

来源于嗜热古细菌 *Pyrococcus furiosus* 乳糖酶基因的原核表达及酶学性质分析

段文娟¹, 杨娇艳^{1,2}, 李卓夫^{1,3}, 张伟¹, 张志芳¹

(1. 中国农业科学院生物技术研究所, 北京 100081; 2. 华中师范大学生命科学学院, 武汉 430079;
3. 长春理工大学生命科学技术学院, 长春 130022)

摘要:以嗜热古细菌 *Pyrococcus furiosus* 的基因组 DNA 为模板,通过 PCR 克隆获得乳糖酶基因 *celB*。将 *celB* 基因插入到表达载体 pET-30a(+) 上构建原核重组表达质粒 pET-*celB*,转化大肠杆菌 BL21,阳性转化子在 28℃ 下经 IPTG 诱导 4 h 后进行 SDS-PAGE 电泳和酶活性测定,结果表明 *celB* 基因在大肠杆菌中获得高效表达,乳糖酶基因 *celB* 表达的乳糖酶蛋白 CELB 分子质量约为 58kDa。CELB 是耐高温酶,其酶促反应最适温度为 105℃,在 95℃ 至 110℃ 之间热稳定性较好;pH5.0 时该乳糖酶水解活力最高,在 pH5.0 ~ 10.0 之间,pH 稳定性较好,该酶对金属离子依赖性不强。

关键词:乳糖酶;嗜热古细菌;酶学性质;原核表达

中图分类号:Q786 文献标识码:A 文章编号:1008-0864(2008)02-0076-06

Expression of β -Galactosidase from *Pyrococcus furiosus* in *E. coli* and Analysis of Lactase Properties

DUAN Wen-juan¹, YANG Jiao-yan², LI Zhuo-fu³, ZHANG Wei¹, ZHANG Zhi-fang¹

(1. Biotechnology Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081;

2. College of Life Sciences, Huazhong Normal University, Wuhan 430079;

3. College of Life Sciences Technology, Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022, China)

Abstract: The lactase gene from *Pyrococcus furiosus* was studied in this experiment. The cloned gene was expressed in *Escherichia coli* and the properties of lactase were determined. *celB* gene was amplified by PCR and subsequently cloned, then ligated to the pET-30a(+) vector. The recombinant plasmid pET-*celB* was transformed into *E. coli* BL21. The positive transformants were induced at 28℃ for four hours by IPTG. SDS-PAGE analysis and lactase activity assay showed that *celB* gene was over-expressed in *E. coli*. The molecular weight of the recombinant expressed lactase CELB was about 58 kDa. CELB is a thermostable lactase. The optimum temperature was 105℃ and better heat stability was achieved between 90℃ to 110℃. The optimum pH value was 5.0 and better pH stability was gained from pH 5.0 to 10.0. It is concluded that the lactase has a very weak dependence on metal ions.

Key words: lactase; *Pyrococcus furiosus*; lactase properties; prokaryotic expression

乳糖酶(lactase)学名 β -半乳糖苷酶(β -D-半乳糖苷半乳糖水解酶, β -D-galactoside galactohydrolase, EC 3.2.1.23)。该酶能将乳糖水解为半乳糖和葡萄糖,并具有半乳糖苷的转移作用^[1],可用来生产低聚半乳糖。低聚半乳糖是人类肠道双歧杆菌的增殖因子,具有改善肠道的微生态平衡、脂质代谢和矿物元素吸收利用等多种

生理功能,可广泛应用在食品、医药、饲料等领域。目前已成为乳糖酶应用研究的一大热点。

当前用于牛乳中乳糖分解的商品化乳糖酶主要是来源于乳酸酵母的中性乳糖酶,这类酶的作用温度低,为防止杂菌污染,低乳糖奶生产中采用冷藏条件(4~8℃)水解,如果要达到50%以上的水解率,需要水解2~15h,制冷能耗高,生产

收稿日期:2008-01-28;修回日期:2008-03-12

基金项目:国家“863”计划(2006AA020201)和中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助。

作者简介:段文娟,硕士研究生,主要从事微生物分子生物学研究。通讯作者:张伟,副研究员,博士,从事微生物工程研究。Tel: 010-62136470;E-mail:zwcaas@hotmail.com

周期长,卫生要求严格^[2]。相比这下,高温乳糖酶在工业应用中具有明显的优点,如水解温度高,酶反应速度快,酶用量低,反应时间短等。例如,50℃以上温度水解有助于防止牛乳中常见杂菌的生长,生产中可与巴氏杀菌同时进行或冷却阶段保温水解。此外,由于在高温条件下乳糖酶的转糖苷反应进行更彻底,低聚半乳糖的转化率较高,因此高温乳糖酶在生产低聚半乳糖方面的应用也越来越受到重视^[3]。

一些嗜热菌是高温、中性乳糖酶的主要来源菌^[4],本试验选择了来源于嗜热古细菌的乳糖酶基因进行了原核表达并对其酶学性质进行了研究。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 菌种和质粒 嗜热古细菌(*Pyrococcus furiosus*)8422,由中国农业科学院生物技术研究所张志芳研究员馈赠;大肠杆菌 JM109、BL21 为本实验室保存;pBluescript SK(+)载体购自 Promega 公司;pET-30a(+)载体购自 Novagen 公司。

1.1.2 试剂 *Taq* Plus DNA 聚合酶购自上海生物工程公司;低分子量标准蛋白购自北京全式金生物公司;IPTG 购自 Promega 公司;底物邻硝基苯酚- β -D 半乳糖苷(ONPG)购自 Pierce 公司;其他化学试剂均为国产分析纯。

1.2 乳糖酶基因 *celB* 的克隆

根据已发表的基因序列设计引物,并在两个引物的5'端分别引入 *Sma*I、*Not*I 位点(下划线表示,外侧带有保护碱基)。引物序列为:*Celb*f1: 5'-tcctcccgATGAAGTTCCCAAAAACTTC-3';*Celb*f2: 5'-ataagaatgcggcgcCTACTTTCCTGTAAACAAAT-3',以基因组 DNA 为模板,用 *Taq* Plus DNA 聚合酶扩增乳糖酶基因 *celB*,并分别用 *Sma*I、*Not*I 双酶切 PCR 片段和载体 pBluescript SK(+),回收酶切片段并连接转化,测序鉴定阳性克隆重组质粒,命名为 pSK-*celB*。

重组质粒 pSK-*celB* 经 *Sma*I、*Not*I 双酶切,回收约 1.4 kb 的片段(*celB* 基因),以 *Eco*RV、*Not*I 双酶切原核表达载体 pET-30a(+)并回收。16℃连接,电击转化大肠杆菌 JM109。酶切鉴定筛选原核重组表达质粒,命名为 pET-*celB*。

1.3 *celB* 基因在大肠杆菌中的诱导表达

将重组表达质粒 pET-*celB* 及空载体 pET-30a(+)分别转化大肠杆菌 BL21,酶切鉴定正确后,接种于 LB-kan 液体培养基,37℃摇床培养。加入 IPTG(终浓度 0.4 mmol·L⁻¹) 在 28℃诱导培养,超声波破碎细胞,取上清液和菌体悬液进行 SDS-PAGE 检测及酶活性测定。

1.4 乳糖酶酶液的富集和纯化

将 pET-*celB* 转 BL21 单菌落接种于 40 mL LB-kan 液体培养基,37℃摇床培养过夜。按 2% 体积转接于 500 mL LB-kan 液体培养基,摇床培养至 OD₆₀₀≈0.6~0.8,按 0.2% 加入 IPTG,18℃ 200 rpm 诱导过夜,用磷酸缓冲液重悬菌体,超声波破碎细胞,离心收集上清。通过亲和层析柱(NI-NTA)进行蛋白纯化。

1.5 酶活性的测定^[5]

邻硝基苯酚- β -D 半乳糖苷(ONPG)溶于 0.1 mol·L⁻¹磷酸缓冲液(pH5.0)配制成 0.25% (w/v)的底物溶液。取 200 μ L 酶液与 800 μ L 底物溶液混和,80℃保温 15 min,加入 1 mL 1 mol·L⁻¹ Na₂CO₃显色,测定 420 nm 光吸收值。计算水解产物邻硝基酚(ONP)的含量和酶活性。酶活力单位定义:一个酶活单位(U)即在 80℃ pH5.0 下每分钟将 ONPG 分解为 1 μ mol 邻硝基酚(ONP)所需的酶量。

1.6 酶学性质分析

1.6.1 乳糖酶的最适 pH 测定及 pH 稳定性测定

分别配制 pH3.6~10.0 的 pH 系列缓冲液,将底物 ONPG 溶于 pH 系列缓冲液中(0.25%),并将乳糖酶原液用相应的 pH 缓冲液稀释,在 80℃条件下,测定不同 pH 下的乳糖酶活性,各设 3 个平行,并绘制最适 pH 曲线。

先用不同的 pH 缓冲液将原酶液稀释,37℃放置 60 min,然后置于冰上。将 pH 调至 5.0 后,再用 pH5.0 的缓冲液稀释至适当倍数,同时取一未处理的样品作对照。绘制 pH 稳定性曲线。

1.6.2 乳糖酶的最适温度测定及热稳定性测定

设定温度梯度(70℃、75℃、80℃、85℃、90℃、95℃、100℃、105℃、115℃、120℃、125℃、130℃、135℃、145℃),每个处理设 3 个平行,测定 pH5.0

下各温度条件的酶活,并绘制最适温度曲线。

设定温度梯度(90℃,100℃,110℃,120℃,130℃,140℃),对酶预处理10 min,在80℃ pH 5.0条件下,测定经不同温度处理的稀释酶液的酶活性,各设3个平行,同时取一未经处理的稀释样品作正对照,以计算其他各处理样品的相对酶活力。以温度为横坐标,以相对酶活力为纵坐标作热稳定性曲线。

1.6.3 金属离子和相关化学试剂对乳糖酶活性的影响 80℃,pH5.0条件下,在酶促反应中加入不同的金属离子和相关化学试剂(终浓度为1 mmol·L⁻¹),研究其对乳糖酶活性的影响,各设3个平行。以未加金属离子和化学试剂的稀释酶液为正对照,计算其他各处理样品的相对酶活力。

1.6.4 乳糖酶的K_m和V_{max}的测定 80℃,pH5.0条件下,用不同浓度的ONPG底物([S])测定OD₄₂₀值。按双倒数作图法(Lineweaver-Burk法)将米氏方程改写为:

$$\frac{1}{v} = \frac{K_m}{V_{max}} \times \frac{1}{[S]} + \frac{1}{V_{max}}$$

根据酶活性标准曲线函数计算不同的[S]对应的v,求出二者的倒数,以1/v对1/[S]作图绘出直线,横轴截距为1/K_m,K_m = -1/x;纵轴截距为1/V_{max},V_{max} = 1/y。

2 结果与分析

2.1 含celB基因的原核重组表达质粒pET-celB的构建

将PCR扩增得到的celB基因片段通过两步克隆插入到pET-30a(+)中,构建重组表达质粒,并用EcoRV,XhoI双酶切鉴定重组子,产生800 bp和6 kb两条DNA片段,酶切结果与预期相符,由此筛选得到阳性原核重组表达质粒pET-celB。

2.2 celB基因在大肠杆菌中的表达

重组质粒pET-celB转化大肠杆菌BL21后经诱导培养,SDS-PAGE(蛋白胶浓度为12%)分析结果显示(如图1),乳糖酶基因celB获得高活性表达,蛋白质分子质量约58 kDa(箭头所示),与理论分子质量一致。将乳糖酶蛋白命名为CELB。

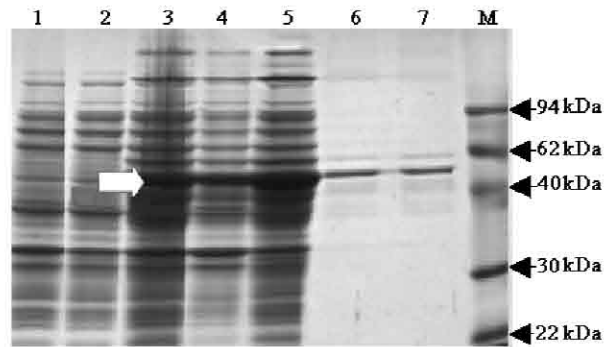


图1 pET-celB在BL21中诱导后的SDS-PAGE分析

Fig.1 SDS-PAGE analysis of proteins expressed in *E. coli* BL21.

1. 28℃,经0.4 mmol·L⁻¹ IPTG诱导4 h后含空载体pET30a(+)的大肠杆菌裂解液; 2. 28℃,含重组质粒pET-celB未经IPTG诱导的大肠杆菌裂解液; 3. 28℃,经0.4 mmol·L⁻¹ IPTG诱导4 h后含重组质粒pET-celB的大肠杆菌裂解液; 4. 28℃,经0.4 mmol·L⁻¹ IPTG诱导4 h后含重组质粒pET-celB的大肠杆菌超声波破碎离心沉淀; 5. 28℃,经0.4 mmol·L⁻¹ IPTG诱导4 h,含重组质粒pET-celB的大肠杆菌超声波破碎后离心,上清液; 6. 含重组质粒pET-celB的大肠杆菌破碎后离心上清液经NTA-80(含80 mmol·L⁻¹咪唑)洗脱收集液; 7. 含重组质粒pET-celB的破碎后上清液经NTA-100(含100 mmol·L⁻¹咪唑)洗脱收集液; M. 低分子量标准蛋白。

1. *E. coli* cells lysates containing pET30a(+) induced by 0.4 mmol·L⁻¹ IPTG for 4h at 28°C; 2. Uninduced *E. coli* cells lysates containing pET-celB at 28°C; 3. *E. coli* cells lysates containing pET-celB 4 h after inducing with 0.4 mmol·L⁻¹ IPTG at 28°C; 4. Precipitation of *E. coli* cells containing pET-celB induced by 0.4 mmol·L⁻¹ IPTG for 4h at 28°C. The induced *E. coli* cells are broken by ultrasonic; 5. Supernatant of *E. coli* cells containing pET-celB induced by 0.4 mmol·L⁻¹ IPTG for 4h at 28°C. The induced *E. coli* cells are broken by ultrasonic; 6. Eluate containing pET-celB washing by NTA-80 buffer (containing 80 mmol·L⁻¹ imidazole); 7. Eluate containing pET-celB washing by NTA-100 buffer (containing 100 mmol·L⁻¹ imidazole); M. Low molecular weight protein marker.

2.3 酶学性质测定结果

2.3.1 乳糖酶最适pH测定 在80℃条件下,测定不同pH条件下CELB的活性,酶的最适pH曲线见图2。结果表明,pH5.0时酶活性最高,并且在pH4.5~6.0之间,该酶均保持80%以上的活性。

2.3.2 乳糖酶pH稳定性测定 结果见图3。CELB蛋白pH稳定性较好,在pH5.0~10.0之间相对酶活力均在80%以上,尤其在pH5.0~8.0

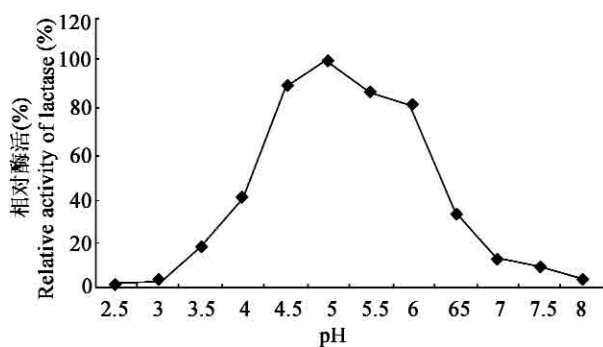


图2 乳糖酶 CELB 最适 pH 曲线

Fig. 2 The optimum pH curve of lactase CELB.

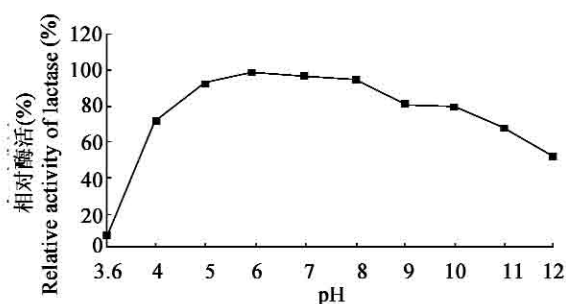


图3 乳糖酶 CELB 的 pH 稳定性曲线

Fig. 3 The curve of pH stability of lactase CELB.

范围内其相对酶活更在 90% 以上,在 pH4 和 pH12 时,其相对酶活仍达到 55% 以上。

2.3.3 乳糖酶的最适温度 如图 4 所示,CELB 最适温度为 105℃,在 95 ~ 110℃ 之间相对酶活均在 80% 以上,120℃ 时仍可达到最高酶活的 54.6%。

2.3.4 乳糖酶的热稳定性测定 CELB 热稳定性较好,90 ~ 110℃ 处理 10 min,相对酶活仍在 96% 以上,120℃、130℃ 处理后,酶活有所降低,但相对酶活仍达到 70% 以上(见图 5)。

2.3.5 金属离子和相关化学试剂对乳糖酶活性的影响 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Ga^{2+} 、 Zn^{2+} 和 SDS 对乳糖酶有明显的激活作用,其中以 Fe^{2+} 效果最明显,相对酶活达到 283%; K^+ 、 Mg^{2+} 对酶有一定的抑制作用,但总的来说影响不大,对酶的影响在 5% ~ 10%;EDTA 对酶的影响也不大。推测 CELB 酶促反应不依赖金属离子。

2.3.6 乳糖酶的 K_m 和 V_{max} 值 用 0.1 mol · L⁻¹ pH5.0 磷酸缓冲液配制不同浓度的 ONPG 溶液,按酶活测定程序测定稀释酶液在 80℃ 下的 OD₄₂₀ 值,并计算 [S] 及其对应的 v ,求出二者的倒数,作 v 对 [S] 的曲线以及 $1/v$ 对 $1/[S]$ 的直线,如图 7。

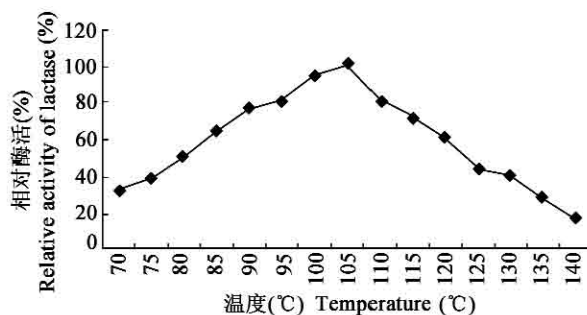


图4 乳糖酶 CELB 的温度曲线

Fig. 4 The optimum temperature curve of lactase CELB.

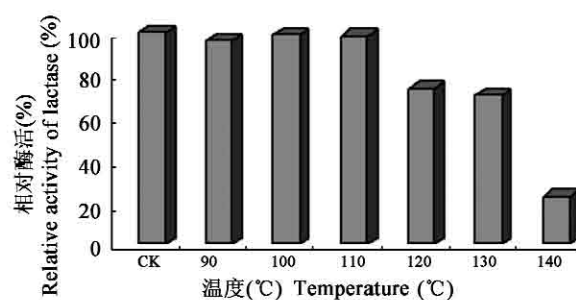


图5 乳糖酶 CELB 的热稳定性曲线

Fig. 5 The curve of thermal stability of lactase CELB.

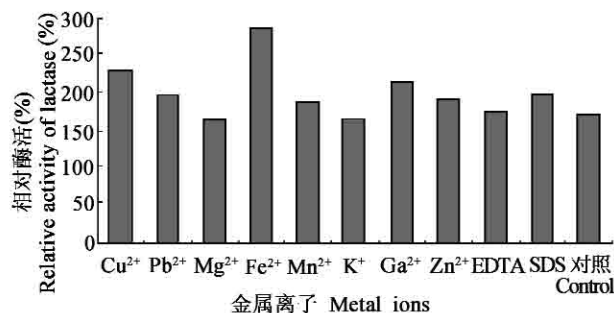


图6 金属离子和相关化学试剂对乳糖酶活性的影响

Fig. 6 The effect of metal ions and chemical reagent to lactase activity.

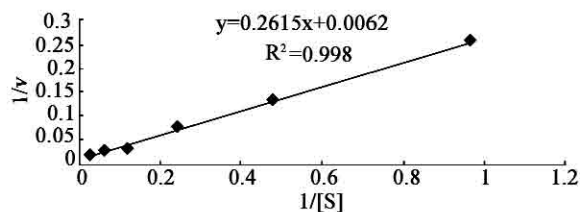


图7 乳糖酶 CELB 水解 ONPG 的动力学曲线

Fig. 7 Lineweaver-Burk plots of lactase CELB on ONPG.

由图 7 所得函数式,计算出 $K_m = 42.19 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_{max} = 161.29 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1}$

3 讨论

商业用乳糖酶目前多来自克鲁维酵母及曲霉属,而目前阻碍乳糖酶用于工业用催化剂的原因主要是酶的稳定性问题。解决的方法主要是采用酶的固定化和从极端微生物中筛选高温乳糖酶。利用固定化酶进行反应,由于生产过程较长容易造成微生物的污染,而采用嗜热微生物来源酶,反应温度较高可以限制嗜温微生物的生长,从而解决污染难题^[6]。

不同来源的耐高温乳糖酶,其酶学性质上也可能存在很大差异。

陈卫等^[7]将一种来源于嗜热脂肪芽孢杆菌的耐热 β -半乳糖苷酶基因克隆至大肠杆菌系统并得到高效表达,发现该酶最适反应温度为55℃,最适pH为7.0,在50℃时具有良好的热稳定性。 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Mn^{2+} 等对酶有一定的激活作用,而重金属盐如 Pb^{2+} 、 Sn^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 等对酶有一定抑制作用。但是当温度达到60℃时,酶反应速度明显下降,酶失活较明显,且pH反应范围较窄,在pH<6.0和pH>8.0时酶活迅速下降。

史应武等^[8]从101株低温菌中发现了1株产高温 β -半乳糖苷酶的菌株,鉴定为乳球菌*Lactococcus* sp.。该菌株所产高温 β -半乳糖苷酶的最适pH为6.5,最适作用温度为50℃,65℃时相对酶活为总酶活的19%,在30~60℃范围内,具有较好的稳定性。金属离子中 Mg^{2+} 可增强酶活,而 Hg^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Mn^{2+} 则抑制酶活。经测定,该酶 K_m 值为96.8 mmol·L⁻¹,具高温酶特性。但是,超过50℃后酶活力急速下降,在60℃时相对活力下降到30%以下。

Wanarska等^[6]将来源于*Pyrococcus woesei*的嗜热乳糖酶基因在大肠杆菌中获得表达,该酶最适温度为85℃,最适pH 6.6。硫醇类化合物、 Mg^{2+} 可增强酶的活性,重金属离子 Co^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 使酶的活性降低。

Moracc等^[9]将古细菌*Sulfolobus solfataricus*的耐热 β -半乳糖苷酶基因在酿酒酵母中获得了表达。研究发现,该耐热 β -半乳糖苷酶在90℃以上具有最佳活力。将原酶与在酵母中表达的乳糖酶比较,发现在耐热性方面很相似,在75℃温育2h后可达到100%的活力;在亲热性方面,两者在

37℃至90℃范围内酶活力均呈上升趋势。

另外,Ulrich等^[10]从*Thermus aquaticus*中克隆了一个耐热乳糖酶基因,Harada等^[11]在*Saccharopolyspora rectivirgula*中获得了一种耐热多金属 β -半乳糖苷酶,并进行了二价金属离子对酶活性影响的研究。Vian等^[12]将来源于*Thermus* sp. T2菌株的乳糖酶基因在大肠杆菌中获得了表达。

本实验的乳糖酶基因来源于嗜热古细菌*Pyrococcus furiosus*,此酶与其他来源的高温乳糖酶相比具有优良的酶学特性。在耐热性方面,最适温度达到105℃^[13,14],属于极耐高温酶,与已报道的高温乳糖酶相比,此酶的耐热温度最高。在95~110℃之间相对酶活性均在80%以上,甚至到120℃时仍保持最高酶活的54.6%;在热稳定性方面,90℃,110℃分别处理10 min后,相对酶活仍在96%以上;同时该酶具有很好的耐碱性,在pH 5.0~8.0范围内其相对酶活均在90%以上;金属离子对酶的影响不大,说明该酶对金属离子的依赖性不强,这一结果也表明此酶在牛奶加工中具有应用潜力。酶高额的纯化费用是工业生产和分析中的一大限制因素,同时也为了避免污染,我们可以利用该酶优良的耐热性,通过后期的热处理来进行酶的纯化,既省时又降低了支出。

总之,CELB良好的热稳定性和pH稳定性以及对金属离子依赖较小这些特性,为扩展乳糖酶的应用范围提供了很好的基因来源,同时为利用真核表达系统进行高效分泌表达奠定了技术基础。

参 考 文 献

- [1] 张树政. 酶制剂工业(下册)[M]. 北京:科学出版社,1984, 818-819.
- [2] Roberts H R, Pettinati J D. Oligosaccharide production, concentration effects in the enzymatic conversion of lactose to oligosaccharides[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 1957, 5(2): 130-134.
- [3] Hirata H, Neqora S, Okada H. High production of thermostable β -galactosidase of *Bacillus stearothermophilus* in *Bacillus subtilis*[J]. Applied and Environmental Microbiology, 1985, 6: 1547-1549.
- [4] 秦燕,宁正祥. β -半乳糖苷酶的应用研究进展[J]. 广州食品工业科技, 2001, 16(3): 38-42.
- [5] 张伟,姚斌,王磊,等. 来源于*Aspergillus candidus*的乳糖酶基因的克隆及序列分析[J]. 生物工程学报, 2002, 18(5): 566-571.
- [6] Wanarska M, Kur J, Pladzyk R, et al. Thermostable *Pyrococcus woesei* β -D-galactosidase: high level expression, purification

- tion and biochemical properties[J]. *Acta Biochimica Polonica*, 2005, 52(4):781-787.
- [7] 陈卫,张灏,丁霄霖.一种高温乳糖酶的酶学性质及对牛乳中乳糖的水解[J].*中国乳品工业*,2002,30(6):15-18.
- [8] 史应武,娄恺,常玮,等.一株产高温 β -半乳糖苷酶低温菌株及其酶学性质研究[J].*食品与发酵工业*,2007,33(2):56-58
- [9] Moracel M,La Volpe A,Pulitzer J F, *et al.*. Expression of the thermostable β -galactosidase gene from the archaeobacterium *Sulfolobus solfataricus* in *Saccharomyces cerevisiae* and characterization of a new inducible promoter for heterologous expression[J]. *Journal of Bacteriology*,1992,174(3):873-882.
- [10] Ulrich J T, Mcfeters G A, Temple A K L. Induction and characterization of β -gala-ctosidase in an extreme thermophile[J]. *Biol. Chem.*,1972,110(2):691-698.
- [11] Harada M, Inoharag M, Nakao M, *et al.*. Divalent metal ion requirements of a thermostable multimetal β -Galactosidase from *Saccharopolyspora rectivirgula*[J]. *J. Biol. Chem.*, 1994,269(35):22021-22026.
- [12] Vian A, Carrascosa A V, Garcia J L, *et al.*. Structure of the β -galactosidase gene from *Thermus* sp. strain T2: expression in *Escherichia coli* and purification in a single step of an active fusion protein [J]. *Applied and Environmental Microbiology*, 1998, 64(6):2187-2191.
- [13] Kengen S, Luesink E, Stams A, *et al.*. Purification and characterization of an extremely thermostable β -glucosidase from the hyperthermophilic archaeon *Pyrococcus furiosus* [J]. *Eur. J. Biochem.*, 1993, 213:305-312.
- [14] Pouwels J, Moracci M, Cobucci-Ponzano B, *et al.*. Activity and stability of hyperthermophilic enzymes: a comparative study on two archaeal β -glycosidases [J]. *Extremophiles*, 2000, 4: 157-164.

【新书推介】



《动物及动物产品标识技术与可追溯管理》

陆昌华 王长江 胡肄农 编著 中国农业科学技术出版社

出版日期: 2007.12

I S B N: 9787802334632

定 价: 90.00 元

开 本: 16 开

页 数: 304 页

随着人们生活水平的提高,在对动物性食品需求量不断增加的同时,对食品安全也提出了更高要求,畜产品安全已成为国际社会关注的焦点之一。目前,影响畜产品安全的主要问题是疫病、兽药和有害物质残留,而这些安全隐患可发生在饲料生产及畜禽饲养、运输、畜产品加工等多个环节。党中央、国务院高度重视重大动物疫病防控和食品质量安全工作。2007年出台的中央一号文件指出,要建立和完善动物标识和疫病可追溯体系。《动物防疫法》和《畜牧法》对动物标识和疫病可追溯体系建设,以及加强对动物和动物产品全程监管、确保畜产品安全也提出了明确要求,农业部也制定了相应的管理办法。

很多国家的实践证明,建立动物标识和疫病可追溯体系,是查清疫情源头并彻底切断传播途径,加强对畜产品生产全过程监管,有效防控重大动物疫病,确保畜产品安全的有效途径。《动物及动物产品标识技术与可追溯管理》一书,系统介绍了国外畜产品安全管理技术,动物二维条码和条形码耳标、RFID射频电子标识和网络技术,国外动物标识和疫病可追溯体系发展情况,以及近年来作者研究成果和国内在动物及动物产品可追溯系统建设方面的进展。该书的出版,对广大读者全面了解动物标识和疫病可追溯体系的重要意义,促进我国动物标识和疫病可追溯体系建设,具有重要参考价值。