweetness, bitterness), comfort (irritation, con-

vergence, residue/drying), but not strongly correlated with taste style-acidity of cigarette.

**Keywords:** cigarette; simulated saliva; mainstream smoke; pH value

烟气 pH 值是反映卷烟质量的综合指标之一,卷烟主流烟气 pH 值的大小,能够直接反映主流烟气中游离烟碱占总烟碱的比例,而游离烟碱又与卷烟劲头直接相关<sup>[1-3]</sup>,因而卷烟主流烟气的 pH 值代表的游离烟碱占比,能间接反映吸烟者感受到的烟气劲头、烟气刺激性和烟碱吸入量<sup>[4-6]</sup>。因此,与烟气烟碱含量一样,卷烟主流烟气 pH 值作为评价卷烟劲头的一个重要评价指标,引起行业内广泛的探索和研究<sup>[7-8]</sup>。烟气 pH 值的测定方法可分为两类:一类是溶液吸收法,即用某种水溶液吸收主流烟气的气颗粒物,再用 pH 电极测定该溶液的 pH 值<sup>[9]</sup>;另一类是捕集测定主流烟气中颗粒物的 pH 值法,即用剑桥滤片或静电捕集装置收集主流烟气中的颗粒物,再用某种水溶液萃取滤片或者捕集装置,而后测定溶液的 pH 作为卷烟烟气的 pH 值<sup>[10-11]</sup>。这两类方法存在的一个突出特点是,采用纯水、一定比例的异丙醇—水混合溶液等作为吸收或萃取溶液,而未考虑烟气与吸烟者感官的相互作用。实际上,卷烟的吸食品质只有通过体液与吸食者感觉器官发生作用才能体现出来。在吸烟者吸食卷烟期间,主流烟气通过口腔吸入再通过口腔或/和鼻腔呼出,主流烟气中的化学成分先是被吸烟者的唾液吸收,然后被口腔和鼻腔嗅觉感觉器感知,从而引起吸烟者生理感觉发生变化。鉴于此,本研究从卷烟的酸碱性是卷烟抽吸过程中,卷烟主流烟气与人体口腔唾液接触,吸收而被人感知的这一感官特性出发,拟建立以模拟唾液为萃取溶液检测卷烟主流烟气(MS)酸碱性的测定方法,并将该方法应用于样品检测,对检测结果与卷烟主流烟气常规成分和卷烟感官评吸结果进行相关性分析,旨

**基金项目:**河南中烟工业有限责任公司科技项目(编号:ZW2015019)

**作者简介:**李怀奇,男,河南中烟工业有限责任公司高级工程师,学士。

**通信作者:**邱建华(1978—),女,河南中烟工业有限责任公司高级工程师,硕士。E-mail: qiu Jianhua\_xmu@163.com

**收稿日期:**2018-11-26

在为卷烟主流烟气 pH 值的测定提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

卷烟样品 A:卷烟感官标准样品 20 个,2016 年,全国烟草标准化委员会卷烟标样分技术委员会制作;

Φ 92 mm 剑桥滤片:德国 Borgwaldt KC 公司。

### 1.2 试验试剂和仪器

二水磷酸氢二钠、二水硫化钠、尿素、二水氯化钙:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

水:经煮沸冷却至室温,并密封于暗处放置 24 h 后的蒸馏水;

pH 系列标准缓冲溶液:4.01,7.00,9.00,梅特勒—托利多(瑞士)有限公司;

电子天平:XS225A-SCS 型,瑞士普利赛斯公司;

半自动转盘式吸烟机:RM20H 型,德国伯格瓦特公司;

恒温恒湿箱:KBF240 型,德国宾得公司;

恒温回旋振荡器:THZ-C 型,江苏太仓市华美仪器有限公司;

精密 pH 计:FE20 型,梅特勒—托利多(瑞士)有限公司;

气相色谱仪:配备 FID 和 TCD 的 HP6890 型,美国安捷伦公司;

测定水分用色谱柱:Supelco, Chromosorb 102 不锈钢填充气相色谱柱(1.8 m×3.175 mm×2 mm,固定相 100~80 目),美国色谱科公司;

测定烟碱用色谱柱:Agilent 毛细管柱,HP-5 (30 m×0.32 mm×0.20 μm),美国安捷伦公司。

### 1.3 人工唾液的配置

按 ISO/TR10271 要求配制人工唾液萃取液,搅匀后用 0.01% 盐酸或 0.05% 氢氧化钠调节 pH 至 6.80±0.10,装瓶密封置于暗处陈化 24 h 后可用于样品的测定。

### 1.4 烟气 pH 的测定方法

1.4.1 样品准备 卷烟样品在温度(22±1)℃,相对湿度(60±2)%的环境下平衡 48 h。然后通过重量(平均重量±0.02 g)和吸阻(平均吸阻±50 Pa)挑选,挑出符合标准的试验卷烟。

1.4.2 主流烟气粒相物的捕集 按照 GB/T 19609—2004 规定的条件,采用转盘式吸烟机用 Φ 92 mm 剑桥滤片捕集 20 支卷烟的总粒相物。取出剑桥滤片置于 250 mL 圆底锥形瓶中,并用脱脂棉擦净滤片夹持器一并放入锥形瓶中,用于后续样品测定。

#### 1.4.3 萃取体积、萃取时间、放置时间的确定

(1) 将装有按照上述方法捕集的卷烟样品 A 总粒相物的锥形瓶中分别加入 30,40,50,60,70,80,100,120,150 mL 模拟口腔萃取溶液,室温条件下振荡萃取 30 min (振荡频率以不振碎滤片为宜,推荐振荡频率 170 r/min),

测定其 pH 值,考察萃取体积对 pH 值测定结果的影响,确定合适的萃取体积。

(2) 将装有按照 1.4.1、1.4.2 规定的方法捕集的卷烟样品 A 总粒相物的锥形瓶中,加入 1.4.3(1)中所确定体积的萃取溶液,室温条件下分别振荡萃取 10,20,30,40,50,60 min 后测定萃取液的 pH 值,考察萃取时间对 pH 值测定结果的影响,确定合适的萃取时间。

(3) 按照上述方法确定的萃取体积和萃取时间,将萃取后的卷烟样品 A 总粒相物的萃取溶液在暗处分别放置 0,10,20,30,40,50,60,90 min 后测定其 pH 值,考察放置时间对 pH 值测定结果的影响,确定萃取液放置的最佳时间。

1.4.4 方法的重复性试验 将卷烟样品 A,按照上述步骤确定的试验方法条件,测定其卷烟总粒相物的 pH 值,每日重复测定 7 次,连续测定 5 日,考察方法的重复性。

1.4.5 卷烟样品主流烟气 pH 值测定 在锥形瓶中加入 80 mL 的模拟口腔萃取液,室温条件下振荡萃取 30 min (振荡频率以不振碎滤片为宜,推荐振荡频率 170 r/min),静置 10 min 后,用 pH 计测定萃取液的 pH 值,作为主流烟气总粒相物的 pH。按照以上方法,测定 2016 年 20 个卷烟感官标准样品总粒相物的 pH 值,每个样品平行测定 5 次,测定结果以 5 次测定结果的平均值表示,精确至小数点后 2 位。

1.4.6 卷烟主流烟气常规化学指标的测定 按照 GB/T 19609—2004《卷烟 用常规分析用吸烟机测定总粒相物和焦油》、GB/T 23355—2009《总粒相物中烟碱的测定方法 气相色谱法》、YC/T 157—2001《卷烟厂总相物中水分的测定方法》、GB/T 23356—2009《卷烟烟气气相中一氧化碳的测定 非散射红外法》规定的方法,测定 20 个卷烟感官标准样品的总粒相物、焦油、烟碱、水分、一氧化碳等指标。

1.4.7 卷烟感官评定方法 由 15 个资深评烟人员组成评吸小组,采用整体循环评吸法(overall circulation smoking manner),按照 YC/T 497—2014《卷烟 中式卷烟风格感官评价方法》中的评判标准对 20 个卷烟感官标准样品的烟气特性(烟气浓度、丰富性)、口味风格(甜味、酸味、苦味)、舒适感特性(刺激感、收敛、残留/干燥感)进行评分。

评吸样品烟前,先通过标杆烟的评吸,统一评分口径,以使对样品的打分尽量一致,减小因评判标准不统一对样品评价结果的影响。样品单项评定结果以评吸人员评定结果的平均值表示,精确至小数点后 2 位。

### 1.5 数据处理

由 SPSS 17.0 数据分析软件,采用单因素方差分析比较卷烟感官标准样品中烤烟型卷烟和混合型卷烟的主流烟气 pH 值有无显著性差异;采用简单相关分析,考察卷烟主流烟气 pH 值与主流烟气常规化学指标及衍生指标、

卷烟主流烟气 pH 值与卷烟风格感官评价结果各指标之间的相关性。

## 2 结果与分析

### 2.1 前处理条件的选择

2.1.1 萃取体积的选择 由图 1 可知,在 30~80 mL 时,随着萃取体积的增大,pH 值快速增大。但当萃取体积从 80 mL 继续增加时,pH 值仅呈略微增加的趋势,变化不再明显,因此选择 80 mL 作为萃取剂萃取体积。

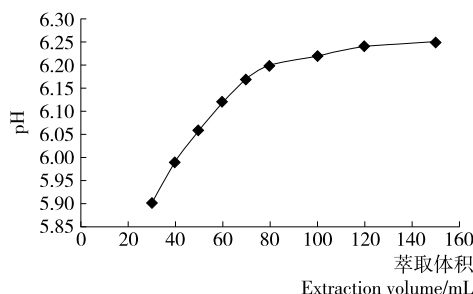


图 1 萃取液体积对 pH 值的影响

Figure 1 The effect of extraction volume on pH value

2.1.2 萃取时间的选择 由图 2 可知,在 0~20 min 时,萃取液的测定结果呈快速下降的趋势,可能是振荡时间较短,与萃取不完全有关;20 min 后,pH 值测定结果逐步降低,至 30 min 时基本趋于稳定,因此选取最佳萃取时间是 30 min。

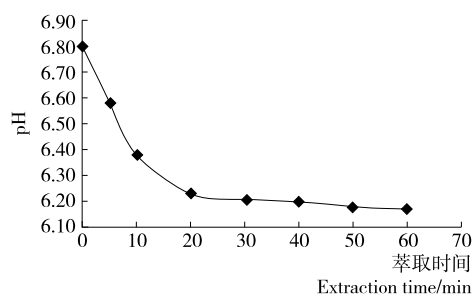


图 2 萃取时间对 pH 的影响

Figure 2 The effect of extraction time on pH value

2.1.3 萃取液放置时间的影响 由图 3 可知,在 0~40 min 内,随着放置时间的延长测定结果有降低的趋势,但在 40 min 内 pH 仅降低了 0.03;在 40~60 min 时,萃取液 pH 降低速度相对较快;60 min 后,测定结果基本稳定,可能与空气中 CO<sub>2</sub> 的逐步溶入,并趋于平衡有关。考虑到实际测定过程中震荡后萃取液界面存在一定的平衡时间,所以,本试验选择萃取液在密封条件下,静置 10 min 后测定的结果作为卷烟主流烟气的 pH 值测定结果,在此条件下测定时,溶液不仅经过充分反应达到酸碱平衡,而且也比较符合人的感觉器官在口腔的感知及存留时间特征。同时从图 3 可知,萃取后样品测定时间在 40 min 以内,超过 40 min 样品测定值发生较大变化。

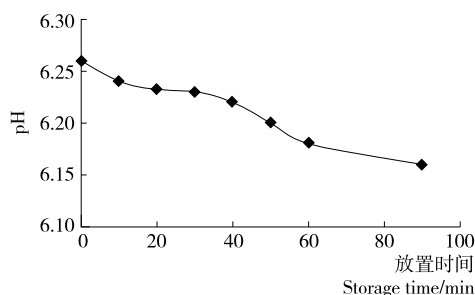


图 3 放置时间对 pH 的影响

Figure 3 The effect of storage time on pH value

### 2.2 方法重复性评价

按照 1.4.4 方法进行方法重复性评价,结果显示,日内(7 次)重复性相对标准偏差为 0.76%,日间(5 日)重复性相对标准偏差为 1.19%,两者均<2%。说明该方法具有良好的日内和日间稳定性,可以应用于实际样品检测。

### 2.3 实际卷烟样品的测定

采用所确定的方法,测定了 20 种标准卷烟主流烟气粒相物 pH 值,其中前 16 种为烤烟型卷烟,后 4 种为混合型卷烟,测定结果如表 1 所示。从表 1 可以看出,所测定卷烟主流烟气粒相物 pH 值范围为 6.20~6.66,其中烤烟型卷烟样品 pH 值平均值为 6.31,混合型卷烟样品平均值为 6.56,混合型卷烟主流烟气粒相物 pH 值测定结果明显高于烤烟型卷烟。为比较烤烟型卷烟与混合型卷烟主流烟气 pH 值有无显著性差异,使用 SPSS 17.0 软件对检测数据进行方差分析,具体结果见表 2。

表 1 卷烟烟气 pH 值测定结果

Table 1 The result of pH value of cigarette (n=5)

| 样品编号 | pH 值 | RSD/% | 样品编号 | pH 值 | RSD/% |
|------|------|-------|------|------|-------|
| 1    | 6.37 | 0.222 | 11   | 6.28 | 0.186 |
| 2    | 6.30 | 0.215 | 12   | 6.24 | 0.227 |
| 3    | 6.35 | 0.209 | 13   | 6.49 | 0.180 |
| 4    | 6.33 | 0.382 | 14   | 6.32 | 0.307 |
| 5    | 6.31 | 0.413 | 15   | 6.27 | 0.226 |
| 6    | 6.43 | 0.159 | 16   | 6.31 | 0.370 |
| 7    | 6.24 | 0.287 | 17   | 6.47 | 0.158 |
| 8    | 6.20 | 0.164 | 18   | 6.66 | 0.278 |
| 9    | 6.22 | 0.120 | 19   | 6.56 | 0.262 |
| 10   | 6.24 | 0.128 | 20   | 6.54 | 0.315 |

表 2 主流烟气 pH ANOVA 分析结果

Table 2 pH ANOVA results of mainstream-smoke

| 项目 | 离均差平方和 | 自由度 | 均方    | F     | 显著性   |
|----|--------|-----|-------|-------|-------|
| 组间 | 0.202  | 1   | 0.202 | 33.59 | 0.000 |
| 组内 | 0.108  | 18  | 0.006 |       |       |
| 总数 | 0.310  | 19  |       |       |       |

由表 2 可以看出,样品组间有显著性差异,表明烤烟型卷烟和混合型卷烟主流烟气 pH 值有显著差异性。

2.4 卷烟样品主流烟气粒相物 pH 值与卷烟主流烟气常规成分的关系

卷烟烟气化学成分是卷烟主流烟气粒相物萃取液 pH 值测定结果的物质基础,而卷烟烟气粒相物的 pH 值是卷烟烟气内部物质平衡和酸碱平衡的综合体现。由 SPSS 17.0 数据分析软件计算卷烟主流烟气的 pH 与卷烟主流烟气常规化学指标及其衍生指标的相关关系,其结果见表 3。由表 3 可知,卷烟主流烟气 pH 值与各常规成分之间的相关性系数,除了抽吸口数的  $r$  值为 0.005 以外,其他相关性系数均在 0.903~0.656,说明卷烟主流烟

气 pH 与各常规成分间存在密切的相关性。

2.5 卷烟样品主流烟气粒相物 pH 值与卷烟感官质量的关系

卷烟的吸食品质是指卷烟燃吸时,卷烟烟气通过吸烟者口腔和鼻腔所具有的嗅觉和味觉综合感受。烟草及烟气中有数千种化学成分,各种成分在烟气中协调一致形成了卷烟吸食品质的总体感觉。将主流烟气 pH 的测定结果同卷烟风格感官评价结果进行简单相关分析,其结果见表 4。由表 4 可知:主流烟气的 pH 与卷烟的烟气特性(烟气浓度、丰富性)、口味风格(甜味、苦味)、舒适感特性(刺激感、收敛、残留/干燥感)得分呈显著的相关关系,与卷烟的口味风格—酸性相关性不强。

表 3 卷烟烟气 pH 值与常规成分简单相关性系数<sup>†</sup>

Table 3 The correlation coefficient between pH value and routine ingredients of cigarette smoke

| 指标     | pH    | 总粒相物     | 水分       | 烟气烟碱     | 抽吸口数  | 焦油       | 一氧化碳     | 单口 TPM   | 单口烟碱     | 单口 TAR   | 单口 CO    |
|--------|-------|----------|----------|----------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| pH     | 1.000 | -0.903** | -0.791** | -0.854** | 0.020 | -0.900** | -0.656** | -0.910** | -0.894** | -0.891** | -0.537** |
| 总粒相物   |       | 1.000    | 0.893**  | 0.923**  | 0.233 | 0.996**  | 0.717**  | 0.902**  | 0.871**  | 0.879**  | 0.481*   |
| 水分     |       |          | 1.000    | 0.734**  | 0.281 | 0.854**  | 0.686**  | 0.776**  | 0.655**  | 0.718**  | 0.441    |
| 烟气烟碱   |       |          |          | 1.000    | 0.302 | 0.923**  | 0.508*   | 0.785**  | 0.924**  | 0.765**  | 0.249    |
| 抽吸口数   |       |          |          |          | 1.000 | 0.205    | -0.030   | -0.201   | -0.073   | -0.239   | -0.484*  |
| 焦油     |       |          |          |          |       | 1.000    | 0.722**  | 0.910**  | 0.881**  | 0.896**  | 0.500*   |
| 一氧化碳   |       |          |          |          |       |          | 1.000    | 0.727**  | 0.520*   | 0.722**  | 0.881**  |
| 单口 TPM |       |          |          |          |       |          |          | 1.000    | 0.903**  | 0.955**  | 0.696**  |
| 单口烟碱   |       |          |          |          |       |          |          |          | 1.000    | 0.898**  | 0.434*   |
| 单口 TAR |       |          |          |          |       |          |          |          |          | 1.000    | 0.713**  |
| 单口 CO  |       |          |          |          |       |          |          |          |          |          | 1.000    |

<sup>†</sup> \*\* 表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关,\* 表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

表 4 卷烟烟气 pH 值与感官评价结果皮尔逊相关系数<sup>†</sup>

Table 4 The Pearson correlation coefficient between pH value and sensory evaluation results of cigarette smoke

| 指标  | pH    | 浓度       | 丰富性      | 甜味       | 酸味       | 苦味       | 刺激性      | 收敛       | 残留       |
|-----|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| pH  | 1.000 | -0.903** | -0.706** | -0.851** | 0.364    | 0.885**  | -0.854** | -0.745** | -0.880** |
| 浓度  |       | 1.000    | 0.727**  | 0.732**  | -0.245   | -0.749** | 0.923**  | 0.758**  | 0.768**  |
| 丰富性 |       |          | 1.000    | 0.661**  | -0.584** | -0.471*  | 0.861**  | 0.890**  | 0.765**  |
| 甜味  |       |          |          | 1.000    | -0.613** | -0.887** | 0.787**  | 0.586**  | 0.959**  |
| 酸味  |       |          |          |          | 1.000    | 0.337    | -0.469*  | -0.340   | -0.727** |
| 苦味  |       |          |          |          |          | 1.000    | -0.688** | -0.546** | -0.745** |
| 刺激性 |       |          |          |          |          |          | 1.000    | 0.809**  | 0.841**  |
| 收敛  |       |          |          |          |          |          |          | 1.000    | 0.661**  |
| 残留  |       |          |          |          |          |          |          |          | 1.000    |

<sup>†</sup> \*\* 表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关,\* 表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

3 结论

本研究从烟气酸碱性是主流烟气与人体口腔唾液接触吸收的这一特性出发,确定了以模拟唾液为萃取溶剂测定卷烟主流烟气 pH 值的方法。对卷烟样品主流烟气 pH 值与主流烟气常规化学指标、卷烟感官评价指标的相

关性分析表明:与以往采用的测定卷烟主流烟气 pH 的方法相比,本方法所测定结果与主流烟气主要常规化学指标、卷烟感官主要评价指标的相关性更加显著。但还需要通过调节卷烟酸碱性的物质,改变卷烟主流烟气 pH,对卷烟酸碱性的物质基础进行研究。

(下转第 162 页)

- AAA group, cv. ‘Brazil’) fruit during storage[J]. *Scientia Horticulturae*, 2013, 160: 208-212.
- [9] AMORIM H V, DOUGALL D K, SHARP W R. The Effect of Carbohydrate and Nitrogen Concentration on Phenol Synthesis in Paul’s Scarlet Rose Cells Grown in Tissue Culture[J]. *Physiologia Plantarum*, 1977, 39(1): 91-95.
- [10] 李会端, 江岸, 余建中. 生姜总黄酮甲醇浸提工艺的响应面优化及提取液对羧自由基清除活性[J]. *北方园艺*, 2017(23): 155-164.
- [11] 廖钦洪, 姜玉松, 李会合, 等. 乙醇提取生姜姜辣素的工艺优化[J]. *食品工业科技*, 2017(21): 162-166.
- [12] 王丽, 徐美霞, 王梅, 等. HPLC 法测定母姜与子姜中的 6-姜酚, 8-姜酚和 10-姜酚[J]. *山东科学*, 2013, 26(1): 12-15.
- [13] 宁二娟, 李建, 王韬, 等. HPLC 法测定不同产地生姜中姜酚类成分的含量[J]. *河南科学*, 2018, 233(4): 57-61.
- [14] YANG Yan-fang, ZHANG Gui-jun, SUN Qi-yu, et al. Simultaneous Determination of 8 Compounds in Gancao-Ganjiang-Tang by HPLC-DAD and Analysis of the Relations between Compatibility, Dosage, and Contents of Medicines[J]. *Evidence-Based Complementray and Altern-*

- tive Medicine*, 2017, DOI: 10.1155/2017/4703632.
- [15] 王丽琼. 果蔬贮藏与加工[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2009: 21-24.
- [16] 任邦来, 林丽丽. 不同浓度水杨酸处理对辣椒保鲜效果的影响[J]. *中国食物与营养*, 2014, 20(6): 54-56.
- [17] MIAO Ming, WANG Qin-qin, ZHANG Tao, et al. Effect of high hydrostatic pressure (HHP) treatment on texture changes of water bamboo shoots cultivated in China[J]. *Postharvest Biology & Technology*, 2011, 59(3): 327-329.
- [18] 李艳杰, 郭玉曦, 丁树东, 等. 1-MCP 和壳聚糖处理对香菇采后抗氧化能力的影响[J]. *食品科技*, 2018, 48(11): 38-44.
- [19] 项佳媚, 许利嘉, 肖伟, 等. 姜的研究进展[J]. *中国药杂志*, 2017, 52(5): 353-357.
- [20] 吴永娟, 黄琼珍, 王中凤, 等. 嫩姜贮藏品质的变化[J]. *西南大学学报: 自然科学版*, 1999(6): 532-536.
- [21] SUEKAWA M, ISHIGE A, YUASA K, et al. Pharmacological Studies on Ginger I: Pharmacological Actions of Pungent Constituents, (6)-gingerol and (6)-shogaol[J]. *Journal of Pharmacobio-Dynamics*, 1984, 7(11): 836-848.

(上接第 63 页)

#### 参考文献

- [1] HENNINGFIELD J, FANT R, RADZIUS A, et al. Nicotine concentration, smoke pH and whole tobacco aqueous pH of some cigar brands and types popular in the United States[J]. *Nicotine & Tobacco Research*, 1999, 1(2): 163-168.
- [2] WILLIARD C S, MC Daniel E B, STRIEGEL R M, et al. A comparison of two methods for determining the pH of mainstream cigarette smoke[J]. *Tob Sci*, 2003, 46: 5-7.
- [3] 唐丽云, 练文柳, 郭紫明, 等. 卷烟烟气颗粒物萃取液缓冲当量及酸碱性的检测[J]. *湖南师范大学自然科学学报*, 2016, 39(2): 48-52.
- [4] 李国政, 邱建华, 周浩, 等. 卷烟烟气 pH 值研究进展[J]. *食品与机械*, 2017, 33(5): 216-219.
- [5] 牟定荣, 林文强, 程传玲, 等. 卷烟主流烟气颗粒物和气相

物 pH 值的测定[J]. *烟草科技*, 2009, 42(11): 40-43.

- [6] 徐玉琼, 李孟华, 张胜华, 等. 抽吸条件对卷烟主流烟气 pH 和化学成分的影响研究[J]. *中国农学通报*, 2012, 28(3): 277-281.
- [7] 刘百战, 舒俊生, 王素芳. 烟叶类型和外加成分对卷烟烟气颗粒物 pH 值的影响[J]. *烟草科技*, 2003(3): 24-27.
- [8] 陈建潭, 李世杰, 王明峰, 等. 卷烟烟气颗粒物 pH 值、游离烟碱含量与卷烟劲头的关系[J]. *烟草科技*, 2000, 33(6): 20-21.
- [9] 顾永波, 肖作兵, 刘强, 等. 卷烟主流烟气 pH 值的测定及其感官评析的相关性研究[J]. *食品工业*, 2011(2): 97-99.
- [10] 卢斌斌, 谢剑平, 刘惠民. 卷烟烟气 pH 与烟气总颗粒物中游离烟碱的关系[J]. *中国烟草学报*, 2005, 11(6): 7-15.
- [11] 卢斌斌, 刘惠民, 谢剑平. 卷烟烟气 pH 的测定及其与烟碱存在状态的关系综述[J]. *烟草科技*, 2002, 35(5): 19-22.

(上接第 71 页)

#### 参考文献

- [1] 任端平, 郗文静, 任波. 新食品安全法的十大亮点(二)[J]. *食品与发酵工业*, 2015, 41(8): 1-6.
- [2] 孙春伟. 新食品安全法关于监管部门的责任制度评析[J]. *食品工业科技*, 2016, 37(3): 28-30.
- [3] 霍敬裕, 鲁霖. 食品安全授权立法研究[J]. *食品科学*, 2016, 37(13): 271-276.
- [4] 赵鹏. 超越平台责任: 网络食品交易规制模式之反思[J]. *华东政法大学学报*, 2017, 36(1): 60-71.
- [5] 张志业, 聂艳萍, 刘权乐, 等. 全方位食品安全诚信体系构建研究: 以《食品安全法》的修订为视角[J]. *广西社会科学*,

2016, 24(12): 120-123.

- [6] 杨明. 我国互联网食品安全监管的现状、困境与优化对策[J]. *中国食品学报*, 2017, 17(11): 187-197.
- [7] 李长健, 鲁爱蓉. 食品安全法中惩罚性赔偿制度的适用与完善[J]. *食品与机械*, 2018, 34(10): 66-68, 207.
- [8] 李容琴. 新《食品安全法》下保健食品监管难题及其应对措施[J]. *食品与机械*, 2016, 32(11): 229-231.
- [9] 许新. 我国食品安全行政处罚听证制度研究[D]. 哈尔滨: 黑龙江大学, 2016: 8-9.
- [10] 欧阳志刚. 论行政执法自由裁量权的正当性[J]. *求索*, 2012, 42(3): 119-121.
- [11] 毕玉谦. 论庭审过程中法官的心证公开[J]. *法律适用*, 2017, 33(7): 46-53.