

网络出版时间:2014-06-21 18:02

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.07.002

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.07.002.html>

# 酶解细胞壁对低等级烟叶品质的改良作用

孙伟峰<sup>1</sup>,周志磊<sup>1</sup>,殷春燕<sup>1</sup>,陈茂深<sup>1</sup>,汪 华<sup>2</sup>,李 玥<sup>1</sup>,钟 芳<sup>1</sup>

(1 江南大学 食品学院,江苏 无锡 214122;2 安徽中烟工业有限责任公司 技术中心,安徽 合肥 230088)

**[摘 要]** 【目的】考察多糖复合酶、中性蛋白酶、果胶酶、淀粉酶对低等级烟叶细胞壁物质的降解效果,以提高低等级烟叶的品质和利用价值。【方法】以亳州 X3L 下部烟叶为研究对象,经多糖复合酶、中性蛋白酶、果胶酶、淀粉酶处理后,通过感官评定试验及细胞壁物质含量变化确定对感官品质改良效果最优的酶类;结合实际生产工艺和正交试验得到复配酶解低等级烟叶的工艺条件;并通过扫描电镜试验、热失重试验及 GC-MS 测定烟叶中中性致香成分含量的变化,考察酶解处理对烟叶性质的影响。【结果】多糖复合酶和中性蛋白酶对低等级烟叶细胞壁物质降解效果适中;复配酶解低等级烟叶的最佳工艺条件为:多糖复合酶用量 490 U/g,蛋白酶用量 208 U/g,酶解时间 4 h;经过酶处理后的烟叶表面结构发生了一定程度的变化,表面褶皱减少;酶处理对烟叶燃烧性质没有较大影响;酶处理提高了低等级烟叶中的中性致香成分含量。【结论】多糖复合酶与蛋白酶复配处理提高了低等级烟叶的品质,其处理工艺可应用于工业生产。

**[关键词]** 酶解;烟叶;细胞壁物质;品质改良

**[中图分类号]** S572.092

**[文献标志码]** A

**[文章编号]** 1671-9387(2014)07-0070-07

## Enzymatic degradation of cell wall substances to improve quality of low-grade tobacco

SUN Wei-feng<sup>1</sup>, ZHOU Zhi-lei<sup>1</sup>, YIN Chun-yan<sup>1</sup>, CHEN Mao-shen<sup>1</sup>,  
WANG Hua<sup>2</sup>, LI Yue<sup>1</sup>, ZHONG Fang<sup>1</sup>

(1 School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China;

2 Research and Development Centre, China Tobacco Anhui Industrial Corporation, Hefei, Anhui 230088, China)

**Abstract:** 【Objective】Enzymatic degradation of tobacco cell wall substances with viscozyme, protease, pectinase, and amylase was investigated to improve the sensory and usability quality of low-grade tobacco. 【Method】In this experiment, Bozhou X3L lower tobacco leaves were treated with viscozyme, protease, pectinase, and amylase, and the best enzyme was chosen based on sensory evaluation and degradation rate. The technology parameters for degradation with viscozyme and protease were optimized using the orthogonal experiment design combined with practical production processes. Meanwhile, the effects of enzyme treatment on tobacco surface property and the content of neutral volatiles were also investigated with scanning electron microscope (SEM), thermo-gravimetric analysis (TG) and GC-MS. 【Result】Viscozyme and protease had the best degradation effects on tobacco cell wall substances. The optimal processing conditions were: Viscozyme dosage 490 U/g, protease dosage 208 U/g, and reaction time 4 h. Tobacco leaf surface wrinkle decreased and the content of neutral volatiles rose after enzymolysis. The combustion properties were not significantly changed during enzymatic processes. 【Conclusion】Viscozyme and protease could be

**[收稿日期]** 2013-05-10

**[基金项目]** 国家烟草专卖局资助项目“卷烟烟气味觉特征及调控研究”(110200901002)

**[作者简介]** 孙伟峰(1982—),女,河北保定人,在读博士,主要从事食品物性研究。E-mail:swf1208@gmail.com

**[通信作者]** 钟 芳(1972—),女,河南新乡人,教授,博士生导师,主要从事食品物性、食品胶体研究。

E-mail:fzhong@jiangnan.edu.cn

used in tobacco industry for improving quality of low-grade tobacco.

**Key words:** enzymatic degradation; tobacco; cell wall substances; quality

低等级烟叶中通常含有较多的细胞壁物质,最高可达烟叶总质量的 1/3 以上,其主要成分为碳水化合物,如纤维素、半纤维素、果胶、淀粉等,此外还包括一小部分蛋白质<sup>[1-2]</sup>。一般而言,烟叶等级越低,细胞壁物质含量越高<sup>[3]</sup>,这些细胞壁物质在卷烟燃吸时,会对感官造成不良的影响。其中,纤维素含量较高时,会使卷烟制品组织粗糙,烟叶燃烧后产生较强的呛咳刺激感<sup>[4-6]</sup>;果胶是亲水性物质,虽然对于烟叶的保润性能有一定的作用,但热解会产生甲醇<sup>[7]</sup>,且与卷烟吸味呈负相关关系。因此,目前我国此类低等级烟叶利用率非常低,有的甚至只能简单废弃,造成了较大的资源浪费和环境污染。而同时,由于我国卷烟品种结构的调整,中上等烟叶供应量早已不足,因此近年来烟草化学科研工作者在改良低等级烟叶,将其处理转化成制造高档低焦油混合型卷烟的重要原料方面进行了研究。如刘谋盛等<sup>[8]</sup>采用固定化的淀粉酶与糖化酶的乳状液对低等级烟叶进行了淀粉降解试验;李国栋等<sup>[9]</sup>利用纤维素酶降解烤后烟叶中的纤维素物质;姚光明<sup>[10]</sup>重点关注了烟叶中蛋白质的酶法降解。这些研究都对烟叶的细胞壁物质降解和烟叶品质改良有一定的参考价值,但其共同的局限性在于通常只简单考察了酶解工艺参数,而未对处理后烟叶的物理性质和加工特性进行深入探讨,限制了其工艺在实际生产中的应用。本试验拟在一定条件下,通过向低等级烟叶喷施生物酶类物质,促使细胞壁物质发生一定程度的降解,以达到降低细胞壁物质燃烧时对香吃味的不良影响;并通过扫描电镜观察、GC-MS 检测香气成分及 TG-DSC 联用热重分析仪,综合考察酶解处理对烟叶物理结构、中性致香成分含量及烟草燃烧性质的影响,以期工业化充分利用低等级烟草资源提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试剂与仪器

安徽亳州 X3L 下部烟叶,由安徽中烟公司提供;植物多糖复合酶(Viscozyme) L(酶活力单位  $9.8 \times 10^4$  U/mL)、中性蛋白酶(Neutrase) 0.8 L ( $5.2 \times 10^4$  U/mL)、果胶酶(Pectinex) XXL ( $3.2 \times 10^4$  U/mL)、淀粉酶(Ban)480 L ( $3.7 \times 10^3$  U/mL),由诺维信(中国)投资公司提供;乙酸苯乙酯,分析

纯,北京百灵威科技有限公司;二氯甲烷,色谱纯,美国 Tedia 公司。HP 6890A/5975C 气质联用仪(美国 Agilent);恒温恒湿箱(德国 KBF);Quanta-200 扫描电镜,荷兰 Philip 公司;德国 Netzsch STA449 C TG/DSC 同步热分析仪。

### 1.2 低等级烟叶的酶解处理

将亳州 X3L 下部烟叶经回潮后切丝,于恒温恒湿(温度 22 ℃、相对湿度 60%)条件下平衡 48 h。取 50 g 平衡后烟丝平铺于托盘上,将多糖复合酶(980 U/g)、中性蛋白酶(520 U/g)、淀粉酶(37 U/g)、果胶酶(320 U/g)溶液稀释后,用喉头喷雾器均匀喷洒在烟丝表面,对照喷等质量去离子水,密封置于预先设置好的 45 ℃ 恒温恒湿箱中,保持相对湿度为 60%,酶解 8 h 后,80 ℃ 烘干处理 30 min 结束酶解反应,用于感官评吸和烟叶细胞壁物质降解效果的测定。

### 1.3 酶解 pH、温度和基质水分含量的选择

由于现有烟丝加工工艺已很成熟,若要调整现有烟丝加工工艺及设备来适应酶解烟叶,在现实中有较大困难。另外,由于酶液是喷洒在烟丝表面的,加入缓冲液来维持反应体系的 pH 在实际工艺条件下难以实现,且喷洒在烟叶表面的缓冲溶液将会影响烟叶在后续加工工艺中的性质。因此,本试验结合实际工艺条件,对酶解 pH 值、温度和基质水分含量进行了优化。

### 1.4 低等级烟叶细胞壁物质酶解工艺的优化

酶解条件受诸多因素的影响,由于本试验为非溶液体系下的酶解反应,因此影响降解效果的主要因素为酶用量和酶解时间。在预试验确定了 2 种酶的最适反应条件的基础上设计以酶解时间(2, 4, 8 h)、多糖复合酶用量(196, 490, 784 U/g)、蛋白酶用量(52, 104, 208 U/g)的 3 因素 3 水平正交试验,来优化低等级烟叶细胞壁物质的酶解工艺。

### 1.5 测定项目及方法

1.5.1 烟叶的感官评定 将成品烟支中的烟丝吹出,填入经过酶解处理后的烟丝,在恒温恒湿(温度 22 ℃、相对湿度 60%)条件下平衡 48 h。挑选质量为  $(0.9 \pm 0.02)$  g/支的烟支作为待评吸样品,由 7 名经过培训的专业评吸员进行评吸,评分标准参照“九分制单料烟感官评定测定方法”<sup>[11]</sup>。

1.5.2 烟草中细胞壁物质含量的测定 细胞壁物

质的含量参考张怀苓<sup>[12]</sup>的方法测定。

1.5.3 表面结构的扫描电镜观察 将酶解处理后的烟叶切成小段,用导电双面胶固定在样品台上,经离子溅射喷金后,在荷兰 Philip 公司 Quanta-200 扫描电镜中以 5 kV 电子束观察取图(放大倍数 600 倍)。

1.5.4 中性致香成分含量的测定 将对照及酶解后的烟叶样品置于 40 ℃ 下干燥 2 h,经粉碎机磨碎后过孔径 0.45 mm 的筛。准确称取粉碎后的烟叶粉末 10 g 于 1 000 mL 圆底烧瓶中,加入 350 mL 去离子水,连接同时蒸馏萃取装置的一端,并将烧瓶放置于电加热套中;取 40 mL 二氯甲烷于 250 mL 平底烧瓶中,连接同时蒸馏萃取装置的另一端,并放置于 40 ℃ 恒温水浴中保温。开启冷凝回流装置,控制循环槽冷凝水的温度为 15 ℃,保持提取液微沸状态,加热提取 2.5 h。冷却后过滤,并于滤液中加入适量无水硫酸钠以除去残存水分,加入 50 μL 1.162 mg/mL 的乙酸苯乙酯作为内标。提取液经 0.22 μm 有机微孔滤膜过滤后,用于 GC-MS 分析。GC-MS 分析条件为:载气 He,流速 1.0 mL/min;进样口温度 240 ℃;EI 离子源温度 230 ℃;程序升温先以 4 ℃/min 从 50 ℃升温至 200 ℃,再以 8 ℃/min 升至 230 ℃,保持 15 min;分流比 10:1;进样量 1 μL;传输线温度 250 ℃;电离能 70 eV;电离方式为 EI;溶剂延迟 4 min;积分条件为工作站积分器;MS 阈值 8.0。用内标法定量,假定其相对校正因子为 1,回收率为 100%,以检测物质与内标物质的峰面积之比进行定量,计算公式如下。

$$Mi=\frac{Ai}{As}\times Fi\times Ms。$$
 (1)

$$Ci=\frac{Mi}{m}。$$
 (2)

式中:Mi 为检测物质质量(μg);Ai 为检测物质的峰面积;As 为内标物质的峰面积;Fi 为相对校正因子(假设为 1);Ms 为内标物质质量(μg);Ci 为检测物质的质量浓度(μg/g);m 为烟叶质量(g)。

1.5.5 热重分析 称取 20 mg 对照及酶解后的样品粉末置于 Netzsch STA449 C TG/DSC 同步热分析仪的小坩埚中,参比物为氧化铝。以 10 ℃/min 的升温速度将样品从室温加热至 900 ℃,由热失重仪自动记录样品质量随温度变化曲线。热解气体:V(氮气):V(氧气)=9:1,载气流速为 100 mL/min。

2 结果与分析

2.1 不同酶处理对低等级烟叶感官品质的影响

由表 1 可以看出,与对照烟叶相比,经过淀粉酶处理后的烟叶,香气质、香气量、杂气都没有明显变化,但烟劲头稍微下降。从整体的感官评分来判断,淀粉酶处理后的烟叶与对照相比几乎没有变化。经中性蛋白酶处理后的烟叶使用价值提高了 1 个等级,抽吸过程中能感觉到香气质和香气量都有所增加,杂气也明显减少,刺激性降低,但余味比对照烟叶略差,有后苦感,余味不纯净,这可能是由于蛋白质降解产生的某些肽类和氨基酸所导致的。从香气质量来看,多糖复合酶的处理效果比淀粉酶、中性蛋白酶好,香气质量较对照上升 1 个等级,余味口感增加,燃烧性提高。经果胶酶处理后的烟叶刺激性降低,香气质量增加,但烟叶明显变脆、易碎,导致烟叶在切丝、卷制过程中产生很多碎末。综合比较几种酶处理效果,多糖复合酶对低等级烟叶的改良效果最好。

表 1 不同酶处理后低等级卷烟感官抽吸品质评价结果

Table 1 Sensory evaluation of smoking quality of low-grade tobacco after treatment by different enzymes

| 处理<br>Treatment | 香气质<br>Aroma<br>quality | 香气量<br>Aroma<br>quantity | 杂气<br>Offensive<br>taste | 浓度<br>Concentration | 劲头<br>Strength | 刺激性<br>Irritation | 余味<br>After<br>taste | 燃烧性<br>Combustibility | 使用价值<br>Utilization<br>value | 总分<br>Total |
|-----------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|----------------|-------------------|----------------------|-----------------------|------------------------------|-------------|
| 对照 Control      | 5.0                     | 4.8                      | 7.0                      | 4.5                 | 3.5            | 6.3               | 4.0                  | 3.3                   | 4.5                          | 42.9        |
| 淀粉酶 Ban         | 5.0                     | 4.5                      | 7.0                      | 5.3                 | 2.8            | 6.8               | 4.3                  | 3.3                   | 4.0                          | 43.0        |
| 中性蛋白酶 Neutrase  | 6.3                     | 6.0                      | 5.8                      | 5.3                 | 4.3            | 5.3               | 3.8                  | 3.3                   | 4.8                          | 44.9        |
| 多糖复合酶 Viscozyme | 5.8                     | 6.5                      | 7.0                      | 5.0                 | 5.0            | 7.0               | 4.0                  | 5.3                   | 5.5                          | 51.1        |
| 果胶酶 Pectinex    | 6.5                     | 6.3                      | 7.0                      | 5.0                 | 4.5            | 5.8               | 4.5                  | 4.8                   | 5.3                          | 49.7        |

2.2 不同酶处理对低等级烟叶细胞壁的降解效果

从图 1 可以看出,淀粉酶对于细胞壁物质降解程度极小,其含量仅由对照的 313.6 g/kg 降至 303.9 g/kg,差异不显著,这可能也是导致感官评定试验结果中淀粉酶没有明显改良低等级烟叶吸食品质的原因。淀粉酶的最适作用温度一般都比较高

(>70 ℃),但本试验处理温度受实际情况所限,不能长时间高于 50 ℃,否则烟丝破坏严重,失去可用性,因此淀粉酶在此条件下酶活受限,作用极弱,淀粉降解程度极低,对烟丝改良作用微小。经果胶酶处理后,烟叶的细胞壁物质含量下降至 244.9 g/kg,细胞壁物质降解程度最大,导致烟叶明显变脆、易

碎。经多糖复合酶和中性蛋白酶处理后的烟叶细胞壁物质降解程度适中。因此,结合感官评定结果,选择多糖复合酶和中性蛋白酶作为非溶液体系酶解烟叶试验的主要酶类进行后续试验。

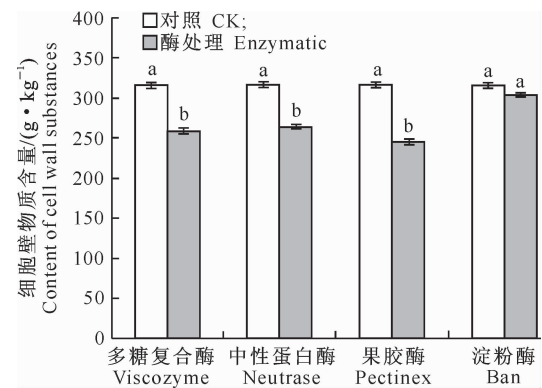


图 1 不同酶处理后低等级烟叶细胞壁物质含量的变化  
同一酶处理柱上标不同小写字母表示差异显著  
Fig.1 Contents of cell wall substances of low-grade tobacco after degradation by different enzymes  
Different lowercase letters in the same treatment means significant difference

2.3 低等级烟叶细胞壁物质的酶解工艺研究

2.3.1 酶解 pH、温度和基质水分含量的确定 经测定烤烟烟叶 pH 为弱酸性 (pH≈5.5), 而试验所

选植物多糖复合酶最佳 pH 范围为 4.5 左右,中性蛋白酶最适 pH 为 5.5~7.5,结合实际工艺条件,本研究不调节 pH,使烟叶自然发酵。水分是酶与底物反应的必需环境条件,一般而言,提高水分含量会增大酶分子与底物分子的接触机会,有利于酶催化反应的进行,但在烟草加工过程中,烟丝的平衡水分含量通常保持在 12% 左右,在烟草加料过程中,通常允许将烟叶水分含量调节至最高不能超过 30%<sup>[13]</sup>,否则烟叶颜色会加深,影响最终卷烟制品的吸食品质,因此,本研究确定酶解体系烟叶水分含量为 30%。多糖复合酶最佳反应温度为 50℃ 左右,中性蛋白酶的最适温度为 40℃ 左右,而通常用于长时间烘干烟叶的温度为 40℃,因此结合实际工艺参数综合考虑,选择复配酶解温度为 45℃ 左右。  
2.3.2 复合酶解正交试验结果 正交试验结果如表 2 所示。由表 2 可以看出,多糖复合酶用量对于烟叶细胞壁物质降解的影响最大,其次为酶解时间,而中性蛋白酶用量对细胞壁物质降解作用影响最小。其最佳工艺为多糖复合酶用量 490 U/g,蛋白酶用量 208 U/g,酶解时间 4 h 时,在此条件下细胞壁物质含量下降至最低值 257.4 g/kg。

表 2 复合酶解低等级烟叶细胞壁的正交试验结果

Table 2 Orthogonal experimental results of tobacco cell wall substances after co-enzymatic degradation

| 处理<br>Treatment    | 酶解时间(A)/h<br>Time (A) | 多糖复合酶用量(B)/<br>(U·g <sup>-1</sup> )<br>Viscozyme dosage (B) | 蛋白酶用量(C)/<br>(U·g <sup>-1</sup> )<br>Neutrase dosage (C) | 细胞壁物质含量/(g·kg <sup>-1</sup> )<br>Content of cell wall substances |
|--------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 1                  | 2(1)                  | 196(1)                                                      | 52(1)                                                    | 293.4±2.2                                                        |
| 2                  | 2(1)                  | 490(2)                                                      | 104(2)                                                   | 276.7±3.5                                                        |
| 3                  | 2(1)                  | 784(3)                                                      | 208(3)                                                   | 263.2±2.7                                                        |
| 4                  | 4(2)                  | 196(1)                                                      | 104(2)                                                   | 278.1±2.7                                                        |
| 5                  | 4(2)                  | 490(2)                                                      | 208(3)                                                   | 257.4±3.1                                                        |
| 6                  | 4(2)                  | 784(3)                                                      | 52(1)                                                    | 259.3±2.8                                                        |
| 7                  | 8(3)                  | 196(1)                                                      | 208(3)                                                   | 273.5±2.6                                                        |
| 8                  | 8(3)                  | 490(2)                                                      | 52(1)                                                    | 274.1±2.1                                                        |
| 9                  | 8(3)                  | 784(3)                                                      | 104(2)                                                   | 266.3±4.0                                                        |
| 极差 Range           | 1.28                  | 1.87                                                        | 1.09                                                     |                                                                  |
| 因素主次 Facotrs order |                       |                                                             |                                                          | B>A>C                                                            |

注:括号中的数据为因素水平。  
Note:The numbers in parentheses are factor levels.

2.4 酶处理对低等级烟叶表面结构的影响

酶液喷洒在烟丝表面会导致烟叶表面结构发生一定程度的变化,这可能会影响烟叶的物理性能及卷烟加工时的填充值、韧性和吸湿机制<sup>[14]</sup>。利用扫描电镜分析酶处理前后烟叶的表面形态,结果如图 2 所示。从图 2 可以看出,未经任何处理的对照烟叶表面有大量的褶皱,且组织清晰,立体感强,而经过酶处理后的烟叶表面,都不同程度的发生了褶皱

减少,表面趋于光滑的现象,烟叶表面的褶皱是由其中的微细纤维形成的。因此,喷施在烟叶表面的多糖水解酶在试验条件下,只对于烟叶表面微细纤维的降解发挥了作用,而并未对烟叶细胞的骨架结构造成太大破坏,因此对于烟叶的燃烧性质并无影响。表明将酶喷施于烟叶表面上,较易发挥作用的是能够降解纤维素的酶类,此结论与之前感官评定结果相一致。

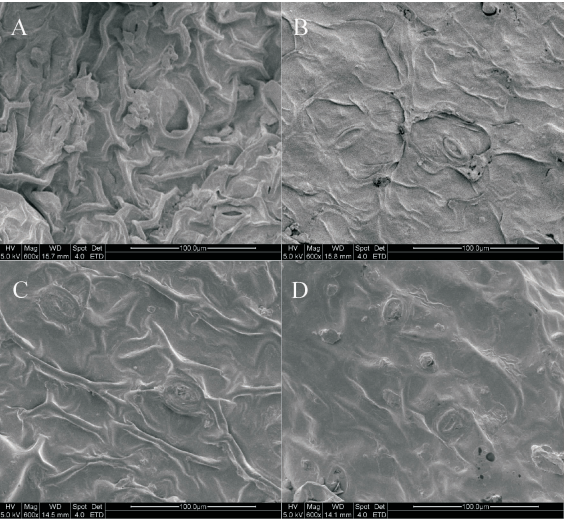


图 2 酶解前后低等级烟叶的表面结构(×600)  
A. 对照;B. 多糖复合酶;C. 中性蛋白酶;  
D. 多糖复合酶与中性蛋白酶复配

Fig. 2 Surface structures of low-grade tobacco before and after degradation (×600)

A. Control;B. Viscozyme;C. Neutrase;D. Viscozyme & Neutrase

表 3 酶解前后低等级烟叶中中性致香成分含量的变化

| Table 3 Contents of neutral volatiles in low-grade tobacco before and after degradation |                     |                      |                           |                                          |                        |                         |                    | μg/g                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------------|
| 处理<br>Treatment                                                                         | 苯甲醛<br>Benzaldehyde | 苯甲醇<br>Benzylalcohol | 苯乙醇<br>Phenylethylalcohol | 6-甲基-5-庚烯-2-酮<br>6-Methyl-5-hepten-2-one | β-二氢大马酮<br>β-Damascene | 香叶基丙酮<br>Geranylacetone | β-紫罗兰酮<br>β-Ionone | 巨豆三烯酮<br>Megastigmatrienone |
| 对照 Control                                                                              | 0.22                | 0.78                 | 0.63                      | 0.07                                     | 0.27                   | 0.98                    | —                  | 19.44                       |
| 多糖复合酶 Viscozyme                                                                         | 0.25                | 1.09                 | 0.88                      | 0.17                                     | 0.53                   | 1.43                    | 0.02               | 27.99                       |
| 蛋白酶 Neutrase                                                                            | 0.26                | 1.10                 | 0.73                      | 0.20                                     | 0.42                   | 1.20                    | 0.01               | 25.47                       |
| 复配酶<br>Viscozyme & Neutrase                                                             | 0.27                | 1.26                 | 0.85                      | 0.19                                     | 0.47                   | 1.05                    | 0.01               | 27.74                       |

| 处理<br>Treatment             | 茄酮<br>Solaneone | 2-甲基-4-氢呋喃-3-酮<br>2-Methyltetrahydrofuran-3-One | 糠醛<br>2-Furaldehyde | 糠醇<br>Furfuralcohol | 2-乙酰呋喃<br>2-Acetyl furan | 芳樟醇<br>Linalool | 法尼基丙酮<br>Farnesylacetone | 总量<br>Total |
|-----------------------------|-----------------|-------------------------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|-------------|
| 对照 Control                  | 1.29            | 0.22                                            | 5.08                | 1.66                | 0.48                     | —               | 13.92                    | 45.17       |
| 多糖复合酶 Viscozyme             | 2.25            | 0.37                                            | 9.37                | 2.29                | 0.55                     | 0.03            | 17.15                    | 65.30       |
| 蛋白酶 Neutrase                | 2.20            | 0.43                                            | 8.53                | 2.37                | 0.54                     | 0.02            | 15.28                    | 59.40       |
| 复配酶<br>Viscozyme & Neutrase | 2.46            | 0.40                                            | 10.76               | 2.65                | 0.55                     | 0.03            | 13.69                    | 63.51       |

2.6 酶处理对低等级烟叶燃烧性质的影响

烟草是特殊的消费品,它的品质特征需经过燃烧过程才能体现。烟叶中碳水化合物及蛋白质等细胞壁物质的变化可能会影响烟叶的燃烧性质。因此,本试验设计了 TG-DSC 联用试验来模拟烟叶从室温加热至 900 ℃时烟支的燃烧情况,分析酶处理对于烟叶热裂解性质的影响。

图 3 为亳州 X3L 烤烟的热失重 TG 曲线、一阶导数微商热重 DTG 曲线及示差扫描量热 DSC 曲线。从图 3 中的 TG 和 DTG 曲线可以看出,从室温加热至 900 ℃,亳州 X3L 烤烟热失重分为 5 个阶段:第 1 阶段为室温~150 ℃,主要为样品失去水分

2.5 酶处理对低等级烟叶中中性致香成分含量的影响

酶解对低等级烟叶中的中性致香成分含量的影响结果见表 3。从表 3 可以看出,经酶处理后烟叶中的中性致香成分都有一定程度的提高,尤其是经复配酶处理后的烟叶中的美拉德反应产物类成分糠醛、糠醇有了明显的提高,这可能是由于酶解温度为 45 ℃左右,在此条件下,植物多糖复合酶和蛋白酶降解细胞壁物质生成的还原糖和氨基酸可以进一步发生美拉德反应<sup>[15]</sup>,生成具有焙烤香气的美拉德反应产物,使得经复配酶处理后的烟丝烤香味明显增强。复配酶处理还提高了烟叶中中性致香成分的总量,这是由于烟叶细胞壁物质被降解,烟叶结构由致密转为疏松,有利于挥发性芳香成分的逸出,因此在将酶处理后的烟丝制备成卷烟后,也相应的会利于香味成分在燃烧时的蒸馏和转移作用,从而增加了卷烟的香吃味。

的过程;第 2 阶段为 150~230 ℃,为易挥发小分子物质如烷烃类、酯类物质的挥发阶段<sup>[16]</sup>;第 3 阶段为 230~400 ℃,此阶段样品失重最大,质量损失 33.05%,主要为样品中高分子物质如蛋白质、果胶、纤维素等的降解阶段;第 4 阶段为 400~600 ℃的碳化过程;第 5 阶段为 600 ℃以上,在此阶段残余物质进一步碳化<sup>[17-19]</sup>。图 4 为对照烟叶与复配酶处理烟叶的热失重 TG 曲线和 DSC 曲线,对比分析可以发现,二者在相同的温度下开始热解,热解趋势相似,并且热解残余产物质量也无明显差异,但在 200~600 ℃,与对照相比,热失重速率略有减缓,即复配酶处理对细胞壁物质的降解略微减缓了烟草多



糖物质的热解和碳化过程,而对于烟叶中水分散失、小分子物质热解等都没有影响,基本不改变烟叶的燃烧性质。此结果与电镜扫描试验验证的酶处理仅

对烟叶表面超微纤维产生了作用,并未降解烟叶骨架结构相互印证。

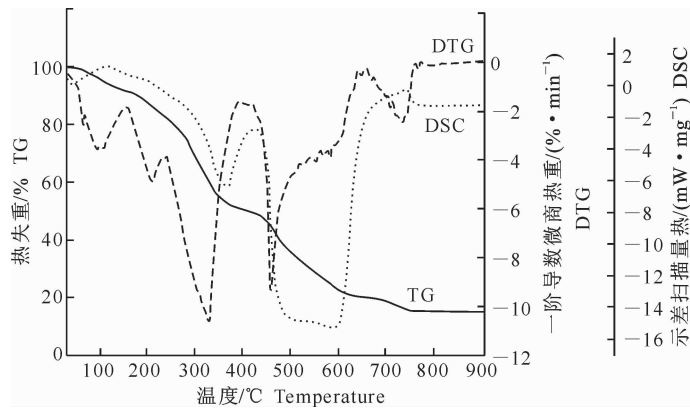


图 3 亳州 X3L 烟叶热失重(TG)、一阶导数微商热重(DTG)及示差扫描量热(DSC)曲线  
Fig. 3 TG, DTG and DSC curves of Bozhou X3L tobacco leaves

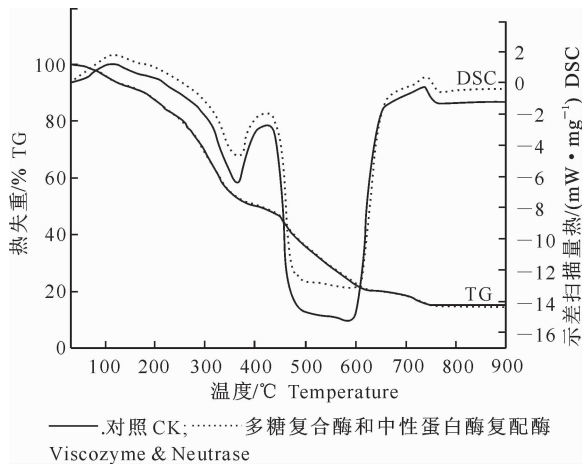


图 4 复配酶解后低等级烟叶热失重(TG)与示差扫描量热(DSC)曲线  
Fig. 4 TG and DSC curves of low-grade tobacco leaves before and after degradation

3 结 论

植物多糖复合酶、蛋白酶、果胶酶均对低等级烟叶的细胞壁物质有降解作用,但果胶酶处理会对烟叶的感官品质造成不良的影响,如烟叶变脆、易碎,在切丝、卷制过程中产生很多碎末,且卷制后的烟支燃烧性能变差,阴燃时易熄灭。而淀粉酶由于受实际生产时处理温度所限,酶活受限,作用程度较弱,对烟丝改良作用微小。在结合实际生产确定的复配酶处理低等级烟叶的工艺条件下,烟叶表面结构在一定程度上被破坏,烟叶结构由致密转为疏松,有利于挥发性芳香成分的逸出,同时增加烟叶中美拉德反应产物中性致香成分的含量,增强卷烟制品的香吃味,提高低等级烟叶的品质和使用价值。

[参考文献]

[1] 任晓红,陈刚,马海燕,等. 烤烟细胞壁物质对烟叶质量影响研究 [J]. 中国农学通报, 2010, 26(4): 113-116.  
Ren X H, Chen G, Ma H Y, et al. Research on the effect of cell wall matter components on the tobacco quality [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(4): 113-116. (in Chinese)

[2] 饶国华,赵谋明,林伟锋,等. 低次烟叶蛋白质提取工艺研究 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2005, 33(11): 67-72.  
Rao G H, Zhao M M, Lin W F, et al. Study on protein extraction technology from discarded tobacco leaf [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed, 2005, 33(11): 67-72. (in Chinese)

[3] 闫克玉,同洪洋,李兴波,等. 烤烟烟叶细胞壁物质的对比分析 [J]. 烟草科技, 2005(10): 6-11.  
Yan K Y, Yan H Y, Li X B, et al. Comparative analysis of cell wall substances in flue-cured tobacco leaf [J]. Tobacco Science & Technology, 2005(10): 6-11. (in Chinese)

[4] Baliga V, Sharma R, Miser D, et al. Physical characterization of pyrolyzed tobacco and tobacco components [J]. J Anal Appl Pyrol, 2003, 66(1/2): 191-215.

[5] Sanders E B, Goldsmith A I, Seeman J I. A model that distinguishes the pyrolysis of d-glucose, d-fructose, and sucrose from that of cellulose. Application to the understanding of cigarette smoke formation [J]. J Anal Appl Pyrol, 2003, 66(1/2): 29-50.

[6] Baker R R, Coburn S, Liu C, et al. Pyrolysis of saccharide tobacco ingredients: A TGA-FTIR investigation [J]. J Anal Appl Pyrol, 2005, 74(1/2): 171-180.

[7] Zhou S, Xu Y, Wang C, et al. Pyrolysis behavior of pectin under the conditions that simulate cigarette smoking [J]. J Anal Appl Pyrol, 2011, 91(1): 232-240.

[8] 刘谋盛,王平艳,苏毅,等. 生物固定化技术及其在烟草加工过程中的应用 [J]. 河南化工, 2006, 23(12): 4-6.

- Liu M S, Wang P Y, Su Y, et al. Biological immobilization technology and its application in the process of tobacco [J]. Henan Chemical Industry, 2006, 23(12): 4-6. (in Chinese)
- [9] 李国栋, 马海燕, 于建军, 等. 纤维素酶降解烟叶中纤维素的作用效果 [J]. 中国农学通报, 2008, 24(12): 256-259.
- Li G D, Ma H Y, Yu J J, et al. Effect on using cellulase to degrade cellulose in hue-cured tobacco [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2008, 24(12): 256-259. (in Chinese)
- [10] 姚光明. 降低烟叶中蛋白质含量的研究 [J]. 烟草科技, 2000(9): 6-8.
- Yao G M. Study on reducing the content of protein in tobacco [J]. Tobacco Science & Technology, 2000(9): 6-8. (in Chinese)
- [11] 李东亮, 胡 军, 许自成, 等. 单料烟感官质量的层次模糊综合评价 [J]. 郑州轻工业学院学报: 自然科学版, 2007, 22(1): 27-30.
- Li D L, Hu J, Xu Z C, et al. Comprehensive evaluation based on hierarchical fuzzy systems of unblended cigarette sensory quality [J]. Journal of Zhengzhou University of Light Industry: Natural Science, 2007, 22(1): 27-30. (in Chinese)
- [12] 张怀苓. 烟草分析与检验 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1994: 103-111.
- Zhang H L. Tobacco analysis and test [M]. Zhengzhou: Henan Science and Technology Press, 1994: 103-111. (in Chinese)
- [13] 阎克玉, 刘凤珠. 酶降解烟叶中细胞壁物质 [J]. 生物技术, 2001, 11(4): 19-21.
- Yan K Y, Liu F. Degrading enzyme in cell wall substances of tobacco [J]. Biotechnology, 2001, 11(4): 19-21. (in Chinese)
- [14] 张 见, 刘元法, 李东亮, 等. 非溶液体系下酶解条件对烟草梗丝中细胞壁物质的影响 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40(7): 3973-3975, 3979.
- Zhang J, Liu Y F, Li D L, et al. Effects of enzymatic conditions on cell wall substances in cutting stem tobacco under non-solution system [J]. Journal of Anhui Agricultural Science, 2012, 40(7): 3973-3975, 3979. (in Chinese)
- [15] 陈长清. 添加剂在卷烟生产中应用对烟叶品质影响的研究 [D]. 郑州: 河南农业大学, 2008.
- Chen C Q. Study on effect of tobacco quality through exerting additive in tobacco factory [D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2008. (in Chinese)
- [16] Senneca O, Chirone R, Salatino P, et al. Patterns and kinetics of pyrolysis of tobacco under inert and oxidative conditions [J]. J Anal Appl Pyrol, 2007, 79(1/2): 227-233.
- [17] Oja V, Hajaligol M R, Waymack B E. The vaporization of semi-volatile compounds during tobacco pyrolysis [J]. J Anal Appl Pyrol, 2006, 76(1/2): 117-123.
- [18] Yi S, Hajaligol M R, Jeong S H. The prediction of the effects of tobacco type on smoke composition from the pyrolysis modeling of tobacco shreds [J]. J Anal Appl Pyrol, 2005, 74(1/2): 181-192.
- [19] Baker R R, Bishop L J. The pyrolysis of non-volatile tobacco ingredients using a system that simulates cigarette combustion conditions [J]. J Anal Appl Pyrol, 2005, 74(1/2): 145-170.