

# 高水解率低乳糖奶的制备及糖类分析

## Preparation of low lactose milk with high hydrolysis rate and analysis of sugar

伍桃英<sup>1,2</sup> 程云辉<sup>1</sup> 赵良忠<sup>2</sup> 欧阳林<sup>3</sup> 许宙<sup>1</sup>

WU Tao-ying<sup>1,2</sup> CHENG Yun-hui<sup>1</sup> ZHAO Liang-zhong<sup>2</sup> OUYANG Lin<sup>3</sup> XU Zhou<sup>1</sup>

(1. 长沙理工大学化学与生物工程学院, 湖南长沙 410076; 2. 邵阳学院食品与化学工程学院,

湖南邵阳 422000; 3. 邵阳学院第二附属医院普外科, 湖南邵阳 422000)

(1. College of Chemistry and Biology Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha, Hunan 410076, China; 2. College of Food and Chemistry Engineering, Shaoyang University, Shaoyang, Hunan 422000, China; 3. Department of General Surgery, Second Affiliated Hospital of Shaoyang University, Shaoyang, Hunan 422000, China)

**摘要:**以乳糖水解率为考察指标,通过响应面法优化低乳糖奶的水解工艺,确定酶法生产低乳糖奶的最佳条件为:酶与底物比例([E]/[S])1.50‰、水解温度 38.15 °C,水解时间 3.0 h,该条件下制备的低乳糖奶的乳糖水解率达 92.67%,且经高效液相色谱法(HPLC)检测发现有 14.02%的低聚糖存在,说明 $\beta$ -半乳糖苷酶既能水解乳糖,又有转糖苷的作用。

**关键词:**低乳糖奶; $\beta$ -半乳糖苷酶;水解;转糖苷;HPLC

**Abstract:** To determine the optimum conditions for the production of low lactose milk by enzyme method, the hydrolysis process of low lactose milk was optimized by the response surface method, with the hydrolysis rate of lactose as an index. The results were as follows: the ratio of enzyme to substrate ([E]/[S]) was 1.50‰, and the hydrolysis was undertaken at 38.15 °C for 3.0 h. Under these conditions, the lactose hydrolysis rate of low lactose milk was 92.67%. Moreover, 14.02% of the oligosaccharides were detected by HPLC detection, which showed  $\beta$ -galactosidase could hydrolysis lactose and turn glycosidic.

**Keywords:** low lactose milk;  $\beta$ -galactosidase; hydrolysis; turn glycosidic; HPLC

牛乳富含蛋白质、脂肪、乳糖、矿物质以及多种维生素,是自然界赋予人类最理想的天然食品之一<sup>[1]</sup>。乳糖是乳类中特有的碳水化合物,牛乳中乳糖含量为 4.6%~5.0%,占总糖量的 99%以上<sup>[2]</sup>。正常生理条件下,乳糖经小肠内乳糖酶作用,水解为葡萄糖和半乳糖才能被人体吸收,但是当人

体内乳糖酶缺乏或活力不够时,摄入含乳糖的乳制品易发生乳糖吸收不良甚至乳糖不耐症,这是制约乳及乳制品消费的主要原因之一<sup>[3]</sup>。 $\beta$ -半乳糖苷酶能将牛乳中的乳糖水解成葡萄糖、半乳糖<sup>[4]</sup>。目前酶法水解乳糖制备低乳糖奶的方法有 2 种:①采用低温长时水解法,即在线添加乳糖酶后,采用 4~6 °C 水解 12~20 h;②采用高温短时水解法,即采用中高温酶,在 30~40 °C 水解 2~4 h。马夫侠<sup>[5]</sup>、秦立虎<sup>[6]</sup>、常忠义<sup>[7]</sup>、王辉<sup>[8]</sup>等采用这 2 种方法对低乳糖奶的制备进行了研究,但其乳糖水解率大多在 60%~70%,只能一定程度上缓解乳糖不耐受症状。因此,采用 $\beta$ -半乳糖苷酶制备高水解率低乳糖奶,对满足乳糖不耐症患者的消费需求及促进中国乳品工业的发展仍具有十分重要的意义。本研究拟以乳糖水解率为考察指标,利用游离的 $\beta$ -半乳糖苷酶对牛乳中的乳糖进行水解,通过响应面优化,确定高水解率低乳糖奶水解的最佳工艺,并采用 HPLC 对低乳糖奶中的糖类进行分析,以期高水解率低乳糖奶工业化生产提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

全脂奶粉:湖南亚华乳业有限公司;  
Lactozyme:3 000 U/mL,诺维信(中国)生物技术有限公司;

Maxilact:3 000 U/mL,帝斯曼食品配料公司;  
K3-T:5 000 U/g,山东天赐国际贸易有限公司;  
Lactose F:300 U/g,日本天野酶制品株式会社;  
葡萄糖试剂盒:上海科欣技术研究所;

葡萄糖、半乳糖、乳糖:色谱纯,西格玛奥德里奇(上海)贸易有限公司;

试验用水为实验室自制蒸馏水。

### 1.2 主要仪器设备

高效液相色谱仪:Waters600 型,沃特世科技(上海)有限

**基金项目:**湖南省科技攻关项目(编号:2009NK3090);湖南省科技厅项目(编号:2015GK2065)

**作者简介:**伍桃英,女,邵阳学院讲师,硕士。

**通信作者:**许宙(1983—),男,长沙理工大学讲师,博士。

E-mail: xz\_jnu@126.com

**收稿日期:**2017-12-08

公司;

可见分光光度计: SpectrumLab 22PC 型, 上海棱光技术有限公司;

台式 pH 计: Delta320 型, 上海君达仪器仪表有限公司;

电子分析天平: FA2004N 型, 上海精密科学仪器有限公司;

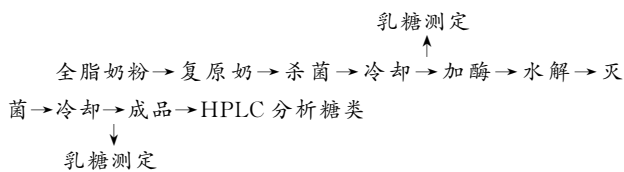
可调式移液枪(20~200 μL): Finnpiptette 型, 热电(上海)仪器有限公司;

电热恒温干燥箱: CS202 型, 重庆实验设备厂;

数显恒温水浴锅: HH 型, 江苏金坛市金城国胜实验仪器厂。

1.3 试验方法

1.3.1 低乳糖奶的制备工艺



1.3.2 操作要点

(1) 配制复原乳: 由于牛奶中乳糖含量为 4.6%~5.0%, 此次研究采用全脂奶粉按照 1:7 (g/mL) 的复水比配制成复原乳, 乳糖及其水解率的测定采用碘量法<sup>[9]</sup>, 按式(1)计算乳糖水解率。

$$\alpha = \frac{V_1 c_s - V_2 c_s}{V_0 c_0 - V_1 c_s} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

$\alpha$ ——乳糖水解率, %;

$c_0$ ——单质碘标准溶液的浓度, mol/L;

$V_0$ ——测定时准确移取的单质碘的体积, mL;

$c_s$ —— $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  溶液的浓度, mol/L;

$V_1$ 、 $V_2$ ——酶解前、后牛奶滤液消耗  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  的体积, mL。

(2) 酶活测定: 采用葡萄糖氧化酶试剂盒法<sup>[10]</sup>。

(3) 乳糖水解: 复原乳经 95 °C/15 s 杀菌后冷却到适宜温度, 以一定比例添加乳糖酶, 于恒温水浴振荡器中水解一定时间。

1.3.3 HPLC 法检测牛奶中的糖类 采用高效液相色谱仪对牛奶中的乳糖、葡萄糖、半乳糖及低聚半乳糖进行定量检测, 样品经 12 000 r/min 离心后直接检测, 具体的 HPLC 条件<sup>[11]</sup>:

(1) 检测葡萄糖、半乳糖的 HPLC 条件: Sugar-Pak I (6.5 mm×300 mm) 色谱柱; 流动相: 纯水; 检测器灵敏度: 4; 柱温: 85 °C; 流速: 0.4 mL/min; 进样体积: 5 μL。

(2) 检测乳糖、低聚半乳糖的 HPLC 条件: Hpersil APS (4.6 mm×250 mm) 色谱柱; 流动相: 乙腈/水(75/25); 检测器灵敏度: 4; 柱温: 30 °C; 流速: 1.0 mL/min; 进样体积: 10 μL。

样品中葡萄糖、半乳糖、乳糖及低聚半乳糖分别按式(2)~(5)计算:

$$c_1 = \frac{S_1}{S_{10}} \times c_{10} \quad (2)$$

$$c_2 = \frac{S_2}{S_{20}} \times c_{20} \quad (3)$$

$$c_3 = \frac{S_3}{S_{30}} \times c_{30} \quad (4)$$

$$c_4 = \frac{S_4}{S_{40}} \times c_{40} \quad (5)$$

式中:

$c_1$ 、 $c_2$ 、 $c_3$ 、 $c_4$ ——样品中葡萄糖、半乳糖、乳糖、低聚半乳糖的浓度, mg/mL;

$c_{10}$ 、 $c_{20}$ 、 $c_{30}$ 、 $c_{40}$ ——标样中葡萄糖、半乳糖、乳糖、低聚半乳糖的浓度, mg/mL;

$S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ 、 $S_4$ ——样品中葡萄糖、半乳糖、乳糖、低聚半乳糖的峰面积, mV·min;

$S_{10}$ 、 $S_{20}$ 、 $S_{30}$ 、 $S_{40}$ ——葡萄糖、半乳糖、乳糖、低聚半乳糖标样的峰面积, mV·min。

2 结果与讨论

2.1 制备低乳糖奶的工艺研究

$\beta$ -半乳糖苷酶的酶活采用葡萄糖氧化试剂盒测定, 酶活见表 1。

Lactase F 乳糖酶为酸性乳糖酶, 在中性的鲜乳或复原乳中酶活不高; Lactozyme、Maxilact、K3-T 均为中性乳糖酶, 其中 Lactozyme、K3-T 在 40、45 °C 酶活较高且活性相当, 适用于牛乳中乳糖的分解, 但 K3-T 较 Lactozyme 价格高昂, 因此, 综合选择酶活较高、价格较低的 Lactozyme 乳糖酶作为制备低乳糖奶的游离酶种。在单因素试验的基础上, 以  $[E]/[S]$ 、水解温度及时间为因素, 以乳糖水解率为响应值, 采用响应面法<sup>[12-14]</sup>(RSA) 寻求酶解最优工艺参数, RSA 试验设计与结果分别见表 2、3。

表 1 4 种  $\beta$ -半乳糖苷酶的酶活

Table 1 The enzyme activities and prices of three kinds of  $\beta$ -galactosidase

$\beta$ -半乳糖苷酶名称	单位	理论酶活	实测酶活			
			30 °C	35 °C	40 °C	45 °C
Lactozyme	(U/mL)	3 000	2 101.28	2 686.18	4 375.87	4 397.54
Maxilact	(U/mL)	3 000	2 664.52	2 989.46	3 162.76	2 967.79
K3-T	(U/g)	5 000	3 509.36	4 115.92	4 419.20	4 419.20
Lactase F	(U/g)	300	238.29	281.61	433.25	433.35

表 2 RSA 试验因素水平

Table 2 Experimental factors and levels of RSA

水平	A [E]/[S]/%	B 水解温度/℃	C 水解时间/h
-1	1.00	35.00	2.00
0	1.25	40.00	2.50
1	1.50	45.00	3.00

表 3 RSA 试验结果

Table 3 Experimental results of RSA

编号	A	B	C	乳糖水解率/%
1	0	1	1	63.69
2	1	-1	0	83.40
3	0	-1	-1	69.01
4	1	0	-1	82.77
5	1	1	0	58.99
6	1	0	1	90.95
7	0	1	-1	61.81
8	0	-1	1	80.59
9	0	0	0	85.77
10	-1	-1	0	71.89
11	0	0	0	86.20
12	0	0	0	86.73
13	0	0	0	86.25
14	-1	1	0	58.99
15	-1	0	1	85.91
16	-1	0	-1	78.82
17	0	0	0	85.20

采用 Design Expert 8.0.5B 软件对 RSA 试验结果进行二次回归分析,得到方程:

$$\alpha = 84.89 + 3.98A - 0.80B + 4.50C + 0.12AB + 1.95AC + 0.82BC - 2.78A^2 - 11.79B^2 - 1.08C^2 \quad (6)$$

对该模型进行回归方差分析,结果见表 4。由表 4 可知,该模型显著、失拟项不显著,  $R^2$  为 0.987 3,调整确定系数  $R^2_{adj}$  为 0.971 0,说明此模型能较好分析响应值的变化。

为了进一步研究相关变量之间的交互作用并确定最优点,通过 Design-Expert 绘制响应面曲线图进行可视化分析,以水解率( $\alpha$ )作为响应值,分别作水解温度与水解时间、[E]/[S]与水解温度、[E]/[S]与水解时间关系图,结果见图 1~3。

图 1 反映了在 [E]/[S] 为 1.25‰ 时,水解温度与时间对乳糖水解率影响的响应面曲线。由图 1 可知,同一温度下,乳糖水解率随着水解时间的增加而增大;相同 [E]/[S] 与水解时间下,乳糖水解率与水解温度呈抛物线变化。当 [E]/[S] 为 1.25‰、水解温度为 37.5~40.0 °C、水解时间为 3.0 h 时,乳糖水解率最高可达 90.65%。

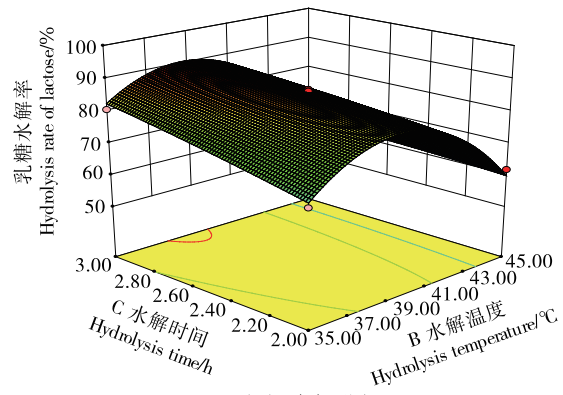
图 2 反映了在水解时间为 2.5 h 的条件下,[E]/[S] 和水解温度对乳糖水解率的影响。由图 2 可知,随着 [E]/[S] 的提高,乳糖水解率随之增大;同一 [E]/[S] 条件下,乳糖水解

表 4 RSA 方差分析†

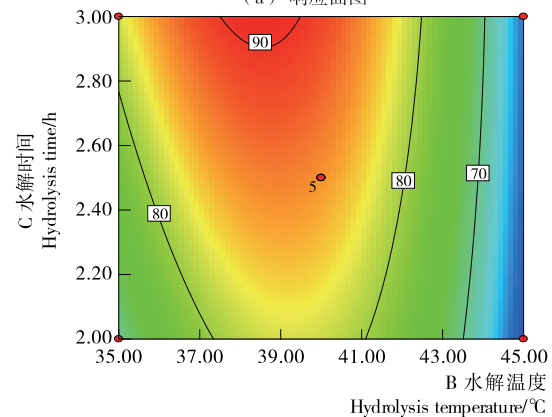
Table 4 ANOVA for response surface quadratic model

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	1 891.96	9	210.22	60.46	< 0.000 1	**
A	52.53	1	52.53	15.11	0.006 0	**
B	471.40	1	471.40	135.57	< 0.000 1	**
C	103.18	1	103.18	29.67	0.001 0	**
AB	33.12	1	33.12	9.53	0.017 7	*
AC	0.30	1	0.30	0.09	0.778 6	
BC	23.52	1	23.52	6.76	0.035 4	*
A <sup>2</sup>	3.70	1	3.70	1.06	0.336 6	
B <sup>2</sup>	1 184.84	1	1184.84	340.75	< 0.000 1	**
C <sup>2</sup>	0.97	1	0.97	0.28	0.613 7	
残差	24.34	7	3.48			
失拟项	23.02	3	7.67	23.18	0.050 4	
纯误差	1.32	4	0.33			
总变异	1 916.30	16				

† \* 表示差异显著 ( $P < 0.05$ ); \*\* 表示差异极显著 ( $P < 0.01$ );  $R^2 = 0.987 3, R^2_{adj} = 0.971 0, R^2_{pred} = 0.900 6, C.V. = 2.41\%$ 。



(a) 响应面图



(b) 等高线图

图 1 水解温度与时间对乳糖水解率影响的响应面与等高线图 ([E]/[S]=1.25‰)

Figure 1 Response surface and contour plots surface of the effects of hydrolysis temperature and time on the hydrolysis rate of lactose

率与温度呈抛物线变化趋势。当 [E]/[S] 为 1.5‰、水解温度为 37.5~40.0 °C 时,乳糖水解率可达 89.13%。

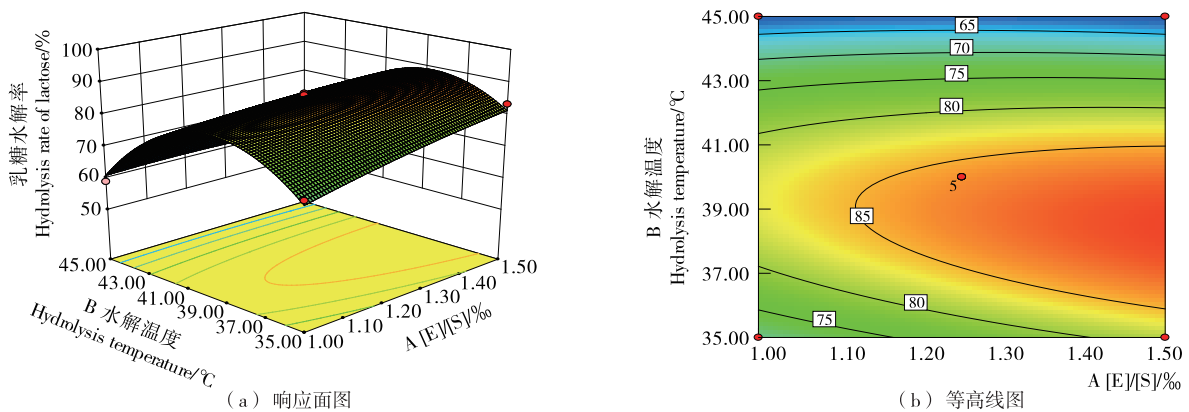


图2 [E]/[S]与水解温度对乳糖水解率影响的响应面与等高线图(水解时间 2.5 h)

Figure 2 Response surface and contour plots surface of the effects of [E]/[S] and Hydrolysis Temperature on the hydrolysis rate of lactose

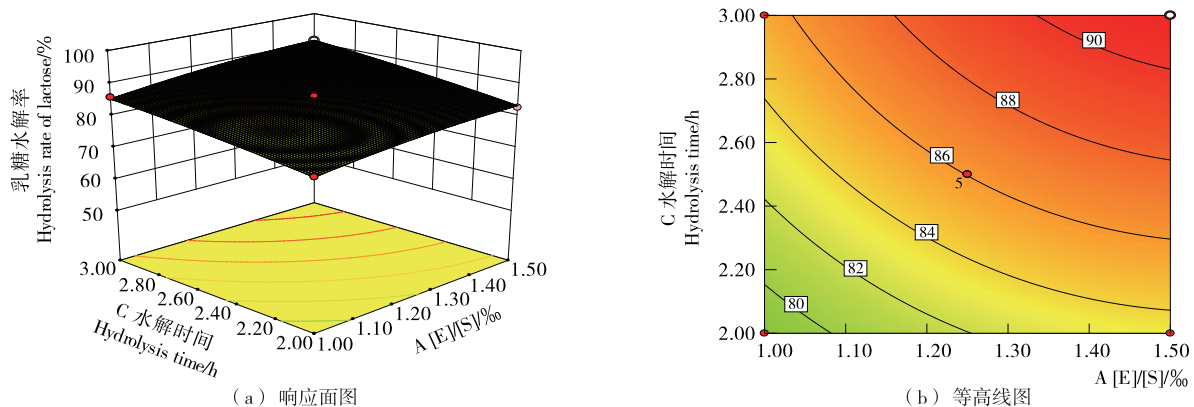


图3 [E]/[S]与水解时间对乳糖水解率影响的响应面与等高线图(水解温度 40 °C)

Figure 3 Response surface and contour plots surface of the effects of [E]/[S] and hydrolysis time on the hydrolysis rate of lactose

图3反映了在水解温度为40 °C条件下,[E]/[S]与水解时间对乳糖水解率的影响。由图3可知,同一温度下,水解相同时间,乳糖水解率随着[E]/[S]的增加而增大;同一[E]/[S]条件下,乳糖水解率与水解时间呈正相关。当[E]/[S]为1.5‰、水解时间为3.0 h时,乳糖水解率最高可达91.04%。

通过 Design Expert 软件分析,得出水解牛乳中乳糖的最佳工艺条件为:[E]/[S]为1.5‰、水解温度38.06 °C、水解时间3.0 h。在此条件下3组平行验证实验的平均得率为92.67%,与软件估测值93.55%相近,说明实际情况与优化结果能良好吻合。

### 2.2 HPLC 法分析乳中的糖类

低乳糖奶采用 RSA 得到的最佳工艺制备,复原乳与低乳糖奶样品于95 °C杀菌5 min,冷却后12 000 r/min离心,用HPLC直接检测。

2.2.1 样品中乳糖、葡萄糖、半乳糖 在检测葡萄糖、半乳糖的HPLC条件下,首先对乳糖(RT)、葡萄糖(PTT)、半乳糖(BRT)3个标样进行检测,得到的色谱图见图4,各个标样对应的保留时间、峰面积与浓度数值见表5。复原乳与低乳糖奶中乳糖、葡萄糖、半乳糖的HPLC图见图5、6。

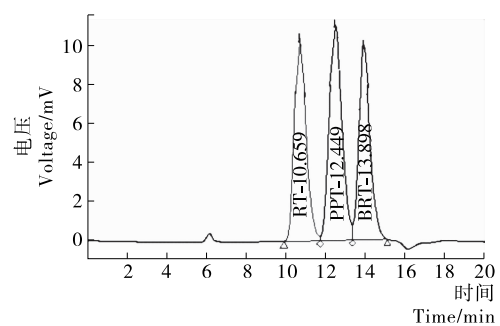


图4 标样的色谱图

Figure 4 Chromatogram of standard samples

表5 标样的检测结果

Table 5 The test results of standard samples

名称	保留时间/ min	峰面积/ (mV · min)	面积百分 比/%	峰高	数值/ (mg · mL <sup>-1</sup> )
RT	10.659	431 769	32.82	10 357	5.93
PTT	12.449	498 034	37.86	11 015	5.74
BRT	13.898	385 703	29.32	9 986	4.98

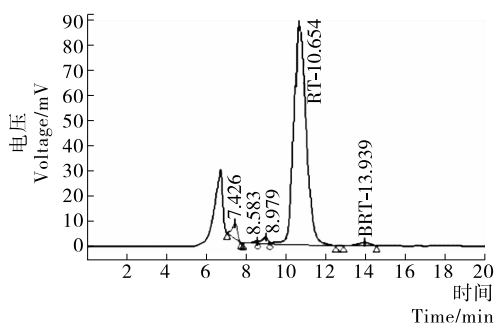


图 5 复原乳中糖类的 HPLC 图

Figure 5 The HPLC diagrams of various sugars in milk

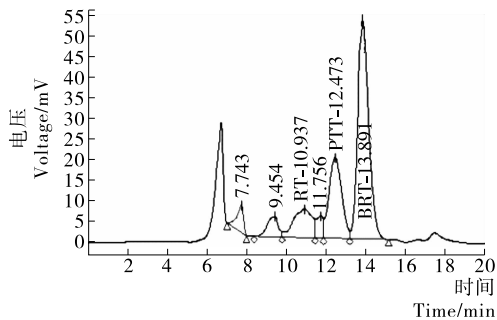


图 6 低乳糖奶中糖类的 HPLC 图

Figure 6 The HPLC diagrams of various sugars in low-lactose milk

由图 5、6 可知,复原乳中的糖类主要是乳糖,含量为 52.343 mg/mL,不含葡萄糖,半乳糖的含量极微,浓度为 0.626 mg/mL;而低乳糖奶中的乳糖、葡萄糖、半乳糖的含量分别为 6.086,9.964,26.101 mg/mL,说明复原乳中近 90% 的乳糖被  $\beta$ -半乳糖苷酶水解,生成了葡萄糖、半乳糖;但乳糖、葡萄糖、半乳糖的总和小于 100%,说明还有其他糖生成。

2.2.2 样品中乳糖、低聚半乳糖 由于乳糖在水解过程中除生成葡萄糖、半乳糖之外,还生成了其他糖,在此对低聚半乳糖进行研究。在检测乳糖、低聚半乳糖的 HPLC 条件下对低聚半乳糖对照品标样进行检测,结果见图 7 和表 6。

由图 8、9 可知,复原乳中 93.05% 的糖是乳糖,通过 HPLC 还检测出了另外 3 种糖,其含量合计为整个糖类的 6.95%;而低乳糖奶中的乳糖、低聚半乳糖的含量分别为整个糖类的 3.04% 和 14.02%,其余为单糖。说明  $\beta$ -半乳糖苷酶有转糖苷的作用,可生成功能性低聚糖。

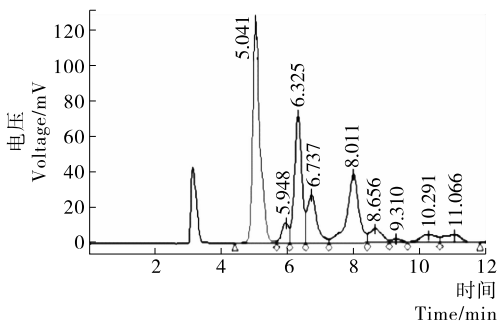


图 7 低聚半乳糖对照品标样的色谱图

Figure 7 Chromatogram of galacto-oligosaccharide reference standard samples

表 6 低聚半乳糖对照品标样的检测结果<sup>†</sup>  
Table 6 Results of galacto-oligosaccharide reference standard samples

名称	保留时间/min	峰面积/(mV·min)	面积百分比/%
单糖	5.041	1 901 481	35.42
低聚半乳糖组分	5.948	175 219	3.26
乳糖	6.325	1 161 748	21.64
低聚半乳糖组分	6.737	542 246	10.1
低聚半乳糖组分	8.011	975 412	18.17
低聚半乳糖组分	8.656	220 390	4.11
低聚半乳糖组分	9.310	54 075	1.01
低聚半乳糖组分	10.291	169 071	3.15
低聚半乳糖组分	11.066	168 507	3.14

<sup>†</sup> 对照品中保留时间 6.325 min 的峰为乳糖,保留时间为 5.948, 6.737 min 及以后出峰的为低聚半乳糖组分的峰。

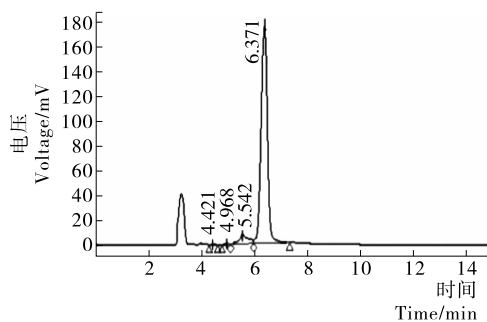


图 8 复原乳中糖类的 HPLC 图

Figure 8 The HPLC diagrams of various sugars in reconstituted milk

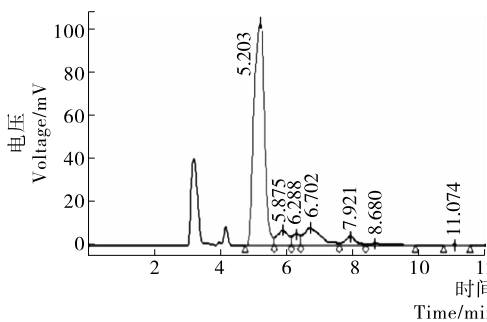


图 9 低乳糖奶中糖类的 HPLC 图

Figure 9 The HPLC diagrams of various sugars in low lactose milk

### 3 结论

本试验采用 Lactozyme 制备高水解率低乳糖奶,通过响应面确定最佳条件为:[E]/[S] 1.50%、水解温度 38.06 °C、水解时间 3.0 h,在此条件下制备的低乳糖奶的乳糖水解率高达 92.67%,较前人<sup>[15]</sup>研究的乳糖水解率提高了 20%~30%;通过 HPLC 分析,证明了复原乳中 90% 以上的乳糖被  $\beta$ -半乳糖苷酶水解,同时在自制的低乳糖奶中有 14.02% 的低聚半乳糖生成,说明了  $\beta$ -半乳糖苷酶既能水解乳糖,又有转糖苷的作用。

(下转第 212 页)

(上接第 184 页)

- [41] GAZIN M, LAMMENS C, GOOSSENS H, et al. Evaluation of GeneOhm VanR and Xpert vanA/vanB molecular assays for the rapid detection of vancomycin-resistant enterococci[J]. European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases: Official Publication of the European Society of Clinical Microbiology, 2012, 31(3): 273-276.
- [42] CEKIN Y, ERMAN DALOGLU A, OGÜNÇ D, et al. Evaluation of vancomycin resistance 3 multiplexed PCR assay for detection of vancomycin-resistant enterococci from rectal swabs[J]. Annals of Laboratory Medicine, 2013, 33(5): 326-330.
- [43] 李坚, 王艾琳, 徐蕾. 葡萄球菌快速药敏试验方法的建立[J]. 现代预防医学, 2012(14): 3 617-3 619, 3 626.
- [44] 欧维正, 骆科文, 王燕, 等. 基因芯片和比例法药物敏感性试验检测结核分枝杆菌对利福平和异烟肼耐药性的比较研究[J]. 检验医学, 2013(5): 404-407.
- [45] NAAS T, CUZON G, BOGAERTS P, et al. Evaluation of a DNA microarray (Check-MDR CT102) for rapid detection of

TEM, SHV, and CTX-M extended-spectrum  $\beta$ -lactamases and of KPC, OXA-48, VIM, IMP, and NDM-1 carbapenemases[J]. Journal of Clinical Microbiology, 2011, 49(4): 1 608-1 613.

- [46] BOGAERTS P, CUZON G, EVRARD S, et al. Evaluation of a DNA microarray for rapid detection of the most prevalent extended-spectrum  $\beta$ -lactamases, plasmid-mediated cephalosporinases and carbapenemases in Enterobacteriaceae, Pseudomonas and Acinetobacter[J]. International Journal of Antimicrobial Agents, 2016, 48(2): 189-193.
- [47] 朱健铭, 姜如金, 吴康乐, 等. 全基因组测序法分析肺炎克雷伯菌 JM45 株对喹诺酮类药物耐药基因[J]. 中华医院感染学杂志, 2014(10): 2 341-2 344.
- [48] 王登峰. 奶牛乳腺炎金黄色葡萄球菌耐药基因检测、分子分型和耐甲氧西林菌株全基因组测序[D]. 北京: 中国农业大学, 2016: 49-58.
- [49] 车洁, 陈霞, 李娟, 等. 细菌耐药性检测技术方法及其应用[J]. 疾病监测, 2017(9): 757-763.

(上接第 199 页)

本试验在乳糖水解中生成了大量的还原性单糖,其羰基与蛋白质在灭菌过程中会发生美拉德反应,导致低乳糖奶产生非酶褐变,故需对低乳糖奶的褐变及其抑制进行后续研究。

#### 参考文献

- [1] 顾瑞霞. 乳与乳制品的生理功能特性[M]. 北京: 中国轻工出版社, 2000: 1-60.
- [2] 李凤林, 崔福顺. 乳及发酵乳制品工艺学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007: 18-21.
- [3] 赵显峰, 荫士安. 乳糖不耐受以及解决方法的研究动态[J]. 中国学校卫生, 2007, 28(12): 1 151-1 153.
- [4] 龚广予, 李明. 低乳糖牛奶的研制[J]. 乳业科学与技术, 1999(3): 43-46.
- [5] 马夫侠, 张晓东, 秦翠霞. 低乳糖牛奶的工艺参数研究[J]. 食品工业科技, 2002, 23(1): 51-52.
- [6] 秦立虎, 宗青山, 孙艳波, 等. 低乳糖牛奶的研制[J]. 食品与发酵科技, 2003(3): 72-74.
- [7] 常忠义, 王莉, 王海萍, 等. 低乳糖牛奶的研究开发[J]. 食品科

技, 2003(3): 60-62.

- [8] 王辉, 张秀玲. 低乳糖牛奶生产工艺参数的研究[J]. 中国乳品工业, 2006, 34(1): 52-53.
- [9] 伍桃英, 李梦怡, 李亦蔚, 等. 3 种测定乳制品中乳糖含量方法的比较[J]. 食品与机械, 2010, 26(5): 71-74.
- [10] 王子龙, 梅林, 王志耕. 低乳糖牛奶水解率的快速测定[C]// 中国奶业协会 2009 年会议论文集. 北京: 中国乳业, 2009: 153-154.
- [11] 甘宾宾, 蒋世琼. 高效液相色谱法测定乳糖酶水解产物中的糖类[J]. 食品与发酵工业, 2001, 27(12): 39-40.
- [12] 李亚娜, 林永成, 余志刚. 响应面分析法优化羊栖菜多糖的提取工艺[J]. 华南理工大学学报: 自然科学版, 2004, 32(11): 28-32.
- [13] 程云辉, 王璋, 许时婴. 酶解麦胚蛋白制备抗氧化肽的研究[J]. 食品科学, 2006, 27(6): 147-151.
- [14] 项丽丽, 季妮娜, 粘靖祺, 等. 响应面法对乳清中乳糖酶解工艺条件的研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(2): 233-235.
- [15] 孙东跃, 陈历俊. 低乳糖奶的研究进展及应用[J]. 中国食品添加剂, 2012(4): 245-249.

#### 信息窗

### 加拿大卫生部批准 2 种果胶酶

据加拿大卫生部消息, 近日加拿大卫生部发布通告, 更新《许可食品酶列表》, 批准两种果胶酶用于果汁、葡萄酒等商品。

本次新批准的 2 种果胶酶分别源自里氏木霉 RF6197、RF6201, 用于生产纯果汁、葡萄酒、果泥、蔬菜泥、果酱。

据了解, 在此之前, 加拿大卫生部已批准其他类型的

果胶酶用于纯果汁、葡萄酒的生产。

近日, 加拿大卫生部完成了对本次两种果胶酶的安全性评估。加拿大卫生部经过风险评估后认为, 这两种果胶酶用于纯果汁、葡萄酒等食品无安全风险。因此, 更新《许可食品酶列表》, 批准其使用。新规定自 2018 年 2 月 1 日起生效。

(来源: <http://news.foodmate.net>)