

溶剂萃取直接进样—气相色谱—质谱/质谱法 测定烟丝中香兰素的不确定度评价

Evaluation of uncertainty of vanillin in tobacco by solvent extraction direct
injection-gas chromatography-mass spectrometry/mass spectrometry

李超¹ 许永¹ 李娥贤² 秦云华¹ 吴家灿¹
LI Chao¹ XU Yong¹ LI E-xian² QIN Yun-hua¹ WU Jia-can¹
刘秀明¹ 王家俊¹ 蒋薇¹ 张承明¹

LIU Xiu-ming¹ WANG Jia-jun¹ JIANG Wei¹ ZHANG Cheng-ming¹

(1. 云南中烟工业有限责任公司技术中心, 云南 昆明 650231;

2. 云南省农业科学院生物技术与种质资源研究所, 云南 昆明 650223)

(1. Research and Development Center, China Tobacco Yunnan Industrial Co., Kunming, Yunnan 650231, China; 2. Institute of Biotechnology and Germplasm Resources, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming, Yunnan 650223, China)

摘要:通过溶剂萃取直接进样—气相色谱—质谱/质谱(LSE-GC-MS/MS)法测定烟丝中香兰素的含量,研究对香兰素含量检测结果的影响误差。通过计算香兰素不确定度分量及合成不确定度,得出该物质测量结果扩展不确定度为1.37 $\mu\text{g/g}$ 。

关键词:烟丝;香兰素;溶剂萃取直接进样—气相色谱—质谱/质谱法;不确定度评价

Abstract: The content of vanillin in tobacco was determined by liquid solvent extraction direct injection -gas chromatography-mass spectrometry (LSE-GC-MS/MS). By calculating the uncertainty component and synthetic uncertainty of vanillin, the influence error on the detection results of vanillin content was achieved. The uncertainty of the measurement result of the substance was 1.37 $\mu\text{g/g}$.

Keywords: cut tobacco; vanillin; LSE-GC-MS/MS; uncertainty assessment

在卷烟工艺加工的过程中,加香作为制丝工艺中最为重要的工序环节之一,对制丝工艺提出了比较高的要求^[1-3]。而烟丝加香均匀性常常依据卷烟烟丝中加香物质的含量指标来评价,但由于随机误差和系统误差不同程度地存在于测量的全过程,因此对于所测定的物质的含量会产生一定程度的不确定性,难以判断测定值在什么区间内才更加趋近于真实值,以至于运用测定值进行后续风格评价时缺乏客观真实的评价依据。近年来,人们越来越重视将不确定度作为一种衡量检测结果可信赖程度及可靠性的重要指标,并且该指标在化学计量学领域已得到了应用^[4-7],但在烟草工艺加工过程特征组分评价中的应用还鲜见报道。在卷烟香精配方中加入适量的香兰素,能够在降低刺激性、柔和烟气的同时,有效增加卷烟的烟香^[8-9],还可以有效地改善抽吸质量^[10]。

香兰素在化妆品、糕点、烟草、糖果以及烘烤食品等行业广泛使用,是全球产量最大的合成香料品种之一^[11]。其检测方法有高效液相色谱法、毛细管电泳法及红外光谱技术等^[12-16],这些方法的特点是快速、简便,但对于微量及痕量物质的定量并不十分准确。本研究拟在一定的合成不确定度区间内,建立一种快速、简便、准确的评价手段,使测定值更趋近于真实值,通过该方法的实施和应用,以消除随机误差对检测结果的影响,使卷烟烟丝加香均匀性的评价更加真实,对于提高卷烟加工制丝工艺中加香均匀性和准确性具有重要的现实意义,也可以为卷烟成品的加工优化提供技术支持。

基金项目:云南中烟工业有限责任公司 2015 年度科技项目(编号:2015JC07);云南中烟工业有限责任公司 2017 年度科技项目(编号:2017JC04);云南省应用基础研究计划项目(编号:2017FD048)

作者简介:李超,男,云南中烟工业有限责任公司技术中心工程师,硕士。

通信作者:许永(1982—),女,云南中烟工业有限责任公司技术中心研究实习生,硕士。E-mail:super88man66@126.com

收稿日期:2018-03-18

1 材料与方法

1.1 材料

样品:任意抽取卷烟样品 A;
 萘标准品:纯度 98%,美国 Sigma-Aldrich 公司;
 无水乙醚、无水乙醇、丙二醇:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;
 其他试剂均为分析纯;
 气相色谱-质谱/质谱仪:SCION 456 GC-TQ 型,美国布鲁克公司;
 电子天平:CP224S 型,感量 0.000 1 g,德国 Sartorius 公司;
 数字型可调瓶口分液器:50 mL,德国 BRAND 公司。

1.2 标准工作溶液配制

1.2.1 工作液内标 准确称取 6 g(m_0)萘标准品(ρ_0),用无水乙醚稀释并定容,置于 100 mL(v_1)容量瓶中,得内标储备液,其浓度为 60 mg/mL。准确移取内标储备液 0.1 mL(v_2)于 100 mL(v_3)容量瓶中,并用无水乙醚稀释并定容,得内标标准工作液,浓度为 60 μ g/mL。
 1.2.2 香兰素标准工作溶液 向 10 mL 无水乙醇-丙二醇混合溶液(无水乙醇:丙二醇=9:1)中加入 0.01 g(m_1)香兰素(ρ_1)标准品,完全溶解后,转移至 100 mL(v_4)的容量瓶中,用无水乙醇-丙二醇混合溶液(无水乙醇:丙二醇=9:1)定容至指定的刻度,得到 100 μ g/mL 的标准储备液,系列标准溶液配制过程见表 1。

表 1 标准系列工作溶液配制表

Table 1 Preparation table of standard series working solution			
储备溶液/ ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	移取体积/ mL	定容体积/ mL	系列标准工作溶液 浓度/($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)
100	0.6	100	0.6
100	0.9	100	0.9
100	1.2	100	1.2
100	2.0	100	2.0
100	3.0	100	3.0

1.3 样品处理及分析

称取各试样烟末 1 g 于带塞锥形瓶中,分别加入 60 μ g/mL 的内标萘 1 mL、无水乙醚 9 mL,迅速盖上盖摇匀,置于震荡摇床上持续震荡 2 h,用 10 mL 针筒取上层萃取液并经 0.22 μ m 的微孔滤膜过滤后备用,供气相色谱-质谱/质谱仪测定。具体测定步骤见图 1。

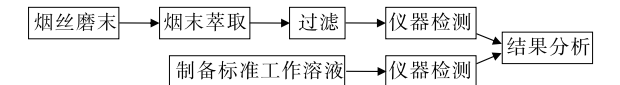


图 1 测定步骤流程图

Figure 1 Measurement procedure chart

1.4 香兰素含量测量不确定度评估

1.4.1 香兰素含量表达式 烟丝中香兰素的含量按式(1)计算:

$$x = \frac{C \times V}{m}, \tag{1}$$

式中:

x ——试样中香兰素的含量, μ g/g;
 C ——萃取液中香兰素的浓度, μ g/mL;
 V ——萃取液的体积,mL;
 m ——称取烟丝质量,g。

1.4.2 测量不确定度的评估 根据香兰素检测方法的因果关系从浓度不确定度 $u(C)$ 、样品称量不确定度 $u(m)$ 、萃取液体积不确定度 $u(V)$ 及重复性测量试验不确定度 $u(R)$ 4 个因素的不确定进行评估,分别对各个分量进行量化。其中相对标准不确定度 $u_r(C_0)$ 由内标工作液配制引入,包括:由内标物质萘纯度引入的 $u_r(\rho_0)$,由内标物质称量引入的 $u_r(m_0)$,由 100 mL 容量瓶引入的 $u_r(v_1)$ 、 $u_r(v_3)$,由 0.1 mL 移液管引入的 $u_r(v_2)$;其次相对标准不确定度由香兰素标准溶液配制引入的 $u_r(C_1)$,包括:由标准物质纯度引入的 $u_r(\rho_1)$ 、由标准物质称量引入的 $u_r(m_1)$ 及由 100 mL 容量瓶引入的 $u_r(v_4)$;最后试样中香兰素含量测定过程采用最小二乘法拟合标准曲线求得,其中引入了相对标准不确定度 $u_r(C_2)$ 。通过分量的评估计算测定结果的合成不确定度 $u(X)$ 。最终取置信概率 95%, $k=2$,按照正态分布规律,计算香兰素含量测定结果的扩展不确定度。

2 结果与讨论

2.1 测量不确定度的评估

有关不确定度因果关系的影响因素见图 2。

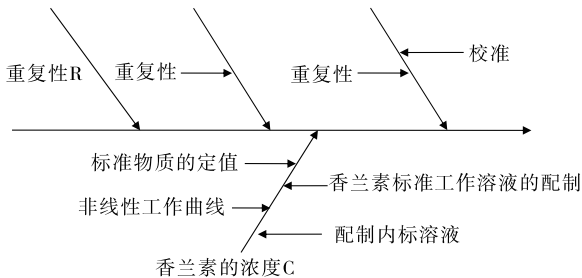


图 2 不确定度各影响因素的因果关系图

Figure 2 The causality diagram of various influencing factors of uncertainty

根据过程可统计和测量模型可分析香兰素测量的不确定度来源:

(1) 浓度不确定度 $u(C)$:主要包括内标溶液配制时引入的不确定度分量、标准工作液配制时引入的不确定度分量、内标物质定值时产生的不确定度、标准物质定值产生的不确定度、拟合工作曲线时非线性产生的不确定度。

(2) 样品称量不确定度 $u(m)$:由分析天平的特性引入。由于称量的量相差并不大,用减量法称量样品,用量较小,空

气浮力可忽略不计,所以主要是由最大允差的影响来最终确定,且在天平容许的线性范围内。

(3) 萃取液体积不确定度 $u(V)$:由内标加入量及萃取液加入量所产生的不确定度的分量。

(4) 重复性测量试验不确定度 $u(R)$ 。

2.2 测量不确定度分量的量化

2.2.1 浓度不确定度 $u(C)$ 评定

(1) 由内标工作液配制引入的标准不确定度 $u_r(C_0)$:

① 由萘纯度内标物质引入的相对标准不确定度 $u_r(\rho_0)$:根据生产商提供的信息,萘的纯度>99%,可认为其扩张不确定度为 0.5%,即纯度为 99%~100%,相对标准不确定度,按均匀分布 $k=3$ 计算:

$$u_r(\rho_0) = \frac{0.5\%}{\sqrt{3}} = 0.29\%。$$

② 由内标物质称量引入的相对标准不确定度 $u_r(m_0)$:按矩形分布计算标准不确定度,考虑到万分之一的电子天平检定证书值,可以指出其称量误差为±0.1 mg, $u_r(m_0) = \frac{0.1}{6\,000 \times \sqrt{3}} = 0.000\,1\%$ 。

③ 由 100 mL 容量瓶引入的相对标准不确定度 $u_r(v_1)$ 、 $u_r(v_3)$:容量瓶的体积误差是造成溶液体积不确定度的原因之一。按矩形分布计算,100 mL 的 A 级容量瓶标定的体积误差为±0.1 mL。因此,100 mL 容量瓶的相对标准不确定度为:

$$u_r(v_1) = u_r(v_3) = \frac{0.1}{100 \times \sqrt{3}} = 0.058\%。$$

④ 由 0.1 mL 移液管引入的相对标准不确定度 $u_r(v_2)$:溶液体积不确定度的原因一般认为是由移液管的体积误差所造成,按矩形分布计算,0.1 mL A 级移液管体积标定的误差允许值为±0.002 mL,因此 0.1 mL 移液管的相对标准不确定度为:

$$u_r(v_2) = \frac{0.002}{0.1 \times \sqrt{3}} = 1.15\%。$$

将上述各值代入公式计算,可得到由内标工作液引入的不确定度:

$$u_r(C_0) =$$

$$\sqrt{u_r^2(\rho_0) + u_r^2(m_0) + u_r^2(v_1) + u_r^2(v_2) + u_r^2(v_3)} = \sqrt{0.29\%^2 + 0.000\,1\%^2 + 0.058\%^2 + 1.15\%^2 + 0.058\%^2} = 1.19\%。$$

(2) 由香兰素标准溶液配制引入的相对标准不确定度 $u_r(C_1)$:

① 由标准物质纯度引入的相对标准不确定度 $u_r(\rho_1)$:根据生产商所提供的信息,香兰素的纯度区间为 99%~100%,扩张不确定度为 0.5%,按均匀分布 $k=3$ 计算,可认为则其相对标准不确定度为:

$$u_r(\rho_0) = \frac{0.5\%}{\sqrt{3}} = 0.29\%。$$

② 由标准物质称量引入的相对标准不确定度 $u_r(m_1)$:按矩形分布计算,万分之一电子天平的检定证书指出其称量误差范围为±0.1 mg,标准不确定度 $u_r(m_1) = \frac{0.1}{10 \times \sqrt{3}} = 0.58\%$ 。

③ 由 100 mL 容量瓶引入的相对标准不确定度 $u_r(v_4)$:

$$u_r(v_4) = u_r(v_3) = u_r(v_1) = \frac{0.1}{100 \times \sqrt{3}} = 0.058\%。$$

合成相对标准不确定度,由内标工作液引入,具体为:

$$u_r(C_1) = \sqrt{u_r^2(\rho_1) + u_r^2(m_1) + u_r^2(v_4)} = \sqrt{0.29\%^2 + 0.58\%^2 + 0.058\%^2} = 0.65\%。$$

(3) 测定过程引入的相对标准不确定度 $u_r(C_2)$:试样中香兰素含量测定过程采用最小二乘法拟合标准曲线求得,会引入的相对标准不确定度 $u_r(C_2)$ 。用标准物质配制 5 个浓度梯度的标准工作溶液,每个浓度梯度平行测定 3 次,采用最小二乘法对测量的结果进行线性回归,每次测定的峰面积值(表 2),回归方程为

$$A = bC + a， \tag{2}$$

式中:

A——香兰素/内标的峰面积;

C——香兰素的浓度,μg/mL;

b——斜率;

a——截距。

将表 2 的数据带入式(2)得式(3)。

$$A = 0.055\,1C - 0.020\,8。 \tag{3}$$

表 2 香兰素工作标准曲线峰面积的测定值

Table 2 Determination of peak area of standard curve for vanillin work

香兰素浓度/ (μg · mL ⁻¹)	1			2			3		
	香兰素 峰面积	内标峰 面积	香兰素峰面积/ 内标峰面积	香兰素 峰面积	内标峰 面积	香兰素峰面积/ 内标峰面积	香兰素 峰面积	内标峰 面积	香兰素峰面积/ 内标峰面积
0.6	154 556	9 450 000	0.016 36	117 641	7 169 000	0.016 41	132 947	8 090 000	0.016 43
0.9	195 963	9 016 000	0.021 74	187 579	8 869 000	0.021 15	179 575	8 006 000	0.022 43
1.2	439 063	8 811 000	0.049 83	370 793	7 945 000	0.046 67	427 600	8 564 000	0.049 93
2.0	792 519	8 966 000	0.088 39	764 618	8 811 000	0.086 78	798 812	9 019 000	0.088 57
3.0	1 307 000	8 869 000	0.147 37	1 332 731	8 971 000	0.148 56	1 146 292	8 196 000	0.139 86

按贝塞尔公式计算,由式(3)得到的理论峰面积比值与相应的实测峰面积比值之差,其残差标准偏差 S 为:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{j=1}^n [A_j - (bC_i + a)]^2}, \tag{4}$$

$$S_{xx} = \sum_{j=1}^n (C_j - \bar{C})^2, \tag{5}$$

$$u(C_2) = \frac{S}{b} \sqrt{\frac{1}{P} + \frac{1}{n} + \frac{(C - \bar{C})^2}{S_{xx}}}, \tag{6}$$

$$u_r(C_2) = \frac{u(C_2)}{1.286}, \tag{7}$$

式中:
 b ——直线的斜率;
 P ——测试样品的次数;
 n ——标准工作溶液的测试次数;
 C ——样品溶液的浓度, $\mu\text{g/mL}$;
 $\bar{C}$ ——标准系列溶液的平均浓度, $\mu\text{g/mL}$;
 i ——第 i 个浓度的标准溶液;
 j ——获得标准工作曲线的测量次数。

通过式(4)~(7)计算得: $S = 0.004\ 8$, $S_{xx} = 11.256$, $u(C_2) = 0.065\ 9\ \mu\text{g/mL}$, $u_r(C_2) = 5.13\%$ 。考虑日常检测通常设置 2 个平行样,测试的次数取 2 次。借用重复性测定的数据,5 次测定平均峰面积比值为 0.050 1,则根据工作曲线 $A = 0.055\ 1C - 0.020\ 8$ 可以计算得到样品溶液香兰素浓度为 $1.286\ \mu\text{g/mL}$ 。

(4) 合成标准不确定度 $u_r(C)$:

$$u_r(C) = \sqrt{u_r^2(C_0) + u_r^2(C_1) + u_r^2(C_2)} = \sqrt{1.19\%^2 + 0.65\%^2 + 5.13\%^2} = 5.31\%.$$

2.2.2 由萃取液体积所引入的不确定度 $u(V)$ 评定 萃取样品时使用的是 1 mL(v_6)与 10 mL(v_5)移液管。

(1) 由 10 mL 移液管引入的相对标准不确定度 $u_r(v_5)$: 移液管的体积误差是造成溶液体积不确定度的原因。按矩形分布计算,10 mL A 级移液管的允许误差为 $\pm 0.02\ \text{mL}$,所以 10 mL 移液管的相对标准不确定度为:

$$u_r(v_5) = \frac{0.02}{9 \times \sqrt{3}} = 0.128\%.$$

(2) 由 1 mL 移液管引入的相对标准不确定度 $u_r(v_6)$: 造成溶液体积的不确定度的原因是移液管的体积误差。按矩形分布计算,1 mL A 级移液管的允许误差为 $\pm 0.007\ \text{mL}$,所以 1 mL 移液管的相对标准不确定度为:

$$u_r(v_6) = \frac{0.007}{1 \times \sqrt{3}} = 0.404\%.$$

因此由萃取体积所引入的不确定 $u(V)$:

$$u_r(V) = \sqrt{u_r^2(v_5) + u_r^2(v_6)} = \sqrt{0.128\%^2 + 0.404\%^2} = 0.42\%.$$

2.2.3 由称量样品所产生的不确定度 $u(m)$ 评定 按矩形分布计算,万分之一电子天平的检定证书指出其称量误差范

围为 $\pm 0.1\ \text{mg}$,其标准不确定度 $u_r(m) = \frac{0.1}{1\ 000 \times \sqrt{3}} = 0.006\%$ 。

2.2.4 由试验重复性引起的不确定度 $u_r(R)$ 评定 确保测定的过程已包括本试验中所有必要的重复性,取同一样品进行 6 次测定。即从样品称量,溶剂萃取,过滤及处理到检测整个过程,测定数据见表 3。

表 3 香兰素样品 6 次测定结果

Table 3 Results of 6 determinations of vanillin samples

试验次序	香兰素/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)
1	12.79
2	12.88
3	12.99
4	12.81
5	12.75
6	12.94
平均值	12.86
标准偏差	0.093 0

由表 3 可得,单次平行测量的标准偏差为 $0.093\ 0\ \mu\text{g/g}$,平均值标准偏差为:

$$\sigma(\bar{C}) = \sigma/\sqrt{6} = 0.038\ 0\ \mu\text{g/g},$$

$$u(R) = 0.038\ 0\ \mu\text{g/g}.$$

相对标准不确定度为:

$$u_r(R) = \frac{u(R)}{C} = \frac{0.038\ 0}{12.86} = 0.30\%.$$

2.3 计算合成不确定度 $u(X)$

通过标准溶液配制产生的不确定度 $u_r(C)$ 、萃取体积产生的不确定度 $u_r(V)$ 、称量样品所产生的不确定度 $u_r(m)$,以及试验重复性产生的不确定度 $u_r(R)$ 合成可得合成不确定度:

$$u_r(X) = \sqrt{u_r^2(C) + u_r^2(V) + u_r^2(m) + u_r^2(R)} = \sqrt{5.31\%^2 + 0.42\%^2 + 0.006\%^2 + 0.30\%^2} = 5.34\%$$

通过表 3 中 6 次重复性测定结果,该样品中香兰素平均含量为 $12.86\ \mu\text{g/g}$,则总标准不确定度 $u(X)$ 为:

$$u(X) = 12.86 \times 5.34\% = 0.69\ \mu\text{g/g}.$$

2.4 扩展不确定度 $U(X)$ 分析及报告

取置信概率 95%, $k = 2$,按照正态分布规律,可计算得到香兰素含量测定结果的扩展不确定度:

$$U(X) = k \times u(X) = 2 \times 0.69 = 1.37\ \mu\text{g/g}.$$

香兰素含量测定的不确定度,从烟丝样品中产生,具体为 $1.37\ \mu\text{g/g}$,测定结果表示为 $X = (12.86 \pm 1.37)\ \mu\text{g/g}$, $k = 2$ 。

3 结论

通过 LSE-GC-MS/MS 法对烟丝样品中香兰素不确定度影响结果的溯源研究表明:测定样品中香兰素含量不确定度

的最主要影响因素为样品中香兰素的浓度,通过进一步试验分析表明,工作曲线拟合时所产生的不确定度是最具权重的分量;取样过程的测量不确定度所占权重则最小。香兰素测定结果的扩展不确定度为1.37 μg/g,在一定的合成不确定度区间内,为了使测定值更趋近于真实值,则需要重点控制工作曲线的拟合过程。通过该方法的实施和应用,一方面可以消除随机误差对检测结果的影响,使卷烟烟丝加香均匀性的评价更加真实,对于提高卷烟加工制丝工艺中加香均匀性和准确性具有重要的现实意义,也可以为卷烟成品的加工优化提供技术支持。

参考文献

[1] 汪显国, 申晓锋, 刘泽, 等. 基于主成分分析法的烟丝加香均匀性评价[J]. 中国烟草学报, 2013(5): 33-42.

[2] 陈宁, 李剑政, 杨文彬. 应用加速溶剂萃取法分离烟丝致香成分[J]. 分析测试学报, 2007, 26(S1): 296-299.

[3] 夏启东, 何邦华, 侯英, 等. 气相色谱质谱法测定 6 种加香目标物质的含量及对烟丝加香均匀性的评价[J]. 分析测试学报, 2012(7): 816-822.

[4] 薛忠, 徐冰, 刘倩, 等. 不确定度评估在中药近红外定量分析中的应用[J]. 光谱学与光谱分析, 2014, 34(10): 2 657-2 661.

[5] 王祎亚, 詹秀春. X 射线荧光光谱测定地质样品中 27 种组分分析结果不确定度的评估[J]. 光谱学与光谱分析, 2014, 34(4): 1 118-1 123.

[6] 许永, 李超, 杨乾栩, 等. 连续流动法测定烟草中总糖、还原糖、氯、钾含量的不确定度评定[J]. 食品与机械, 2017, 33(12): 61-

64, 75.

[7] 黄光莉, 林琳, 陶里, 等. 卷烟主流烟气中苯酚测定的不确定度[J]. 烟草科技, 2013(6): 64-68.

[8] 湖北中烟工业有限责任公司. 香兰素葡萄糖苷的制备方法及其在烟草加香中的应用: 中国, 201310061992.4[P]. 2013-06-19.

[9] 钟洪祥, 王素方, 蔡继宝, 等. 香兰素的热解研究[J]. 烟草科技, 2004(7): 22-26.

[10] 殷延齐, 薄云川, 丁超, 等. 香兰素对卷烟主流烟气中挥发性成分的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2014(6): 1 841-1 846.

[11] 姚静芳, 穆曼, 张颂培. 香兰素产业发展概况[C]// 中国香料香精化妆品工业协会. 第十届中国香料香精学术研讨会论文集. [出版地不详]: 中国香料香精化妆品工业协会, 2014: 6.

[12] 曲宝成, 戴学东, 张敬波, 等. 高效液相色谱串联质谱法测定植物油中香兰素、甲基香兰素和乙基香兰素[J]. 食品安全质量检测学报, 2018(4): 935-941.

[13] 宁霄, 何欢, 金绍明, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法同时测定食品中麦芽酚、乙基麦芽酚、香兰素、甲基香兰素和乙基香兰素[J]. 食品安全质量检测学报, 2017(7): 2 555-2 562.

[14] 赵建芬, 韦寿莲, 陈金定. 毛细管电泳法分离检测香兰素、香兰素醇、香兰素酸和阿魏酸[J]. 食品科学, 2012, 33(24): 289-292.

[15] 邢晓平, 崔钢. 毛细管电泳安培检测法快速测定巧克力中的香兰素[J]. 食品工业科技, 2006(10): 186-188.

[16] 陈达, 邹建, 谭棕, 等. 基于傅里叶变换红外光谱技术检测奶粉中香兰素的新方法[J]. 纳米技术与精密工程, 2017(6): 438-443.

(上接第 4 页)

4.3 加快构建农业物联网技术服务平台

重点突破农业感知数据标准、农业专用传感器、农业信息处理、农业智能决策与云服务等共性关键技术,开展农业物联网在农业资源和生态环境监测、精细化作业管理、农产品和食品质量安全管理与溯源等领域的系统集成和产业化应用技术研究,制定农业物联网相关基础标准和行业应用标准,推进农业物联网与新一代移动通信、云计算、下一代互联网、卫星通信等技术的融合发展。建设一批要素集聚、政策创新、产业集中的“互联网+农业”公共服务平台和智慧农业产业园区,探索建立涵盖耕地、育种、播种、施肥、植保、收储、农产品加工、销售等各环节的农业大数据分析平台和农业物联网技术服务平台^[11]。

4.4 推进农业及食品加工技术集成创新

选择对农业发展关联度大和带动性强的多项农业技术进行联合攻关,重点发展各种粮油作物、园艺作物优良品种的选用及配套的规模化、设施化生产技术,加强病虫害综合防治、科学施肥、旱作农业、生物农药、优良畜禽品种选用和集约化健康养殖及畜禽病害防治、农产品贮藏和保鲜及商品化包装、农产品及食品精深加工等领域技术的创新和集成,推进生态农业与食品工业技术集成和废弃物、生活垃圾无害化处理技术集成^[12]。

参考文献

[1] 刘林森. 美国: 打造智慧农业[J]. 信息化建设, 2011(12): 44-46.

[2] 郭鸿鹏, 马成林, 杨印生. 美国低碳农业实践之借鉴[J]. 环境保护, 2011(21): 71-73.

[3] 郑恒, 李跃. 低碳农业发展模式探析[J]. 农业经济问题, 2011, 32(6): 26-29.

[4] 熊明民. 我国动物生物育种产业现状及发展策略探讨[J]. 农业生物技术学报, 2016, 24(8): 1 199-1 206.

[5] 李树君. 中国战略性新兴产业研究与发展: 农业机械[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013: 16.

[6] 吴海华, 方宪法, 王德成. 我国农业装备技术发展趋势及路径选择[J]. 农机化研究, 2010(12): 232-233.

[7] Hii K L, YEAP S P, MASHITAH M D. Cellulase production from palm oil mill effluent in Malaysia: Economical and technical perspectives[J]. Engineering in Life Sciences, 2012, 12(1): 7-28.

[8] 武雪萍. 节水农业关键技术发展趋势及国内外差异分析[J]. 中国农业资源与区划, 2015(26): 28-32.

[9] 马彦显, 闵玉涛. 食品加工的高新技术及其发展趋势[J]. 中国食物与营养, 2010(4): 32-34.

[10] 张瑞东. 互联网 + 农业倒逼产业升级[J]. 农业经济, 2015(10): 19.

[11] 万宝瑞. 我国农村又将面临一次重大变革: “互联网 + 三农”调研与思考[J]. 农业经济问题, 2015(8): 4-7.

[12] 林友华. 现代农业技术集成与管理创新的思考[J]. 农业科技管理, 2013(5): 19-22.