

# 基于 PLSR 分析蛋白质与淀粉对市售卷烟 感官品质的影响

Influence of protein and starch on commercial cigarette  
sensory quality by Partial Least Square Regression

苏加坤<sup>1</sup> 罗娟敏<sup>1</sup> 徐达<sup>1</sup> 赵娟<sup>2</sup> 沈宁<sup>2</sup>  
SU Jia-kun<sup>1</sup> LUO Juan-min<sup>1</sup> XU Da<sup>1</sup> ZHAO Juan<sup>2</sup> SHEN Ning<sup>2</sup>  
于静洋<sup>2</sup> 夏书芹<sup>2</sup> 蔡继宝<sup>1</sup> 张晓鸣<sup>2</sup>  
YU Jing-yang<sup>2</sup> XIA Shu-qin<sup>2</sup> CAI Ji-bao<sup>1</sup> ZHANG Xiao-ming<sup>2</sup>

(1. 江西中烟工业有限责任公司, 江西 南昌 330096; 2. 江南大学食品学院, 江苏 无锡 214122)

(1. Tobacco Jiangxi Industrial Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi 330096, China; 2. School of Food Science and  
Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

**摘要:**对 10 种市售成品卷烟进行淀粉、蛋白质含量检测以及感官评吸, 采用 PLSR 方法进行相关性分析发现: 蛋白质、淀粉与收敛、喉部刺激、鼻腔刺激三指标呈显著负相关, 说明降低卷烟中淀粉、蛋白质的含量, 可以有效降低卷烟的收敛性, 减少鼻腔刺激和喉部刺激, 从而提高卷烟的感官品质。

**关键词:** 卷烟感官品质; 蛋白质; 淀粉; PLSR

**Abstract:** The Partial Least Square Regression (PLSR) analysis was used to study the specific influence of protein and starch contents on sensory quality of 10 different kinds of commercial cigarettes. The results showed that there were significant negative correlation between protein, starch and astringency, throat irritation, nasal irritation, indicating that the lower protein and starch content in tobacco, the lower astringency, throat irritation, nasal irritation and higher sensory quality.

**Keywords:** sensory quality of cigarettes; protein; starch; PLSR

影响卷烟感官品质的一个重要因素是卷烟的化学成分及其含量<sup>[1]</sup>。淀粉在成熟的鲜烟叶中占比约 40%, 是烟草中一种重要的化合物<sup>[2]</sup>。经调制、发酵等处理后淀粉大量降解, 但少量残留的淀粉仍对烟叶的感官品质有不利影响<sup>[3]</sup>。蛋白质同样是烟草中重要的化学成分, 一般认为蛋白质与烟

草的感官品质呈负相关, 蛋白质在燃烧时产生烧焦羽毛的气息, 并使烟气苦味增加<sup>[4]</sup>。因此, 淀粉、蛋白质对卷烟品质特征均有重要影响。

偏最小二乘回归分析(PLSR)是一种新型的多元数据分析方法, 主要应用于多因变量对多自变量的回归建模。它可以较好地解决普通多元线性回归面临的诸多问题<sup>[5]</sup>, 在一个算法下, 可以同时实现多元线性回归分析、主成分分析和典型相关分析。近年来, 社会科学、化学、化工、食品科学等多个领域均有应用 PLSR 方法, 并取得了不错的效果<sup>[6-9]</sup>。

目前, 国内外多有报道<sup>[10-12]</sup>卷烟、烟叶原料中淀粉含量的测定方法, 但报道淀粉对成品卷烟感官品质影响的较少。关于烟草中蛋白质的报道, 则多集中于研究烟草蛋白质的营养价值、提取方法以及以烟叶蛋白为原料生产功能性食品、香精香料等<sup>[13]</sup>。笔者拟对国内 10 种市售成品卷烟进行感官评吸, 并对淀粉、蛋白质进行定量分析, 然后通过 PLSR 分析化学参数(淀粉、蛋白质含量)与感官参数(品质特征得分)之间的相关性, 从而研究淀粉、蛋白质对卷烟感官品质的影响, 为新品卷烟设计开发提供理论支撑。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

10 种市售成品卷烟: 江西中烟工业有限责任公司。

### 1.2 试验方法

1.2.1 卷烟感官评吸 采用香味轮廓分析法评吸样品, 并记录结果。感官品质特征分为舒适感特性(口腔刺激/舌部灼烧、口腔残留/干燥感、收敛、喉部刺激、喉部干燥、鼻腔刺

**基金项目:** 江西中烟工业有限责任公司技术创新项目(编号: 赣烟工科计 2013-05)

**作者简介:** 苏加坤(1981—), 男, 江西中烟工业有限责任公司工程师, 博士。E-mail: sujiaokun@126.com

**通讯作者:** 蔡继宝, 张晓鸣

**收稿日期:** 2015-08-09

激)和烟气特性(香气、丰富性、细腻/柔和/圆润、杂气、烟气浓度、劲头)两部分,共 12 个指标,依据 YC/T 497—2014 制定的评分标准见表 1。评吸由 11 名省级以上卷烟感官评吸专家完成,以 0.5 分为单位增量,采用 10 分制打分,最后结果取平均值,保留一位小数。

1.2.2 卷烟中淀粉、蛋白质含量测定

(1) 淀粉含量的测定:按 YC/T 283—2009 执行;

(2) 蛋白质含量的测定:按 YC/T 166—2003 执行。

1.2.3 数据分析 基于 PLSR 方法,通过 PLS2 分析化学参数(淀粉、蛋白质含量)与感官参数(品质特征得分)之间的相

关性,通过 PLS1 分析化学参数(淀粉、蛋白质含量)对感官参数(品质特征每一项指标)的贡献。

2 结果与讨论

2.1 成品卷烟的感官评吸分析

10 种市售品牌卷烟的品质特征感官评吸得分见表 2。

由表 2 可知,1 号、6 号和 8 号卷烟样品得分高,除劲头外其他指标得分均在 8.0 分以上,整体品质较好,其中 6 号样品在香气、丰富性、细腻/柔和/圆润 3 项指标上较为突出,8 号样品在收敛、鼻腔刺激、细腻/柔和/圆润 3 项指标上较为

表 1 舒适感特性及烟气特性指标评分标准

Table 1 Scoring standards of comfort characteristics and smoke characteristics

品质特征指标	评分标准						
	10	9	8	7	6	≤5	
舒适感特性	口腔刺激/舌部灼烧	无	轻微	稍有	有	较强	强烈
	口腔残留/干燥感	无	轻微	稍有	有	较强	强烈
	收敛	无	轻微	稍有	有	较强	强烈
	喉部刺激	无	轻微	稍有	有	较强	强烈
	喉部干燥	无	轻微	稍有	有	较强	强烈
	鼻腔刺激	无	轻微	稍有	有	较强	强烈
烟气特性	香气	优雅、丰满、谐调	优雅、较丰满、较谐调	较丰满、尚谐调	淡薄、尚谐调	淡薄、欠谐调	淡薄、不谐调
	丰富性	非常丰富	丰富	较丰富	尚丰富	欠丰富	单调
	细腻/柔和/圆润	细腻、柔和、圆润	较细腻、较柔和、较圆润	较细腻、较柔和、尚圆润	尚细腻、尚柔和、尚圆润	尚细腻、尚柔和、欠圆润	欠细腻、欠柔和、欠圆润
	杂气	无	轻微	稍有	有	较明显	明显
	烟气浓度	非常浓馥、非常饱满	浓馥、饱满	较浓馥、较饱满	尚浓馥、尚饱满	欠浓馥、欠饱满	淡薄
	劲头	≥8, 非常大	7, 大	6, 较大	5, 适中	4, 较小	≤3, 小

表 2 各卷烟样品品质特征感官评吸得分

Table 2 Sensory scores of 10 kinds of cigarette

样品	口腔刺激/舌部灼烧	口腔残留/干燥感	收敛	喉部刺激	喉部干燥	鼻腔刺激	香气	丰富性	细腻/柔和/圆润	杂气	烟气浓度	劲头
1	8.2	8.0	8.2	8.0	8.0	8.0	8.5	8.0	8.0	8.0	8.0	5.1
2	8.1	8.0	7.5	7.5	8.0	7.5	8.1	7.5	8.0	8.1	7.5	5.6
3	7.5	7.0	6.5	6.9	7.0	7.5	7.0	7.0	7.1	7.0	8.0	5.5
4	6.8	6.5	6.5	7.0	6.8	7.0	7.0	6.8	7.0	6.8	8.0	4.8
5	8.2	8.2	8.5	8.0	8.1	8.5	8.2	9.0	8.2	7.5	8.2	5.2
6	8.2	8.0	8.0	8.0	8.2	8.1	8.5	8.5	9.0	8.1	8.0	5.1
7	8.0	7.9	8.5	8.0	8.0	8.4	8.9	8.0	7.9	8.0	8.1	5.6
8	8.0	8.0	8.5	8.0	8.0	8.5	8.0	8.0	8.5	8.0	8.0	5.0
9	7.9	8.0	7.0	7.2	7.0	7.9	8.0	8.1	8.0	8.0	7.0	5.0
10	7.4	7.0	7.1	7.0	8.0	8.0	8.0	7.5	7.5	7.0	8.0	4.9

突出;2号、5号和7号样品得分较高,除劲头外其他指标得分均在7.5分以上,其中5号样品在收敛、鼻腔刺激、丰富性3项指标上的得分达到8.5分及以上,品质较好,7号样品的收敛、香气较为突出;3号、4号、9号和10号样品整体得分较低。劲头即生理强度,以适中为评价标准,过高则导致卷烟刺激性过大,过低则不足以实现消费者的生理满足。评吸结果显示,10种卷烟样品的劲头得分均在5.0左右,劲头适中,其中2号、3号、7号样品劲头稍高。

2.2 成品卷烟的淀粉与蛋白质含量测定

10种市售品牌卷烟的淀粉及蛋白质含量见图1。

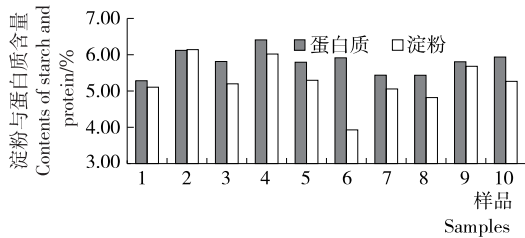


图1 各卷烟样品淀粉与蛋白质含量

Figure 1 The contents of starch and protein of 10 kinds of cigarettes

由图1可知,2号、4号、10号卷烟样品的蛋白质含量较高,结合表2可以发现这3个样品的整体评吸得分相对较低;1号、7号、8号卷烟样品的蛋白质含量较低,而其评吸得分较高,除劲头外,1号、8号卷烟所有指标均达到8.0分及以上,7号样品有两项指标达到8.5分;说明卷烟的蛋白质含量与其品质特征存在一定的负相关关系。2号、4号、9号卷烟样品的淀粉含量较高,但评吸得分较低;6号、8号卷烟样品的淀粉含量较低,而其评吸得分在11项指标上均达到8.0分以上,且有3项指标达到8.5分及以上;说明卷烟的淀粉含量与其品质特征有一定的负相关关系。

结合表2与图1分析,可以看出卷烟淀粉、蛋白质含量对卷烟的品质特征有一定的影响,但影响趋势并不十分明显。为了研究淀粉、蛋白质含量与品质特征的本质关系(变量之间的数量关系)以及相关程度,采用PLSR方法对淀粉、蛋白质含量与品质特征进行相关性分析。

2.3 淀粉和蛋白质与卷烟感官品质的相关性分析

2.3.1 淀粉和蛋白质与卷烟品质特征指标的相关性分析

为便于分析,将品质特征的12个指标编号,见表3。

表3 品质特征指标编号

Table 3 Serial number of sensory characteristics

编号	指标	编号	指标
1	口腔刺激/舌部灼烧	7	香气
2	口腔残留/干燥感	8	丰富性
3	收敛	9	细腻/柔和/圆润
4	喉部刺激	10	杂气
5	喉部干燥	11	烟气浓度
6	鼻腔刺激	12	劲头

采用PLSR对淀粉、蛋白质含量与卷烟感官品质特征数据的相关性进行分析,探究这两种物质与品质特征的相关程度。以淀粉、蛋白质含量为X变量,品质特征12个指标的评吸得分为Y变量,进行PLS2分析,结果见图2。

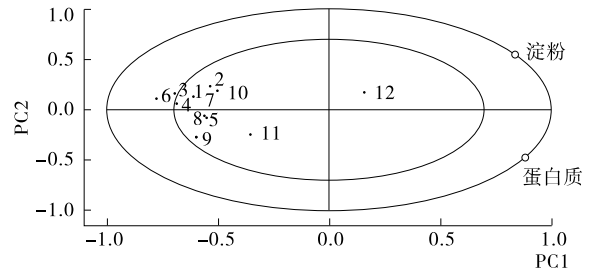


图2 淀粉、蛋白质与品质特征的相关性分析

Figure 2 PLSR correlation loadings plot between the starch, protein and sensory characteristics

图2中的椭圆分别代表拟合度 $r^2 = 0.5$ (小椭圆)和 $r^2 = 1.0$ (大椭圆)。由图2可知,除劲头(编号12)外,其他所有指标(编号1~11)均位于相关载荷图左侧,鼻腔刺激在小椭圆外,即在50%的解释方差外,其他指标较为集中分布在50%解释方差附近,表明它们呈相关性并能够较好地被PLSR模型所解释;淀粉和蛋白质均位于相关载荷图右侧,且有显著标志(PLSR中自动显示带小圆圈的点),说明淀粉、蛋白质与除劲头外的11个品质特征指标均呈明显的负相关。

2.3.2 淀粉和蛋白质与卷烟品质特征指标的贡献性分析

为考察淀粉、蛋白质与卷烟品质特征12个指标的相关性程度,将淀粉、蛋白质对品质特征各个指标的影响进行PLSR分析。

(1) 淀粉和蛋白质对品质特征中舒适感特性的贡献性分析:舒适感特性包括口腔刺激/舌部灼烧、口腔残留/干燥感、收敛、喉部刺激、喉部干燥、鼻腔刺激6个指标。淀粉、蛋白质对品质特征中舒适感特性的贡献性分析见图3。

由图3可知,蛋白质、淀粉与舒适感特性所有指标的回归系数均小于零,即蛋白质、淀粉与舒适感特性的所有指标呈负相关,其中蛋白质、淀粉均对收敛、喉部刺激、鼻腔刺激的影响达到显著水平(PLSR分析中自动显示斜杠灰色标记,  $P < 0.05$ )。通过对表2的分析可知,6~8号样品的收敛、喉部刺激和鼻腔刺激得分均在8.0分及以上,2号、4号、9号和10号样品在这3个指标上得分较低。而与此对应的7号、8号样品淀粉和蛋白质含量低,2号、4号、9号和10号样品的淀粉和蛋白质含量高。说明降低卷烟中淀粉、蛋白质的含量,可以有效降低卷烟的收敛性,降低鼻腔刺激和喉部刺激。这是因为燃吸时烟叶中的蛋白质会使烟气苦味增加,并有烧羽毛的气味。而淀粉在卷烟燃吸时会产生焦糊气味,掩盖了烟气的香味,影响卷烟的口感<sup>[2]</sup>。

(2) 淀粉和蛋白质对品质特征中烟气特性的贡献性分析:烟气特性包括香气、丰富性、细腻/柔和/圆润、杂气、烟气浓度、劲头6个指标,淀粉、蛋白质对品质特征中舒适感特性的贡献性分析见图4。

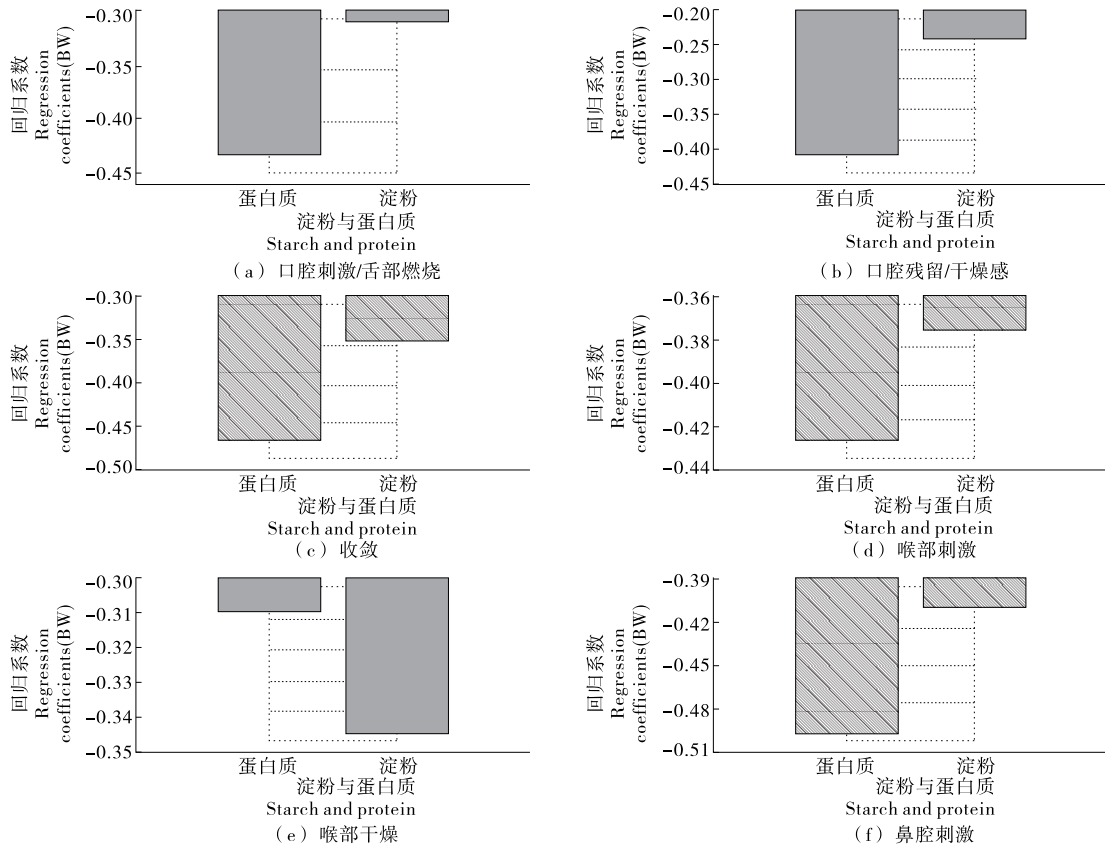


图 3 淀粉、蛋白质对舒适感特性各个指标的显著性影响分析

Figure 3 The significance analysis of starch and protein on each index of comfort characteristics

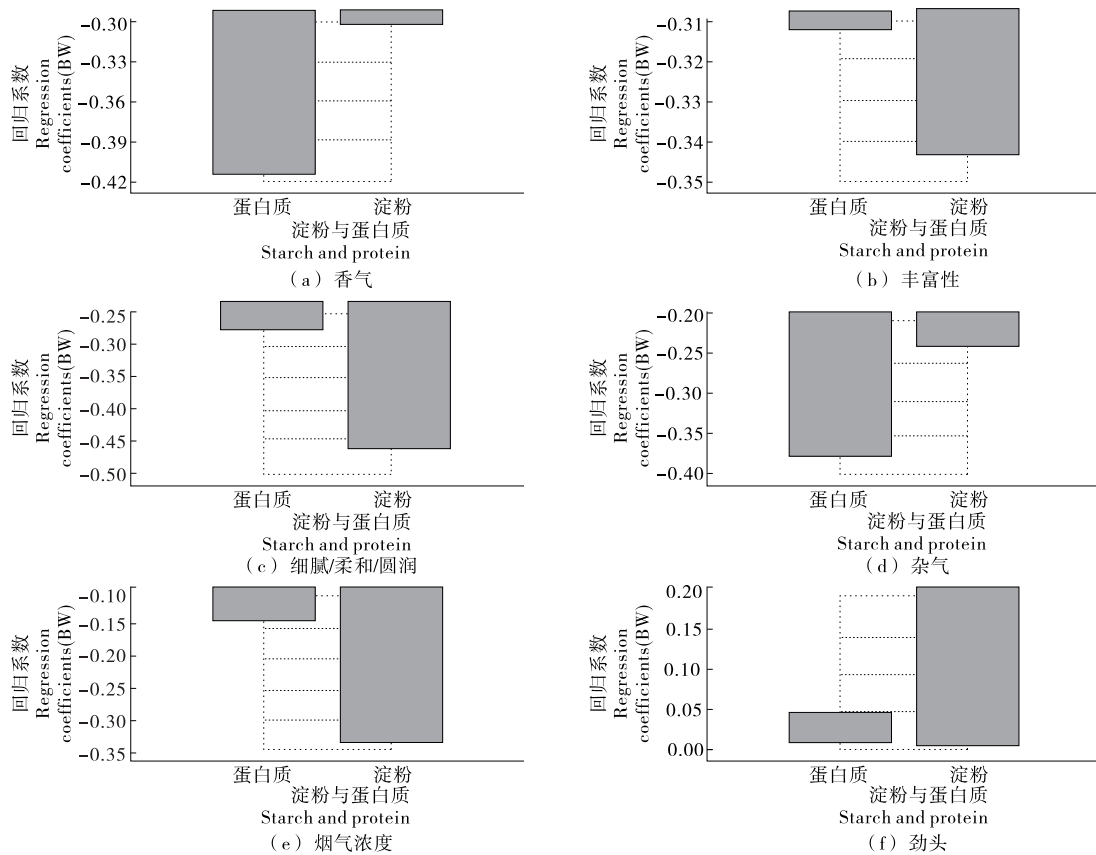


图 4 淀粉、蛋白质对烟气特性各个指标的显著性影响分析

Figure 4 The significance analysis of starch and protein on each index of smoke characteristics

由图 4 可知:淀粉、蛋白质与劲头的回归系数大于零,与其他 5 个指标的回归系数小于零,但均未达到显著水平。说明淀粉、蛋白质含量与劲头呈正相关,与其他 5 个指标呈负相关,但影响不显著。

### 3 结论

本研究基于 PLSR 方法对 10 种市售成品卷烟的淀粉及蛋白质含量与感官评吸得分进行了相关性分析。结果表明:蛋白质、淀粉与劲头呈正相关,与口腔刺激/舌部灼烧、口腔残留/干燥感、收敛、喉部刺激、喉部干燥、鼻腔刺激、香气、丰富性、细腻/柔和/圆润、杂气、烟气浓度 11 个品质特征指标均呈负相关,说明适当降低卷烟中淀粉、蛋白质含量,可以提高烟草的感官品质;淀粉、蛋白质与收敛、喉部刺激、鼻腔刺激呈显著负相关,说明降低卷烟中淀粉、蛋白质的含量,可以有效提高卷烟的收敛性,降低鼻腔刺激和喉部刺激。

#### 参考文献

- 1 龙章德,林顺顺,田兆福,等. 烟草多酚类化合物对卷烟品质的影响[J]. 食品与机械, 2013, 29(6): 41~44.
- 2 张蕊. 不同产区烤烟淀粉含量分布特点及与烟叶香型和感官质量的关系[D]. 郑州:河南农业大学, 2011.
- 3 张峻松,贾春晓,毛多斌,等. 碘显色法测定烟草中的淀粉含量[J]. 烟草科技, 2004(5): 24~26.
- 4 金闻博,戴亚. 烟草化学[M]. 北京:清华大学出版社, 1994: 22.
- 5 成忠. PLSR 用于化学化工建模的几个关键问题的研究[D]. 杭州:浙江大学, 2005.
- 6 Karangwa Eric, Linda Virginie Raymond, Shabbar Abbas, et al. Temperature and cysteine addition effect on formation of sunflower hydrolysate Maillard reaction products and corresponding influence on sensory characteristics assessed by Partial Least Square Regression [J]. Food Research International, 2014, 57: 242~258.
- 7 Song Shi-qing, Tang Qi, Hayat Khizar, et al. Effect of enzymatic hydrolysis with subsequent mild thermal oxidation of tallow on precursor formation and sensory profiles of beef flavours assessed by partial least squares regression[J]. Meat Science, 2014, 96(3): 1 191~1 200.
- 8 Shi Xiao-xia, Song Shi-qing, Tan Chen, et al. Identification of characteristic flavour precursors from enzymatic hydrolysis-mild thermal oxidation tallow by descriptive sensory analysis and gas chromatography-olfactometry and partial least squares regression [J]. Journal of Chromatography B, 2013, 913~914: 69~76.
- 9 Song Shi-qing, Hayat Khizar, Jia Cheng-sheng, et al. Correlating chemical parameters of controlled oxidation tallow to gas chromatography-mass spectrometry profiles and e-nose responses using partial least squares regression analysis[J]. Sensors & Actuators; B. Chemical, 2010, 147(2): 660~668.
- 10 聂聪,吴鸣. 酶水解—连续流动法测定烟草中的淀粉含量[J]. 中国烟草学报, 2006, 12(3): 17~21.
- 11 许冬青,彭黔荣. 烟草中淀粉测定方法研究现状与探讨[J]. 耕作与栽培, 2011(3): 54~57.
- 12 李星亮. 烟草中淀粉含量测定[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(15): 7 818~7 819.
- 13 赵谋明,饶国华. 烟草蛋白质研究进展[J]. 烟草科技, 2005(4): 31~34.

#### 信息窗

## 上半年中国农产品加工业发展稳中有进

据农业部网站消息,2015 年上半年中国农产品加工业总体运行平稳,主要经济指标增速企稳回升,发展稳中向好、稳中有进。但一些深层次矛盾和问题不断显现,下半年仍然面临着下行压力。

一是增长速度企稳回升。上半年农产品加工业发展呈现低开低走、逐步企稳回升的态势。1~6 月,规模农产品加工业增加值增速为 6.1%,比 1~5 月回升 0.3 个百分点,与全国规模以上工业基本持平;实现主营业务收入 89 945 亿元,同比增长 5.2%,增速比 1~5 月上升 0.4 个百分点,增速高于工业 3.8 个百分点。

二是经营效益有所好转。1~6 月,规模以上农产品加工业实现利润总额 5 810 亿元,同比增长 8.0%,增速比去年同期上升 1.2 个百分点;行业平均利润率达到 6.5%,比去年同期提升 0.2 个百分点,超过工业 1 个百分点,转型升级效果显现。

三是结构调整稳步推进。食用类农产品加工业保持较快增长态势,其中,涉及主食加工的速冻食品、米/面制品、豆制品制造和蔬菜加工等行业普遍处在 10%~17%较高增长区间;蜜饯、固体饮料、调味品/发酵制品制造等行业增速

也均超过 10%。这些行业快速发展得益于以技术进步为核心的转型升级步伐加快。

四是区域布局不断优化。1~6 月,中部地区规模以上农产品加工业实现主营业务收入 21 683 亿元,同比增长 7.8%,高于全国农产品加工业主营业务收入增速 2.6 个百分点。其中,江西省农产品加工业发展势头最快,主营业务收入、利润总额分别同比增长 9.9%、16.1%,均列中部省区首位。上半年东、中、西和东北地区的主营业务收入结构比为 51.34:24.11:15.63:8.92,中部地区占比上升 0.75 个百分点。

五是产业集聚加速进行。1~6 月,谷物磨制行业主营业务收入位列前 5 位的省份占到整个谷物磨制行业 55.7%的份额,比去年同期提升了 1.1 个百分点。饲料加工、蔬菜加工、乳制品制造 3 个行业的前 5 省集中度分别为 46.8%、65.5%和 53.2%,分别提升了 0.3、0.3 和 0.8 个百分点。随着集中度的上升,各地区优势产业更加明显,产业结构进一步优化,优势省区之间形成了各有所长、良性竞争的态势。

(来源:www.cifst.org.cn)