

荷斯坦阉牛瘤胃液中阿魏酸酯酶和乙酰酯酶的酶学特性研究

杨红建¹ 岳群² 曹阳春²

(1. 中国农业大学 动物科学技术学院,北京 100193; 2. 中国农业大学 生物学院,北京 100193)

摘要 为研究瘤胃液中阿魏酸酯酶和乙酰酯酶的酶学特性,自安装永久瘤胃瘘管的成年荷斯坦阉牛瘤胃中采集瘤胃食糜液,4 ℃ 1 000g 离心 10 min 制备成粗酶液,测定了粗酶液中阿魏酸酯酶和乙酰酯酶活性及其酶促反应动力学参数。结果表明,瘤胃液中阿魏酸酯酶酶促反应最适 pH 为 9.0,最适温度为 40~50 ℃;用阿魏酸甲酯作为酶促反应标准底物,测得米氏常数(K_m)为 0.76 mmol/L,最大反应速度(V_{max})为 5.43 mU;乙酰酯酶酶促反应最适 pH 为 8.0,最适反应温度为 50 ℃。用对-硝基苯乙酰酯作为标准底物,测得 K_m 为 0.64 mmol/L, V_{max} 为 91.00 mU。研究发现 Fe^{2+} 可以促进阿魏酸酯酶酶促反应,而 Cu^{2+} 等金属离子可以抑制阿魏酸酯酶酶活性; Mg^{2+} 、 K^+ 、 Co^{2+} 、 Ca^{2+} 和 Mn^{2+} 则可促进乙酰酯酶酶促反应。尽管瘤胃内环境并不能为 2 种酯酶发挥最大酶效提供最适温度和 pH 条件,相比较而言,阿魏酸酯酶在瘤胃液中稳定性更优于乙酰酯酶。

关键词 牛; 瘤胃液; 阿魏酸酯酶; 乙酰酯酶; 酶学特性

中图分类号 S 852

文章编号 1007-4333(2011)01-0073-06

文献标志码 A

Enzymological characterization of feruloyl and acetyl esterases in the rumen fluids of Holstein steers

YANG Hong-jian¹, YUE Qun², CAO Yang-chun²

(1. College of Animal Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. College of Biological Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract To determine enzymological characteristics of feruloyl esterase (FAE) and acetyl esterase (AE), rumen fluids collected from Holstein steers intalled flexible ruminal cannula were centrifuged at 1 000g at 4 ℃ for 10 min to prepare crude enzyme solutions. The optimal pH is 9.0 and optimal temperature for FAE is 40 – 50 ℃; and the Michaelis constants (K_m) is 0.76 mmol/L and maximum velocities (V_{max}) against methyl ferulate is 5.43 mU at pH 6.0 and 39 ℃. The optimal pH for AE is 8.0 and optimal temperature for AE is 50 ℃, and the K_m and V_{max} against p-nitrophenyl acetate at pH 7.0 and 39 ℃ were 0.64 mmol/L and 91.00 mU. Cations such as Mg^{2+} , Zn^{2+} , K^+ , Cu^{2+} , Co^{2+} , Ca^{2+} and Mn^{2+} in this study inhibited the activities of esterases for FAE while Fe^{2+} has opsite effects. The cations of Mg^{2+} , K^+ , Co^{2+} , Ca^{2+} and Mn^{2+} had a stimulatory effect on AE. In general, FAE showed relatively more stable than AE in the rumen though both pH and temperature in rumen fluids may not be optimum for both esterases to exert their enzymological potentials in plant cell wall degradation.

Key words cattle; rumen fluid; feruloyl esterase; acetyl esterase; enzymological characteristics

反刍家畜依靠瘤胃微生物所分泌的各种纤维水解酶来最大限度地利用自然界中的纤维性粗饲料资源。除了外切纤维素酶、内切纤维素酶和 β -糖苷酶参与降解饲料细胞壁中纤维素分子以及 β -木聚糖酶协同参与降解半纤维素分子外,参与水解半纤维素支链

中酯键的瘤胃微生物阿魏酸酯酶(EC 3. 1. 1. 73, FAE)和乙酰酯酶(EC 3. 1. 1. 6, AE)等酯酶已被陆续证明是消除饲料细胞壁中阿魏酸等酚酸类木质素的关键酶^[1-4]。这些酯酶与瘤胃微生物所分泌的纤维素酶、木聚糖酶在饲料细胞壁降解中具有协同作

收稿日期: 2010-04-30

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31072054); 国家现代肉牛产业技术体系建设任务(nycytx-38)

第一作者: 杨红建, 副教授, 博士生导师, 主要从事动物营养生理生化与饲料资源开发研究, E-mail: yang_hongjian@sina.com

用^[5]。国内有关产阿魏酸酯酶菌株的研究主要集中在黑曲霉上^[6-7]。国外对阿魏酸酯酶和乙酰酯酶酶学特性的研究主要集中在粗酶液和纯化酶蛋白上。Sancho等^[8]研究了大麦中阿魏酸酯酶粗酶液的酶学特性; Rumbold等^[9]研究了纯化自真菌 *Aureobasidium pullulans* NRRL Y 2311-1 的阿魏酸酯酶的酶学特性; Christakopoulos等^[10]研究了 *Fusarium oxysporum* 乙酰酯酶粗酶液的酶学特性; Chungool等^[11]研究了纯化自 *Streptomyces* sp. PC22 的乙酰酯酶酶学特性。但目前对瘤胃液中 FAE 和 AE 的酶学特性研究的较少。

本研究拟对荷斯坦阉牛瘤胃液中 FAE 和 AE 酶学特性进行比较研究,旨在为今后进一步自瘤胃食糜液中分离纯化酯酶,分析评价其在饲料细胞壁降解中功效提供酶学特性研究依据。

1 材料与方法

1.1 粗酶液制备

瘤胃液取自中国农业科学院北京畜牧兽医研究所装有永久瘤胃瘘管成年荷斯坦阉牛,每天饲喂3次,分别为6:30、12:30和17:30,每次饲喂6.5 kg干物质,自由饮水。日粮中包括:羊草500 g/kg、黄玉米325 g/kg、小麦麸55 g/kg、豆粕44 g/kg、棉籽粕51 g/kg、碳酸氢钙5 g/kg、碳酸氢钠5 g/kg、石粉5 g/kg、碘盐5 g/kg和添加剂预混料5 g/kg。随机自晨饲2 h后将3头瘤胃瘘管阉牛采集获得的新鲜瘤胃液样品混匀,经4层医用纱布过滤,在4℃1 000g离心10 min,将上清液用0.45 μm微孔滤膜过滤后,制备为待测粗酶液^[12]。

1.2 酶学特性测定

1.2.1 FAE 活性

首先将适当稀释的粗酶液和含有底物(100 μmol/L 阿魏酸甲酯)的100 mmol/L 3-(N-吗啉)丙磺酸缓冲液(pH 6.0)置于39℃预热15 min,然后向100 μL粗酶液中加入200 μL上述含有底物的缓冲液,39℃反应30 min,在340 nm下检测反应0和30 min时的吸光度,根据吸光度消减值来计算FAE酶活性,详细步骤参见文献^[13]。1个酶活性单位(U)是指在以上酶促反应条件下,1.0 mL酶液在1 min内自底物阿魏酸甲酯中释放1 μmol阿魏酸所需的酶量。

1.2.2 AE 活性

首先将适当稀释的粗酶液、底物(2 mmol/L对-

硝基苯乙酯)和50 mmol/L磷酸钠缓冲液(pH 7.0)置于39℃预热15 min,然后向50 μL粗酶液中加入100 μL磷酸钠缓冲液和50 μL底物,39℃反应30 min后,在415 nm下检测吸光度,根据的对-硝基苯标准曲线计算AE活性,详细步骤参见文献^[14]。1个酶活性单位(U)是指在以上酶促反应条件下,1.0 mL酶液在1 min内自底物对-硝基苯乙酯中释放1 μmol对-硝基苯所需的酶量。

1.2.3 最适 pH

使用50 mmol/L柠檬酸钠缓冲液(pH 4.0~5.0),50 mmol/L磷酸钠缓冲液(pH 6.0~8.0),和50 mmol/L甘氨酸-NaOH缓冲液(pH 9.0~10.0)替代1.2.1和1.2.2中使用的缓冲液,测定在各pH下FAE和AE相对酶活性。

1.2.4 pH 稳定性

分别取0.5 mL 50 mmol/L柠檬酸钠缓冲液(pH 4.0~5.0),50 mmol/L磷酸钠缓冲液(pH 6.0~8.0)和50 mmol/L甘氨酸-NaOH缓冲液(pH 9.0~10.0)与等体积粗酶液混合,39℃保温1 h,立即冰浴,测定在各pH下的FAE和AE相对酶活性。

1.2.5 最适温度

用20、30、40、50和60℃替代1.2.1和1.2.2中的反应温度,测定在各温度下FAE和AE相对酶活性。

1.2.6 温度稳定性

将粗酶液分别置于40和50℃恒温,分别在1、3、5、7、11和24 h后,参照1.2.1和1.2.2的方法测定保温不同时间后FAE和AE的相对酶活性。

1.2.7 金属离子对FAE和AE活性的影响

取4.0 mmol/L NiCl₂、MgSO₄、ZnCl₂、KCl、FeSO₄、CuCl₂、CoCl₂、CaCl₂、MnCl₂和FeCl₃储液与等体积的粗酶液混合,使得金属离子使用浓度达到0.667 mmol/L,39℃保温30 min后,测定FAE和AE相对酶活性。

1.2.8 FAE 和 AE 米氏常数(K_m)和最大速度(V_{max})的确定

根据1.2.1和1.2.2,改变底物阿魏酸甲酯(0.016 7~0.100 0 mmol/L)和对-硝基苯乙酯(0.1~0.9 mmol/L)浓度[S](酶促反应底物浓度,mmol/L),测定酶促反应的初速度(V_0),以 V_0 对[S]作图为典型的米氏双曲线,以 $1/V_0$ 对 $1/[S]$ 作图,从直线的截距求得FAE和AE催化底物水解的

米氏常数(K_m)和最大速度(V_{max})。

上述所测数据均是 2 组数据的平均值。

2 结果与分析

2.1 瘤胃液中阿魏酸酯酶的酶学特性

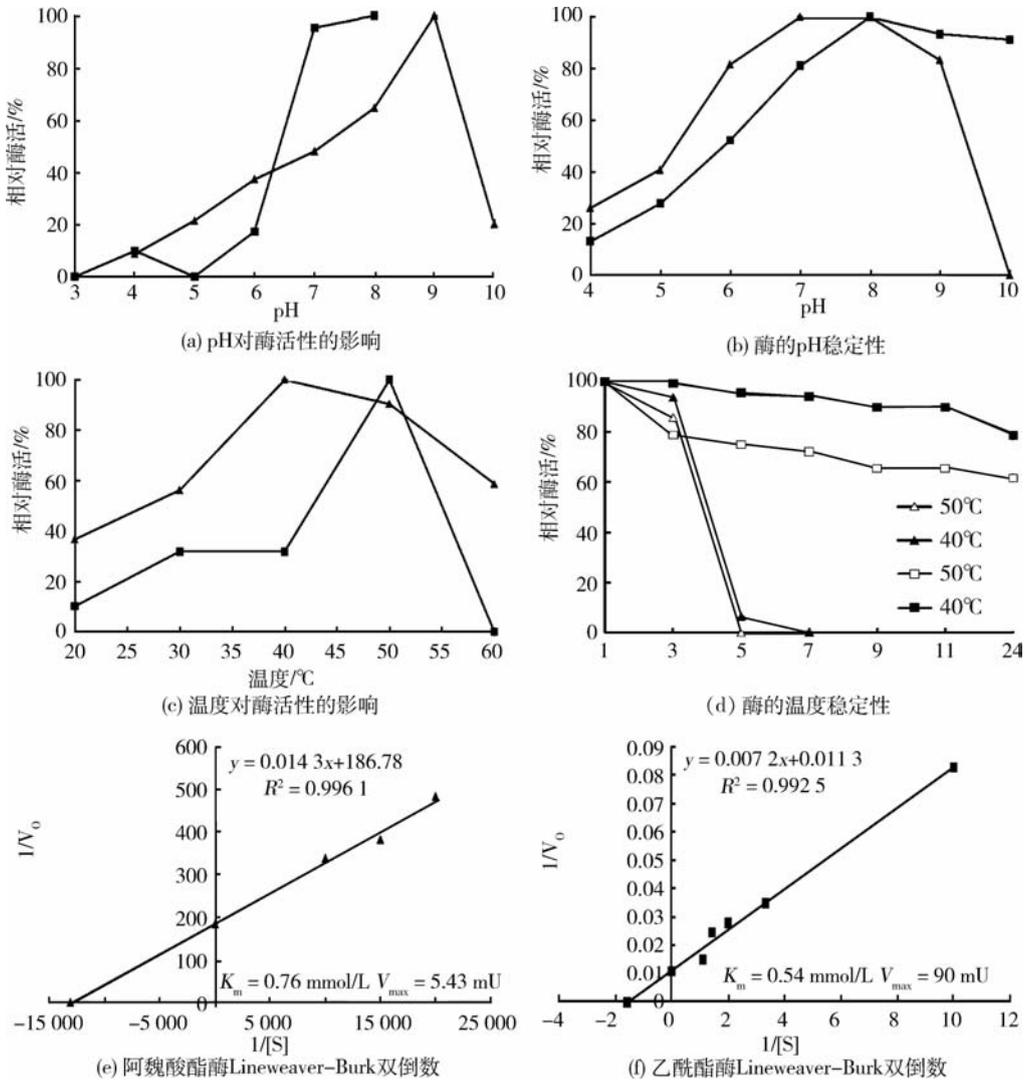
由表 1 可知,除 Fe^{2+} 对酶活性有促进作用外,其他金属离子,尤其是 Cu^{2+} 、 Co^{2+} 、 Ca^{2+} 和 Mn^{2+} 对酶活性抑制作用明显。

阿魏酸酯酶最适 pH 为 9 左右(图 1(a)),pH 在 6~9 范围内都比较稳定(图 1(b));在 $pH < 6$ 的反应条件下,损失 50% 以上的酶活性,当 $pH > 9$ 时,酶活性迅速下降。阿魏酸酯酶的最适温度为 40~50 $^{\circ}C$ (图 1(c)),将粗酶液置于 40 和 50 $^{\circ}C$ 下持

表 1 金属离子对阿魏酸酯酶和乙酰酯酶相对酶活性的影响

Table 1 Effect of metal ions on the FAE and AE activities

金属离子	相对酶活性/%	
	阿魏酸酯酶	乙酰酯酶
Mg^{2+}	27	120
Zn^{2+}	63	0
K^+	66	167
Fe^{2+}	266	0
Cu^{2+}	0	64
Co^{2+}	0	114
Ca^{2+}	0	137
Mn^{2+}	0	104
不添加	100	100



▲ 阿魏酸酯酶; ■ 乙酰酯酶
图 1 阿魏酸酯酶和乙酰酯酶的酶学特性

Fig. 1 Emzymological characterization of feruloyl and acetyl esterases

续保温不同时间(图 1(d)),结果发现,在 50 ℃保温 3 h 剩余 85%左右的酶活性,在 40 和 50 ℃下保温 5 h,酶活性基本丧失。

以不同浓度阿魏酸甲酯为酶促反应底物溶液,测得 K_m 为 0.76 mmol/L, V_{max} 为 5.43 mU(图 1(e))。

2.2 瘤胃液中乙酰酯酶的酶学特性

由表 1 可知, Zn^{2+} 、 Fe^{2+} 和 Cu^{2+} 对酶活性抑制作用明显。

乙酰酯酶最适 pH 为 8 左右(图 1(a)),在 pH < 6 的反应条件下,酶活性基本丧失。在不同 pH 缓冲液中 39 ℃保温 1 h 后,乙酰酯酶活性变化较大,在 pH 6~10 范围内酶活性保持在 50%以上(图 1(b))。最适温度为 50 ℃(图 1(c)),将粗酶液置于 40 和 50 ℃下保温不同时间(图 1(d)),酶活性一直保持在 60%以上。

以对-硝基苯乙酯为底物,选用不同底物浓度,测得 K_m 为 0.64 mmol/L, V_{max} 为 90.00 mU(图 1(f))。

3 讨论

1) 阿魏酸酯酶属于肉桂酸酯酶,是催化水解由阿魏酰基(4-羟基-3-甲氧基-苯丙烯酰基)形成酯键的一类酯酶,可使植物细胞壁中的半纤维素从木质素-半纤维素复合体中解离出来,而乙酰酯酶则是催化水解由乙酰基与半纤维素分子间形成的酯酶。这些酯酶可以打破植物细胞壁的网状结构,并有利于其他糖苷键水解酶对半纤维素及细胞壁中其他成分的降解^[3-4]。自 Mackenzie 等^[15] 从黄灰链霉菌 (*Streptomyces flavogriseus*) 和橄榄色链霉菌 (*Streptomyces olivochromogenes*) 的培养液中首次检测到 FAE 活性之后,目前已经发现不仅包括瘤胃微生物在内的自然界许多微生物均具有 FAE 表达活性,而且在哺乳动物和植物体内也有 FAE 的表达活性。

2) 大多数研究人员以单一菌株培养液为酯酶蛋白分离纯化来源,从最适 pH 和温度、pH 和温度稳定性、金属离子和酶学动力学等方面曾对 FAE 进行酶学特性分析。FAE 的最适 pH 从 4.5~8.0 不等,多数集中在 pH 5~7 之间^[1,16-20],均低于本研究中瘤胃液 FAE 最适 pH 9.0。这可能同 FAE 的来源有关,瘤胃里的微生物是复杂多样的,分泌 FAE 的微生物不止一种。笔者预测瘤胃中分泌 FAE 优

势微生物所分泌的 FAE 酯酶蛋白最适 pH 较高可能导致了瘤胃液中 FAE 最适 pH 较高,但此原因还需笔者后续试验加以验证。FAE 最适反应温度多集中在 45~60 ℃之间^[16-17,21],略高于本研究中所发现最适温度范围。尽管 Wang 等^[21] 发现 Na^+ 不会影响 FAE 的活性,但 Ca^{2+} 、 Cu^{2+} 等金属离子对于 FAE 的抑制作用与本研究结果相一致。虽然对于 pH 和温度稳定性的测定尚无统一的标准,但多数 FAE 在 40~50 ℃和 pH 6~8 的环境中比较稳定^[16,21,23],这可能是跟微生物在长期进化过程不断适应其生长环境有关。

Chungool 等^[11] 自对 *Streptomyces* sp. PC22 在纯培养液中所表达的乙酰酯酶进行酶学特性分析结果表明,以对-硝基苯乙酯为底物,测得其 K_m 为 0.43 mmol/L,略低于本研究结果 0.64 mmol/L,但其 V_{max} 仅为 70.78 U/mg,远远低于本研究所测 V_{max} 值,其最适 pH 为 6.5~7.0,虽然略低于本研究最适 pH 8.0,但其最适温度 50 ℃,与本实验所获得的结果相同。Yue 等^[24] 在本研究同期试验中筛选到的瘤胃真菌菌株 *Neocallimastix* sp. YQ2 的最适 pH 为 8.0,与本研究瘤胃液中 AE 结果相同,但该真菌最适温度为 60 ℃, K_m 为 3.3 mmol/L, V_{max} 为 167 mU 均远远高于本研究中的瘤胃液测试结果和 Blum 等^[25] 在瘤胃厌氧真菌 *Orpinomyces* sp. PC-2 中的测试结果。2 mmol/L Fe^{3+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+} 和 Ca^{2+} 对 *Bacillus pumilus* 和 *Schizophyllum commune* 乙酰酯酶活性没有影响,而 10 mmol/L 却能显著抑制乙酰酯酶活性^[26-27]。Basaran 和 Hang^[28] 发现 10 mmol/L Cu^{2+} 可以显著抑制 *Candida guilliermondii* 乙酰酯酶活性。在 Chungool 等^[11] 的研究中发现,0.1 mmol/L Cu^{2+} 和 Zn^{2+} 对 AE 具有抑制作用,但 Ca^{2+} 、 Co^{2+} 、 Mg^{2+} 和 Mn^{2+} 均没有显著抑制或促进作用。相反,在本试验研究中, Ca^{2+} 、 Co^{2+} 、 Mg^{2+} 和 Mn^{2+} 均具有促进作用,尤其是 K^+ 对 AE 的促进作用最明显。以上说明不同来源 AE 其酶学特性存在一定差异,相比较而言,瘤胃厌氧真菌分泌的 AE 活性要远高于瘤胃液混合微生物的 AE 活性。

3) 瘤胃微生物发酵过程中 pH 正常变化范围为 5.5~7.5,温度通常为 39~42 ℃,根据以上酶学测定结果,笔者认为在此日粮条件下不论是阿魏酸酯酶还是乙酰酯酶均不能在成年荷斯坦公牛瘤胃内环境条件下最大限度发挥其对饲料细胞壁中木质素交

联结构的酶解功效。 Fe^{2+} 可以促进阿魏酸酯酶酶促反应,而 Cu^{2+} 等金属离子可以抑制阿魏酸酯酶酶活性。而 Fe^{2+} 、 Zn^{2+} 和 Cu^{2+} 则可抑制乙酰酯酶酶活性。因此,在实际生产中应该对这些金属离子予以注意。相比较而言,阿魏酸酯酶在瘤胃液 pH 和温度条件下,酶学稳定性更优于乙酰酯酶。

4 结 论

根据本研究中阿魏酸酯酶和乙酰酯酶的酶学特性研究结果,发现瘤胃内 pH 和温度内环境不能为二者发挥其最大酶效提供最适的作用条件。虽然阿魏酸酯酶比乙酰酯酶的酶学稳定性较好,但二者的酶活性均不同程度会受到一些金属离子的促进或抑制作用, Fe^{2+} 可以促进阿魏酸酯酶酶促反应,而 Cu^{2+} 等金属离子可以抑制阿魏酸酯酶酶活性。 Fe^{2+} 、 Zn^{2+} 和 Cu^{2+} 则可抑制乙酰酯酶酶活性。本研究结果提示,在向反刍动物日粮中添加外源酶制剂时,应对瘤胃内环境所能提供的温度、酸碱度、瘤胃液中各种金属离子浓度等因素加以考虑,否则添加酶制剂并不一定能有效提高反刍家畜饲料中能量的利用效率。

参 考 文 献

- [1] Tenkanen M, Schuseil J, Puls J, et al. Production, purification and characterization of an esterase liberating phenolic acids from lignocellulosics[J]. Journal of Biotechnology, 1991, 18: 69-84
- [2] White B A, Mackie R I, Doerner K C. Enzymatic hydrolysis of forage cell wall [C]//Jung H G, Buxton D R, Hatfield R D, et al, eds. Forage Cell Wall Structure and Digestibility. Wisconsin: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 1993:455-484
- [3] Bartolomé B, Faulds C B, Kroon P A, et al. An *aspergillus niger* esterase (ferulic acid esterase III) and a recombinant *Pseudomonas fluorescens* subsp *cellulosa* esterase (XylD) release a 5-5' ferulic dehydrodimer (diferulic acid) from barley and wheat cell walls [J]. Applied and Environmental Microbiology, 1997, 63(1):208-212
- [4] Bhat M K, Hazlewood G P. Enzymology and other characteristics of cellulases and xylanases[C]//Bedford M R, Partridge G G, eds. Enzymes in Farm Animal Nutrition. Wallingford, Oxon, UK: CABI Publishing, 2001:11-60
- [5] Williamson G, Kroon P A, Faulds C B. Hairy plant polysaccharides: a close shave with microbial esterases[J]. Microbiology, 1998b, 144:2011-2023
- [6] 王洪川, 陈洪章. 高产阿魏酸酯酶菌株的筛选及其固态发酵的研究[J]. 食品与发酵工业, 2007, 33(4):11-14
- [7] 张帅兵, 裴小琼, 吴中柳. 黑曲霉阿魏酸酯酶 A 的克隆、表达及快速酶活检测体系的建立[J]. 应用与环境生物学报, 2009, 15(2):276-279
- [8] Sancho A I, Faulds C B, Bartolomé B, et al. Characterisation of feruloyl esterase activity in barley [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1999, 79:447-449
- [9] Rumbold K, Biely P, Mastihubová M, et al. Purification and properties of a feruloyl esterase involved in lignocellulose degradation by *Aureobasidium pullulans* [J]. Applied and Environmental Microbiology, 2003, 69:5622-5626
- [10] Christakopoulos P, Mamma D, Kekos D, et al. Enhanced acetyl esterase production by *Fusarium oxysporum* [J]. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 1999, 15:443-446
- [11] Chungool W, Thongkam W, Raweesri P, et al. Pinphanichakarn, P. production, purification, and characterization of acetyl esterase from *Streptomyces* sp. PC22 and its action in cooperation with xylanolytic enzymes on xylan degradation [J]. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 2008, 24(4):549-556
- [12] 曹阳春, 杨红建, 沈博通. 一株高产纤维素降解酶耗牛瘤胃厌氧真菌分离株的筛选与 18S rDNA 分子生物学鉴定[J]. 中国农业大学学报, 2010, 15(3):70-74
- [13] Yue Qun, Yang Hong-jian, Li Da-hong, et al. A comparison of HPLC and spectrophotometrical methods to determine the activity of ferulic acid esterase in commercial enzyme products and rumen contents of steers[J]. Animal Feed Science and Technology, 2009, 153:169-177
- [14] Colombatto D, Morgavi D P, Furtado A F. Screening of exogenous enzymes for ruminant diets: Relationship between biochemical characteristics and *in vitro* ruminal degradation [J]. Journal of Animal Science, 2003, 81:2628-2638.
- [15] Mackenzie C R, Bilous D. Ferulic Acid Esterase-Activity from *Schizophyllum commune* [J]. Applied and Environmental Microbiology, 1988, 54:1170-1173
- [16] Topakas E, Kalogeris E, Kekos D, et al. Production and partial characterisation of feruloyl esterase by *Sporotrichum thermophile* in solid-state fermentation [J]. Process Biochemistry, 2003, 38:1539-1543
- [17] Koseki T, Furuse S, Iwano K, et al. Purification and characterization of a feruloyl esterase from *Aspergillus awamori* [J]. Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 1998, 62:2032-2034
- [18] Williamson G, Vallejo J. Chemical and thermal stability of ferulic acid esterase-III from *Aspergillus niger* [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 1997, 21: 163-167
- [19] Rumbold K, Biely P, Mastihubova M, et al. Purification and

- properties of a feruloyl esterase involved in lignocellulose degradation by *Aureobasidium pullulans* [J]. Applied and Environmental Microbiology, 2003, 69: 5622-5626
- [20] Topakas E, Stamatis H, Biely P, et al. Purification and characterization of a feruloyl esterase from *Fusarium oxysporum* catalyzing esterification of phenolic acids in ternary water-organic solvent mixtures [J]. Journal of Biotechnology, 2003b, 102: 33-44
- [21] Topakas E, Stamatis H, Biely P, et al. Purification and characterization of a type B feruloyl esterase (StFAE-A) from the thermophilic fungus *Sporotrichum thermophile* [J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2004, 63(6): 686-690
- [22] Wang Xiao-kun, Geng Xin, Egashira Y, et al. Purification and characterization of a feruloyl esterase from the intestinal bacterium *Lactobacillus acidophilus* [J]. Applied and Environmental Microbiology, 2004, 70: 2367-2372
- [23] Shin H D, Chen R R. Production and characterization of a type B feruloyl esterase from *Fusarium proliferatum* NRRL 26517 [J]. Enzyme and Microbial Technology, 2006, 38: 478-485
- [24] Yue Qun, Yang Hong-jian, Cao Yang-chun, et al. Feruloyl and acetyl esterase production of an anaerobic rumen fungus *Neocallimastix* sp. YQ2 effected by glucose and soluble nitrogen supplementations and its potential in the hydrolysis of fibrous feedstuffs [J]. Animal Feed Science and Technology, 2009, 154: 218-227
- [25] Blum D L, Li Xin-liang, Chen Hui-zhong, et al. Characterization of an acetyl xylan esterase from the anaerobic fungus *Orpinomyces* sp. strain PC-2 [J]. Applied and Environmental Microbiology, 1999, 65(9): 3990-3995
- [26] Halgasova N, Kutejova E, Timko J. Purification and some characteristics of the acetyl xylan esterase from *Schizophyllum commune* [J]. Biochemical Journal, 1994, 298: 751-755
- [27] Degrassi G, Okeke B C, Bruschi C V, et al. Purification and characterization of an acetyl xylan esterase from *Bacillus pumilus* [J]. Applied and Environmental Microbiology, 1998, 64: 789-792
- [28] Basaran P, Hang Yong-deng. Purification and characterization of acetyl esterase from *Candida guilliermondii* [J]. Letters in Applied Microbiology, 2000, 30: 167-171

(责任编辑: 苏燕)

· 科研简讯 ·

我校“果蔬加工教育部工程研究中心”接受专家验收

2010年12月23日,受教育部委托,中国农业大学组织专家对“果蔬加工教育部工程研究中心”进行了现场验收。专家组在听取了由中心主任胡小松教授作的中心建设总结报告并现场考察研究平台,现场质疑和充分讨论后一致同意通过验收。

2006年,依托于中国农业大学,整合果蔬加工领域的研究力量,建设了果蔬加工教育部工程研究中心。中心主要任务是:以我国果蔬加工产业发展战略需求为目标,整合果蔬加工领域的基础研究与产业技术研究力量,开展果蔬加工共性核心技术研究,开发市场潜力大、附加值高的果蔬加工产品,为我国果蔬加工产业的快速发展提供技术支撑;全面而系统地研究我国果蔬加工产业的产品标准、技术与工艺规范,提升我国果蔬加工产业的标准水平,加快与国际接轨;开展国际合作,加强学术与技术交流,加速国外同类先进技术的引进、消化、吸收和创新;推动学科交叉,培养产业发展需求的科技创新人才及管理人才;开展果蔬加工产业发展战略研究,为国家、行业和相关领域的发展提供信息和咨询服务。

经过几年建设,中心已经成为一个具有良好的工程技术研究条件和工程技术转化的能力,并广泛服务于社会。目前,中心开展了工程化项目11项,解决关键工程技术问题6项,完成新工艺、新产品开发4项,为34家企业提供服务,为国家多部委、北京及各省市食品工业发展提供了战略规划,与地方共建葡萄酒庄(堡)5个,建设网络平台1个。中心在果蔬加工产业发展战略与食品安全技术研究、葡萄与葡萄酒研究、果蔬现代加工技术与工程研究等多个领域取得了显著成果。

(摘自中国农大校园网)