

矫海楠,王传义,徐秀红,等.不同装烟方式烤后烟感官评价与电子鼻综合分析[J].江苏农业科学,2015,43(8):290-293.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.08.096

不同装烟方式烤后烟感官评价与电子鼻综合分析

矫海楠^{1,2},王传义¹,徐秀红^{1,3},王术科⁴,孙钟亮⁴,孙帅帅⁵,王春凯^{1,2}

(1. 中国农业科学院烟草研究所/农业部烟草生物学与加工重点实验室,山东青岛 266101;2. 中国农业科学院研究生院,北京 100081;

3. 山东烟草研究院,山东济南 250000;4. 山东潍坊烟草有限公司诸城分公司,山东诸城 262200;

5. 山东中烟工业有限责任公司,山东青岛 266101)

摘要:为科学系统评价密集烤房烤后烟叶的香气质量,建立一种感官评吸与数理统计相结合的方法,对烟竿、烟夹、烟筐、大箱 4 种装烟方式的烤后烟叶进行化学成分分析、电子鼻无损检测和感官评吸。结果表明,利用主成分分析法、线性判别分析法能无损检测并显著区分不同装烟方式烤后烟叶的香气成分,烟夹烘烤与大箱烘烤差异最为显著。感官评吸也显示 4 种装烟方式以烟夹烘烤的烤后烟叶质量档次最佳,挂竿、烟筐次之,大箱烘烤最差,电子鼻分析结果与感官评吸结果相符合,利用电子鼻与感官评吸综合分析可更科学评价密集烤房不同装烟方式烤后烟香气质量。

关键词:装烟方式;香气质量;感官评吸;电子鼻分析

中图分类号: TS47 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)08-0290-03

烟草是一种重要的经济作物,目前,烟叶质量评价主要依靠感官评吸,但由于评价人对烟叶的敏感性不同,导致结果受主观因素影响较大,不能完全真实地反映其香气质量^[1]。烟叶的致香成分分析主要采用气相色谱质谱联用(GC-MS)测定法;但 GC-MS 不仅检测周期长、成本高,且所得具体致香成分的数据很难和样本整体信息及烟叶评吸质量联系起来,缺乏说服力。电子鼻是一个新颖的以传感器阵列形式分析、识别和检测复杂气味和挥发性成分的电化学传感系统。它得到的不是被测样品中某种或某几种成分的定性或定量结果,而是样品中挥发性成分的整体信息,也称“指纹信息”^[2]。Yang 等利用电子鼻对富含香豆素的日本绿茶进行风味研究,结果显示,电子鼻可以正确区分 7 种不同香豆素含量的绿茶,并评价其风味特点^[3]。近年来,国内外应用电子鼻研究评价酒类、水果和茶叶等农产品品质时也大多局限于单纯的电子鼻区别或鉴别,电子鼻与感官质量的综合分析较少^[4-9]。我国对于电子鼻的应用起步较晚,在食品工业上最早应用,对于烟草的应用仅仅局限于香料配方和真假烟鉴别上^[8-9],对于初烤烟叶的应用较少。

随着现代烟草业的发展,过去普通烤房已逐渐被淘汰,取而代之的是更为节能、省工、整体烘烤质量佳的密集烤房^[10-11];但密集烤房由于强制通风等原因导致其香气及油分明显不如过去的普通烤房^[12]。通过装烟方式及烘烤工艺的改进来改善和提高烤后烟叶香气成为当前烟草调制加工研究的热点。有关密集烤房装烟方式研究虽有报道,但大多局限于单纯的烟叶致香成分含量高低的比较,不能代表样品的整

体性,缺乏整体性数据分析方法^[13-16]。

本试验利用电子鼻无损检测技术对不同装烟方式烤后烟叶的致香成分进行主成分和线性判别分析,并与主要化学成分检测和感官评吸质量相结合,以探求更为科学的香气整体评价方式,为评吸质量提供数理统计辅助分析方法,客观地评价不同装烟方式烤后烟叶质量。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

供试品种为 NC55,供试材料为山东诸城市琅埠烟站同一地块、长势整齐一致、统一采收二棚烟叶。烘烤设备为装烟室大小为 270 cm×800 cm 的标准化密集烤房。

1.2 试验仪器

仪器为德国 Aisense 公司生产的 PEN 3 型便携式电子鼻,主要包括以下硬件部分:传感器阵列(包含 10 个传感器,具体属性见表 1)、采样及清洗通道、数据采集系统及计算机。电子鼻获取的数据为传感器的电导率 G 与基准气体通过时传感器的电导率 G_0 的比值。

表 1 PEN 3 传感器阵列及其性能

阵列序号	金属氧化物传感器名称	性能描述
1	W1C	芳香成分、苯类
2	W5S	灵敏度大,对氮氧化合物很灵敏
3	W3C	氨类,对芳香成分灵敏
4	W6S	氯化物
5	W5C	短链烷烃芳香成分、脂肪族
6	W1S	对甲基类灵敏
7	W1W	对无机硫化物灵敏
8	W2S	对醇类、酮醛类灵敏
9	W2W	对有机硫化物、有机氯化物灵敏
10	W3S	对长链烷烃、脂肪族灵敏

1.3 试验设计

试验设置 4 个处理:(1)烟竿烘烤,烟竿长度 145 cm;(2)烟夹烘烤,梳式烟夹,长 132 cm、外宽 14 cm、内宽 10 cm;(3)烟筐烘烤,烟筐规格 30 cm×43 cm×50 cm;(4)大箱烘烤,大

收稿日期:2014-09-12

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项(编号:201203091);中国烟草总公司山东省公司科技重大专项(编号:201101)。

作者简介:矫海楠(1989—),男,山东青岛人,硕士研究生,主要从事烟草调制加工研究。E-mail:jhn_1989@126.com。

通信作者:徐秀红,硕士,研究员,主要从事烟草调制加工研究。E-mail:xuxiuhong@caas.cn。

箱规格 260 cm × 80 cm × 180 cm。每种装烟方式按各自的适宜装烟密度进行配置和配套烘烤,各处理烤后烟样品标记竿均放在各烤房的中层中间位置。

1.4 试验方法

主要化学成分测定方法:烟碱、钾、氯含量测定分别参照 GB 23225—2008、YC/T 173—2003 (使用 ICP-OES 测定)、YC/T 153—2001 进行,总氮、总糖、还原糖含量测定均参照 YC/T 33—1996 进行。

电子鼻检测:取各装烟方式处理烘烤后 B2F 等级烟叶,分别称取烟末样品 5 g,置于 300 mL 三角烧瓶中,封口膜密封,每个试验样品重复 3 次,放置 30 min。电子鼻的测定条件:传感器自清洗时间 100 s,传感器归零时间 10 s,样品准备时间 5 s,进样流量 300 mL/min,分析采样时间 60 s。

烟叶感官质量评吸由农业部烟草产业产品质量监督检验测试中心按照标准 YC/T 138—1998 进行评价。

1.5 数据分析

对于电子鼻样品区分分析,提取 10 个传感器的特征值,然后利用电子鼻自带 WinMuster 软件对数据进行主成分分析和线性判别式分析。对电子鼻不同传感器贡献率,主要采用 Loadings 分析。对评吸结果使用 SPSS 19.0 进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同装烟方式烤后烟叶的主要化学成分

从表 2 可以看出,密集烤房挂竿烘烤后的烟叶烟碱含量最高,大箱烘烤次之,而烟夹和散叶筐烤后烟叶较低。在糖含量方面,烟夹的总糖和还原糖含量明显高于其他处理,而烟竿处理虽然总糖含量较低,但其还原糖含量较高。此外,除了烟竿处理氯含量和烟夹处理钾含量较高外,其他处理钾、氯含量差异不明显。

表 2 不同装烟方式烤后烟叶主要化学成分

烘烤方式	化学成分含量 (%)					
	烟碱	总氮	总糖	还原糖	钾	氯
烟竿	3.91	2.37	20.4	19.1	2.17	0.59
烟夹	3.02	2.16	28.3	21.2	2.35	0.36
烟筐	3.04	1.95	22.6	18.3	2.09	0.36
大箱	3.84	2.44	20.5	16.3	2.08	0.31

2.2 不同装烟方式烤后烟叶电子鼻检测

2.2.1 主成分分析法分析不同装烟方式烤后烟叶香气成分

主成分分析法 (principle component analysis, PCA) 是一种多元统计方法,是将提取的传感器多指标信息进行转换和降维,并对降维后的特征向量进行线性分析,最后在 PCA 分析图上呈现主要的两维图。横 (PC1)、纵 (PC2) 坐标分别表示在 PCA 转换中得到的第 1 主成分和第 2 主成分贡献率,贡献率越大,说明主要成分可以较好地反映原多指标信息。若样品在横坐标距离越大,说明它们的差异越大;而 2 个样品在纵坐标距离即使很大,但由于第 2 主成分贡献率很小,所以 2 个样品间的实际差异也不会很明显^[17]。从图 1 可以看出,2 个主成分贡献率分别是 90.81% (PC1) 和 8.38% (PC2),总贡献率为 99.19%,能够较好地呈现样品特征,从 2 个主轴上看,呈现较好的单向趋势。从横坐标的位置上看,烟夹与烟筐、大箱、烟竿处理距离较远,说明烟夹样品香气成分与其他 3 项差异较大。由于纵轴 PC2 贡献率仅为 8.38%,即使烟筐距离大箱和烟竿在纵轴上较远,也并不一定能说明烟筐跟大箱和挂

竿之间有明显差异,而大箱和挂竿之间在 PCA 分析中则没有明显差异。

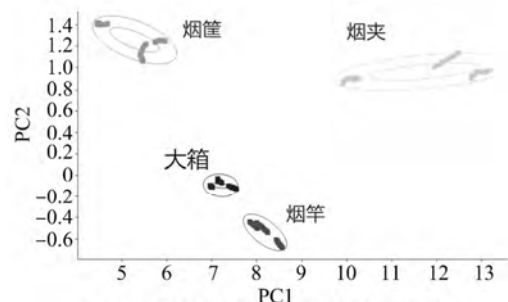


图 1 不同装烟方式烤后烟叶的 PCA 分析

2.2.2 线性判别法分析不同装烟方式烤后烟叶香气成分

线性判别法 (linear discriminant analysis, LDA) 是研究样品所属类型的一种统计方法。LDA 分析利用了所有传感器信号,以提高分类的准确性,更加注重样品空间分布状态及彼此的距离分析^[18]。从图 2 可以看出,在 LDA 分析中,线性判别函数 LD1 和 LD2 的贡献率分别是 79.23% 和 16.20%,总贡献率为 95.43%。可以很好地将 4 个样品区分开,且以烟夹与大箱的差异最为显著,烟夹和烟筐则主要通过 LD2 来区分 (纵坐标跨度),可认定分析的有效性。

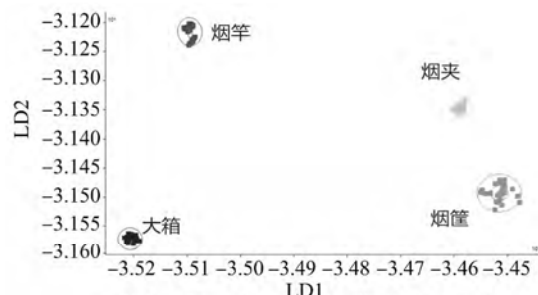


图 2 不同装烟方式烤后烟叶的 LDA 分析

2.2.3 电子鼻不同传感器贡献率分析

Lodings 分析可用来分析电子鼻各传感器的贡献率,帮助区分各传感器的重要性。传感器距离原点越远,其负载参数值就越大,说明传感器贡献越大,反之则贡献越小。从图 3 可以看出,W5S 传感器在第 1、第 2 主成分上的贡献率都较大,W1W (对无机硫化物灵敏) 传感器对第 1 主成分贡献率最大,W5S (对氮氧化物灵敏) 传感器次之;W2S (对醇类、醛酮类灵敏) 传感器对第 2 主成分贡献最大,W5S、W1S (对甲基类灵敏)、W3S (对长链烷烃和芳香族灵敏) 传感器次之;而其他传感器距离原点较近,且有部分传感器重合,说明其贡献率较小,可以忽略不计。

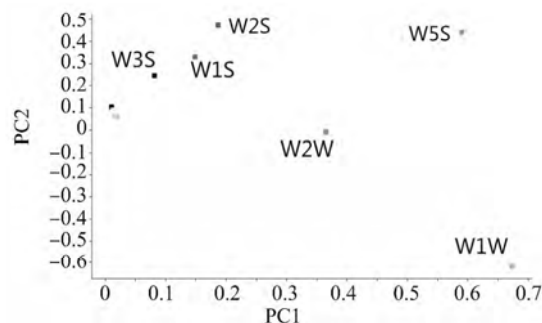


图 3 不同装烟方式烤后烟叶的 Loadings 分析

2.3 不同装烟方式烤后烟叶的感官评吸质量

从各处理烟叶感官评吸结果(表 4): (1) 烟夹烘烤的香气质极显著高于大箱烘烤, 显著高于烟筐烘烤, 而挂竿烘烤与其他 3 个处理差异不明显; (2) 从香气量上看, 烟夹烘烤显著高于烟筐和大箱烘烤; (3) 在余味得分上, 烟夹和挂竿烘烤显著高于大箱烘烤, 与烟筐烘烤差异不显著; (4) 烟夹处理的杂气极显著高于大箱处理, 且显著高于其他 2 个处理, 而大箱处理显著低于其余 3 个处理; (5) 从刺激性来看, 烟夹和挂竿烘

烤显著高于大箱烘烤, 与烟筐烘烤差异不显著; (6) 在评吸总得分上, 烟夹烘烤极显著高于其他 3 个处理, 大箱烘烤极显著低于其他 3 个处理, 而挂竿和烟筐烘烤差异不显著; (7) 综合质量档次上, 烟夹烘烤得分极显著高于大箱烘烤, 与其他 2 种方式没有显著差异, 大箱烘烤显著低于挂竿和烟筐烘烤, 且以烟夹烘烤的质量档次为“中等 +”, 大箱烘烤为“中等 -”, 挂竿和烟筐烘烤均为“中等”。

表 3 不同装烟方式烤后烟叶的感官评吸质量

烘烤方式	劲头	香气质	香气量	余味	杂气	刺激性	得分	档次得分	档次
烟竿	适中	10.80 ± 0.447ABab	15.80 ± 0.274Aab	18.90 ± 0.652Aa	12.80 ± 0.274ABb	8.70 ± 0.274Aa	73.00 ± 1.118ABb	3.16 ± 0.219ABa	中等
烟夹	适中	11.30 ± 0.274Aa	16.00 ± 0.000Aa	18.80 ± 0.447Aa	13.20 ± 0.274Aa	8.80 ± 0.274Aa	74.10 ± 0.652Aa	3.30 ± 0.187Aa	中等 +
烟筐	适中	10.70 ± 0.274ABb	15.50 ± 0.354Ab	18.70 ± 0.274Aab	12.80 ± 0.274ABb	8.60 ± 0.418Aab	72.30 ± 0.447Bb	3.10 ± 0.123ABab	中等
大箱	适中 +	10.40 ± 0.548Bb	15.40 ± 0.418Ab	18.10 ± 0.418Ab	12.30 ± 0.274Bc	8.20 ± 0.274Ab	70.40 ± 0.822Cc	2.88 ± 0.164Bb	中等 -
P 值		0.021	0.026	0.064	0.001	0.041	0	0.013	

注: 同列数据后小写、大写字母不同者分别表示差异显著 ($P < 0.05$)、极显著 ($P < 0.01$)。

3 讨论与结论

密集烤房较传统的普通烤房由于强制通风等原因经常造成烟叶香气不足, 油分较少, 而密集烤房中烟夹烘烤与挂竿烘烤相比, 烟夹装烟密度大, 烟叶间隙略小, 水分散失较慢, 烟叶生理生化反应较为完全^[10-11]。从化学分析结果上看, 烟夹烘烤较其他 3 种方式还原糖含量较高, 且含氮量适中, 其香气吃味较醇和, 在 4 种装烟方式中香吃味较好, 这也与评吸结果相符。而大箱烘烤由于装烟密度过大, 且烟叶排列较为散乱, 在烘烤过程中容易倒伏, 导致烟叶排湿不顺畅, 棕色化反应程度高, 影响烟叶外观质量和化学成分协调性^[10-13]。评吸综合质量档次也以烟夹为最佳, 挂竿和烟筐次之, 大箱最差, 本结论与徐秀红等的研究结果^[9]相符。虽然大箱烘烤的评吸质量较差, 但是其杂气显著低于其他几种处理, 说明大箱烘烤还是能够起到改善烟叶青杂气的作用。卢贤仁等研究了几种不同装烟方式的中性致香物质总量^[14], 其结果与本试验结果有所不同, 说明烟叶中的中性致香成分并不都提升烟叶的香吃味, 某些成分可能会削弱烟叶的香吃味, 有必要继续深入研究主要致香成分的功能及相互作用。

烟叶和烟气中的化学成分总数达 8 400 多种^[20], 目前能够确定其成分的有 4 000 多种, 但这些化学成分对香气的贡献程度则不同。近年来, 对于香气贡献的研究也仅仅局限于香气的定量检测分析上, 通过 Loadings 分析不同装烟方式的烤后烟叶样品, 可以确定氮氧化物类传感器, 醇类、醛酮类传感器和无机硫化物类传感器对烤后烟叶的香气成分较为敏感。相关研究表明, 醇类、醛酮类物质有平衡酸碱、醇和烟气的作用, 对于烟叶的香吃味有较大的提升作用, 但是由于氮氧化物范围较广, 无法确定其中哪些致香成分有提升作用, 可以通过进一步细化氮氧化物传感器等技术进行探索; 而无机硫化物在相关烟叶香气的研究中则鲜有报道, 这可以为烤后烟叶致香成分的研究提供新思路。

从 PCA 和 LDA 分析结果可以看出, 烟夹烘烤和大箱烘烤的差异最为明显, 烟夹烘烤的香气贡献率在第 1、第 2 主成分上均明显高于大箱烘烤, 这与评吸结果相符, 二者的评吸质量档次分别为“中等 +”和“中等 -”。而烟竿烘烤和烟筐烘烤在 PCA 分析中主要差异在第 2 主成分, 但由于第 2 主成分

贡献率较低 (8.38%), 所以并不能说明二者的差异显著性, 这也与评吸结果大致相吻合, 二者评吸质量档次均为中等。在以往电子鼻检测中, 其作用大多是单纯的证明样品间气味的差异性, 而本研究结果则说明电子鼻在研究烟叶香气质量中可作为样品整体性分析的辅助手段, 与感官评吸等其他研究方式相结合, 可有效提高相互间的真实性和可靠性, 为电子鼻在烟草上的进一步应用提供借鉴。

化学成分分析及评吸结果表明, 密集烤房不同装烟方式烤后烟叶质量以烟夹烘烤的化学成分协调性为最佳, 大箱烘烤最差, 4 种装烟方式烤后烟叶的评吸质量以烟夹质量档次为最高, 烟竿、烟筐次之, 大箱最低。经电子鼻无损检测, 密集烤房不同装烟方式下烤后烟叶的香气成分对氮氧化物传感器, 醇类、醛酮类传感器和无机硫化物传感器最为敏感, 可以以这 3 类传感器作为烤后烟叶电子鼻的传感器阵列。PCA 和 LDA 分析表明, 电子鼻能够明显区分出 4 种装烟方式的烤后烟叶香气成分, 且烟夹烘烤和大箱烘烤分别与其他 2 处理差异最为显著, PCA 和 LDA 分析结果与感官评吸结果相吻合, 说明电子鼻分析可以作为一种烟叶香气质量评价的辅助手段, 为感官评吸提供科学分析的依据。

参考文献:

- [1] 崔国民, 师进霖, 杨子娟, 等. 初烤烟叶评吸质量主成分分析 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40 (19): 10271 - 10272, 10278.
- [2] Haugen J E, Chan E, Westad F, et al. Rapid control of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*) quality by electronic nose: Correlation with classical evaluation methods [J]. Sensors and Actuators B - Chemical, 2006, 116 (1/2): 72 - 77.
- [3] Yang Z Y, Dong F, Shimizu K, et al. Identification of coumarin - enriched Japanese green teas and their particular flavor using electronic nose [J]. Journal of Food Engineering, 2009, 92 (3): 312 - 316.
- [4] 周亦斌, 王 俊. 基于电子鼻的番茄成熟度及贮藏时间评价的研究 [J]. 农业工程学报, 2005, 21 (4): 113 - 117.
- [5] Saevels S, Lammertyn J, Berna A Z, et al. An electronic nose and a mass spectrometry - based electronic nose for assessing apple quality during shelf life [J]. Postharvest Biology and Technology, 2004, 31 (1): 9 - 19.
- [6] Natale C D, Macagnano A, Martinelli E, et al. The evaluation of quality of postharvest oranges and apples by means of an electronic nose [J]. Sensors and Actuators, 2001, 78: 26 - 31.

朱其霄, 弋景刚, 姜海勇, 等. 海湾扇贝外套膜及脏器剥离机理试验 [J]. 江苏农业科学, 2015, 43 (8): 293–295.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.08.097

海湾扇贝外套膜及脏器剥离机理试验

朱其霄, 弋景刚, 姜海勇, 王家忠, 刘江涛

(河北农业大学机电工程学院, 河北保定 071000)

摘要:采用试验研究与理论分析相结合的方法对扇贝外套膜及脏器的剥离机理进行研究, 从能量角度揭示剥离机理, 利用 SPSS 软件对试验数据进行分析, 并拟合建立剥离力的数学模型。结果表明, 剥离力与扇贝壳长呈正相关, 而与剥离速率无明显相关关系。

关键词:海湾扇贝; 外套膜; 脏器; 剥离机理; 剥离力; 加工机械

中图分类号:S985.3*6 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)08-0293-03

海湾扇贝分布于北美洲大西洋西海岸, 1982 年由中国科学院海洋研究所引进到我国, 发展成为我国北方浅海养殖的支柱产业之一。扇贝制品的加工工艺为: 洗净鲜活扇贝→开壳→去外套膜及脏器→取贝柱→水洗→挑选称质量→装盘冷冻→包装。其中, 去外套膜及脏器是扇贝加工的重点也是难点, 须要耗费大量的工时。国内主要采取手工加工方式, 机械化程度低, 依赖手工加工很难实现加工质量的有效控制。欧美等发达国家扇贝加工业发展早, 机械化程度高, 但其扇贝加工设备不适合我国国情。因此, 研制扇贝加工关键装备、提高扇贝制品的质量, 实现扇贝加工的大规模机械化生产对我国扇贝产业的未来发展具有重大和深远的意义^[1-2]。目前, 我国在机械去除海湾扇贝外套膜及脏器方面进行的理论研究较少, 对外套膜的剥离原理没有形成完善的理论。本试验主要针对海湾扇贝外套膜及脏器的剥离机理进行研究, 以期设计

出更经济合理的扇贝加工机械。

1 扇贝外套膜及脏器剥离研究现状

1.1 扇贝内部结构特性

海湾扇贝内部主要为贝柱、外套膜和内脏等生物组织, 图 1 为外套膜具有双壳贝类外套膜的典型结构, 紧贴于两贝壳的内面, 为包被内脏团的二叶薄膜, 除了在背面少数部位连接外其余部分均游离, 由中央膜和边缘膜组成。外套膜各部位组织学结构相似, 其组织结构主要为内外上皮层、结缔组织与肌纤维。透过透明的外套膜的中央区, 可以看到为外套膜所包被的白色贝柱, 其组织结构主要为肌纤维^[3]。

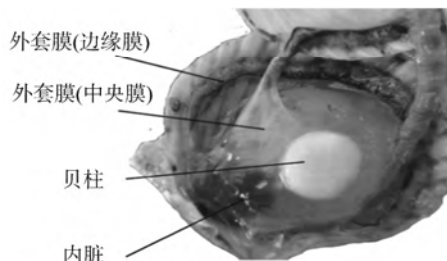


图1 扇贝内部结构

收稿日期: 2014-07-28

基金项目: 国家海洋公益性行业科技专项 (编号: 201205031)。

作者简介:朱其霄 (1989—), 男, 河北衡水人, 硕士研究生, 主要从事农业装备自动化与制造技术研究。E-mail: 912016254@qq.com。
通信作者:弋景刚 (1961—), 男, 河北沧州人, 教授, 从事农业装备自动化与制造技术研究。E-mail: yjg@hebau.edu.cn。

[7] Natale C D, Zude - Sasse M, Macagnano A, et al. Outer product analysis of electronic nose and visible spectra: application to the measurement of peach fruit characteristics [J]. *Analytica Chimica Acta*, 2002, 459: 107–117.

[8] 于宏晓, 徐海涛, 马 强, 等. 电子鼻气味指纹数据对烟丝加香质量的评价 [J]. *中国烟草科学*, 2010, 31 (2): 63–66.

[9] 毛友安, 刘 巍, 黄建国, 等. 用电子鼻检测技术比较卷烟烟丝挥发性组分整体性质的研究 [J]. *化学传感器*, 2007, 27 (4): 36–42.

[10] 宫长荣, 潘建斌, 宋朝鹏. 我国烟叶烘烤设备的演变与研究进展 [J]. *烟草科技*, 2005 (11): 34–37.

[11] 宋朝鹏, 陈江华, 许自成, 等. 我国烤房的建设现状与发展方向 [J]. *中国烟草学报*, 2009, 15 (3): 83–86.

[12] 潘文杰, 谢己书, 李章海, 等. 不同烘烤方式烘烤过程中烟叶表面烷烃类物质变化的研究 [J]. *安徽农业大学学报*, 2011, 38 (3): 469–473.

[13] 贺方云, 吴 峰, 耿富卿, 等. 不同烘烤方式对烤烟香气成分的

影响 [J]. *贵州农业科学*, 2012, 40 (5): 60–63.

[14] 卢贤仁, 陈芝波, 向章敏, 等. 密集烘烤不同装烟方式对烤后烟叶中性致香物质含量的影响 [J]. *贵州农业科学*, 2012, 40 (12): 66–69.

[15] 刘 闯, 陈振国, 李进平, 等. 不同装烟方式对烟叶挥发性致香物质含量的影响 [J]. *云南农业大学学报: 自然科学版*, 2011, 26 (1): 70–74.

[16] 贺 帆, 王 涛, 樊军辉, 等. 装烟密度对密集烘烤中上部烟叶香气质量的影响 [J]. *江西农业大学学报*, 2013, 35 (1): 33–37, 48.

[17] 唐晓伟, 张万清, 耿利华, 等. 电子鼻评价甜瓜成熟度及风味的研究 [J]. *中国农学通报*, 2010, 26 (21): 75–80.

[18] 宋 伟, 刘 璐, 支永海, 等. 电子鼻判别不同储藏条件下糙米品质的研究 [J]. *食品科学*, 2010, 31 (24): 360–365.

[19] 徐秀红, 王林立, 王传义, 等. 密集烤房不同装烟方式对烟叶质量及效益的影响 [J]. *中国烟草科学*, 2010, 31 (6): 72–74.

[20] 史宏志, 刘国顺, 杨惠娟, 等. *烟草香味学* [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.