文章编号: 1674-8085(2015)06-0029-07

邻香草醛缩胱氨酸双 Schiff 碱的合成及其对粟酒裂 殖酵母细胞生长代谢的热动力学研究

蒋建宏^{1,2},李 旭^{1,2},谷惠文^{3,4},肖圣雄^{1,2},胡钞粟^{1,2},肖碧源^{1,2},汤蒋莹^{1,2}, 王文轩^{1,2},邓媚莹^{1,2},*李强国^{1,2}

(1. 湘南学院化学与生命科学系,湖南,郴州 423043; 2. 湘南稀贵金属化合物及其应用湖南省重点实验室,湖南,郴州 423043;
3. 湖南大学化学化工学院,湖南,长沙 410082; 4. 化学生物传感与计量学国家重点实验室,湖南,长沙 410082)

摘 要:用摩尔比为 2:1 的邻香草醛(C₈H₈O₃)与 L-胱氨酸(C₆H₁₂N₂O₄S₂)反应,合成了一种新的双 Schiff 碱化合物 --双{2-[(3-巯基丙酸钠)-2-亚胺基-甲基]-6-甲氧基-苯酚} (OVCS)。通过元素分析、红外光谱、核磁共振等手段对其 组成和结构进行了表征,确定其化学式为 Na₂(C₂₂H₂₂N₂O₈S₂),采用 TAM air 微量热仪测定了新合成的 Schiff 碱化 合物(OVCS)在 305.15 K 时对粟酒裂殖酵母细胞作用的产热曲线; 根据产热曲线计算了在 OVCS 作用下,粟酒裂 殖酵母细胞生长代谢的最大发热功率 *P_{max}、速率常数 k、*传代时间 *t_G、抑制率 I*和半抑制浓度 *C_{L50}*等热动力学参 数。通过实验可以发现随着 OVCS 浓度的增加,粟酒裂殖酵母细胞的生长代谢速率常数 *k、*生长代谢的总热效应 *Q_{total}、最大发热功率 <i>P_{max}*均减小,抑制率 *I、*达到生长代谢最大功率所需时间 *t_{max}、*传代时间 *t_G*均增加等规律, 半抑制浓度 *C_{L50}* 为 35.99 mg/L(或 9.62×10⁻² mol/L)。实验结果表明,OVCS 对粟酒裂殖酵母细胞有抑制作用,且 浓度越大,抑制作用越强。

关键词: 邻香草醛; L-胱氨酸; 热动力学参数; 粟酒裂殖酵母细胞中图分类号: O641; O633.12文献标识码: A

DOI:10.3969/j.issn.1674-8085.2015.06.007

SYNTHESIS AND THERMOKINETIC STUDY ON THE S.*POMBE* GROWTH METABOLISM OF A NOVEL BIS-SHCIFF BASE DERIVED FROM *O*-VANILLIN AND L-CYSTINE

JIANG Jian-hong^{1,2}, LI Xu^{1,2}, GU Hui-wen^{3,4}, XIAO Sheng-xiong^{1,2}, HU Chao-su^{1,2}, XIAO Bi-yuan^{1,2},

TANG Jiang-ying^{1,2}, WANG Wen-xuan^{1,2}, DENG Mei-ying^{1,2}, ^{*}LI Qiang-guo^{1,2}

(1.Department of Chemistry and Life Science, Xiangnan University, Chenzhou, Hunan 423043, China;

2. Hunan Provincial Key Laboratory of Xiangnan Rare-Precious Metals Compounds and Applications, Chenzhou, Hunan 423043, China;

3. School of Chemistry and Chemical Engineering, Hunan University, Changsha, Hunan 410082, China;

4. State Key Laboratory of Chemo/Biosensing and Chemometrics, College of Chemistry and Chemical Engineering, Changsha, Hunan 410082, China)

权梮日期: 2015-06-06; 修改日期: 2015-09-08
基金项目: 国家自然科学基金项目(21273190); 湖南省科技计划项目(2013FJ3033,2012TP4021-6,2010FJ3053); 湘南学院科研基金项目(2013YJ36;
2014XJ52); 湘南学院大学生研究性学习和创新性实验计划项目(校发[2013]15 号)
作者简介: 蒋建宏(1984-),男,湖南邵阳人,助教,硕士,主要从事生物热化学研究(Email:jiangjianhong927@163.com);
李 旭(1980–),男,湖南郴州人,实验师,硕士,主要从事热化学研究(Email: 51571435@163.com);
谷惠文(1987-), 男, 湖南衡阳人, 博士生, 主要从事分析化学研究(Email: gruyclewee@hnu.edu.cn);
肖圣雄(1975–),男,湖南郴州人,副教授,硕士,主要从事热化学研究(Email:54xsx@163.com);
胡钞粟(1991-), 女, 湖南益阳人, 湘南学院化学与生命科学系应用化学专业 2011 级本科生(E-mail:huchaosu@163.com);
肖碧源(1994–),女,湖南邵阳人,湘南学院化学与生命科学系应用化学专业 2012 级本科生(E-mail:1586769784@qq.com);
汤蒋莹(1995–),女,浙江宁波人,湘南学院化学与生命科学系应用化学专业 2013 级本科生(E-mail:615874992@qq.com);
王文轩(1995–),女,湖南浏阳人,湘南学院化学与生命科学系药学专业 2013 级本科生(E-mail: 1352645558@qq.com);
邓媚莹(1995–),女,湖南湘潭人,湘南学院化学与生命科学系药学专业 2013 级本科生(E-mail 1416146668@qq.com);
*李强国(1963-),男,湖南郴州人,二级教授,主要从事生物热化学研究(Email:liqiangguo@163.com).

Abstract: A novel Schiff base named Bis{2-[(3-mercapto propionic acid sodium-2-ylimino)-methyl]-6methoxy-phenol}(abbreviated as OVCS) was synthesized using 2:1 molar ratio of *o*-vanillin ($C_8H_8O_3$) and L-cystine ($C_6H_{12}N_2O_4S_2$). Elemental analysis, IR and NMR spectroscopy were employed to characterize the composition and structure of OVCS. The analytical results show that the molecular formula of the Schiff base is Na₂($C_{22}H_{22}N_2O_8S_2$). The thermokinetic properties of the action of OVCS on the growth metabolism of *Schizosaccharomyces pombe* were investigated by a TAM air isothermal calorimetry at 305.15 K. Some thermokinetic parameters of growth metabolism of *S. pombe*, such as the maximum heating power (P_{max}), growth rate constant (k), generation time (t_G), inhibition rate (I) and half inhibitory concentration ($C_{I, 50}$) were calculated. Experimental results indicate that the values of k, Q_{total} and P_{max} of *S. pombe* decrease, while the value of I, t_{max} and t_G of *S. pombe* increased with the increase of the concentrations of OVCS. The $C_{I, 50}$ value of OVCS was found to be 35.99 mg/L (or 9.62×10⁻² mol/L). From this work, one can reach a conclusion that OVCS possesses inhibitory effect on the growth metabolism of *S. pombe*, and the greater the concentration, the stronger the inhibition.

Key words: o-vanillin; L-cystine; thermokinetic property; Schizosaccharomyces pombe cell

一直以来,席夫碱抗菌活性方面都是人们关注 和研究的重点^[1]。而邻香草醛具有较好的抗癌抗菌 活性,且邻香草醛席夫碱要比其它席夫碱(如水杨 醛类席夫碱)抗菌抗癌活性更好^[2-4]。此外,L-胱氨 酸与 L-硫氢化氨基丙酸相同,它广泛地应用于医 药、食品、化妆品等方面^[5],具有调节人体营养平 衡、促进新陈代谢、抗癌、抗病毒等功能。有关邻 香草醛席夫碱化合物抗癌抗菌的报道已有很多,但 邻香草醛与 L-胱氨酸双席夫碱化合物的合成与生 物活性还未见报道。将两种具有抗菌活性的物质结 合起来,预测可以加强抗菌效果,对探究新的高效 抗菌药物具有重要意义。

用微量热法已经得到了很多关于药物对微生物作用的相关信息^[6-7],用微量热法研究双{2-[(C3-巯基丙酸钠)-2-亚胺基-甲基]-6-甲氧基-苯酚} (OVCS)对粟酒裂殖酵母细胞的作用还未见报道。 本研究通过微量热法来探究在 305.15 K 时 OVCS 对粟酒裂殖酵母细胞生长代谢的影响。通过对 TAM air 微量热仪的数据进行一系列的处理和分析,进一 步了解 OVCS 对细胞的作用机理,为探究邻香草醛 类席夫碱的药理和探求高效低毒的抗菌抗癌药物 提供理论基础。

1 实验部分

1.1 仪器与试剂

1.1.1 仪器

实验采用 3116-2/3239TAM Air 八通道热导式 等温微量热仪(瑞典 Thermometric AB 公司)。描述 热导式热量计量热的基本方程是建立在 Newton 冷却定律基础之上的 Tian 方程(Eq. 1)^[8]。

 $(dQ/dt)_{t} = C_{p}d(\Delta Ti)/dt + C_{p'}k_{D}(\Delta T_{i})$ (1)

式中 $C_p\Delta T$ 项表示热量积累, C_p 为量热计量热 皿的热容, C_p k_D(ΔT_i)项表示热量的散失。由于量热 计的环境温度恒定,当量热皿外部区域为高热容材 料(如铝散热片)时,即 $C_{p'}>>C_p$,则几乎没有热量 在量热皿积累,热的传导接近完全,此时 Eq.1 变 为: $(dQ/dt)(C_p$ k_D) = $\Delta T_i \rightarrow 0$ 。即在热导式热量计 中温升非常小,要求检测系统有较高的灵敏度。

Bruker 400MHz Advance (瑞士 Bruker 公司), 氘代 DMSO 做溶剂。

PE-2400 元素分析仪(美国 Perkin Elmer 公司)。 1.1.2 材料

邻香草醛[纯度 ≥ 99.0%,北顺(北京)化学科技 有限公司]; L-胱氨酸(纯度 ≥ 99.0%,天津市光复 精细化工研究所);其余试剂均为分析纯;实验用水 为三重蒸馏水。

粟 酒 裂 殖 酵 母 细 胞 (Schizosaccharomyces pombe) 由 西 班 牙 萨 拉 曼 卡 大 学 (University of Salamanca)Faustino Mollinedo 教授惠赠; YES 培养 基: 5.000 g 酵母粉+30.000 g 葡萄糖+0.225 g 亮氨 酸+0.225 g 腺嘌呤+0.225 g 赖氨酸+0.225 g 尿嘧 啶+0.225 g 组氨酸, 溶于 1000 mL 三次蒸馏水中, 于 120 ℃高压灭菌 30 min 后备用。

1.2 实验过程

1.2.1 OVCS 的合成

称取 0.4 g (10 mmol) 氢氧化钠溶于 60 mL 无 水乙醇中,加入 1.2015 g(5 mmol)白色粉末状 L-胱 氨酸,搅拌溶解,转入三颈烧瓶中,再将含有 1.5215 g (10 mmol)邻香草醛 20 mL 无水乙醇溶液逐滴加入 到三颈烧瓶中,40℃搅拌加热回流半小时,抽滤, 再用无水甲醇溶解,抽滤提纯,将抽滤后溶液进行 蒸馏浓缩至出现结晶产物、产品抽滤,用无水乙醇 洗涤数次后,真空干燥,得到黄色固体粉末。

1.2.2 粟酒裂殖酵母细胞及其在 OVCS 作用下生长 代谢热的测定

采用 TAM Air 热导式等温微量热仪测定,实验 方法和操作步骤参见文献^[9]。

2 结果与讨论

2.1 OVCS 的性质、组成及结构

2.1.1 OVCS 的性质及元素分析

OVCS 为黄色固体粉末,在空气中极不稳定, 极易水解,不溶于乙醇、乙醚,易溶于甲醇、乙氰、 丙酮和二甲亚砜等溶剂。对其进行元素分析,数据 表明:测量值与理论值基本一致(结果见表1)。

表1 OVCS 的元素分析

Table 1 Elemental analysis of the OVCS

$N_{0}(C_{1}, H_{1}, N_{1}, O, S_{1})$	Elemental analysis				
$Na_2(C_{22}H_{22}N_2O_8S_2)$	С	Н	Ν	S	
Theoretical values	47.82	4.01	5.07	11.60	
Experimental data	47.86	4.07	5.02	11.54	

2.1.2 OVCS 的红外光谱测定

从图 1 的红外光谱图可知:*o*-vanillin 中出现的 1632.95 cm⁻¹ 处的 C=O 伸缩振动峰和 L-cystine 中出 现的 1590.24 cm⁻¹ 处的-NH₂ 基团的面内变形振动 峰,在 OVCS 中均消失了,而出现了 1636.68 cm⁻¹ 处的 C=N 基团的特征吸收峰,发生了蓝移,说明 C=O 键与-NH₂发生了反应,形成了 C = N 键,确 定生成了 OVCS 化合物。此外,在 L-cystine 中出现 的675.00 cm⁻¹ 处的 C-S 吸收峰在 OVCS 的673.42 cm⁻¹ 处出现,在 L-cystine 中 540.51 cm⁻¹ 处出现的 S-S 伸缩振动峰在 OVCS 的 541.14 cm⁻¹ 处出现,且 Ph-O

的伸缩振动峰在 *o*-vanillin 的 1295.51 cm⁻¹ 处和 OVCS 的 1296.59 cm⁻¹处出现,峰值几乎相同,说 明酚羟基没有发生变化,而在 OVCS 中找不到羧基 峰,羧基峰已经改变,这些均与元素分析结论相同。



synthetic OVCS

2.1.3 OVCS 的核磁谱图

从图 2 的核磁谱图分析数据如下(结构式见图 3): 9.96 (s, 2H, 苯环上酚羟基-OH), 8.40 (s, 2H, 9 号位上氢-N=CH), 6.81-6.99 (m, 4H, 苯环 3、5 号位 上氢), 6.60 (d, *J* = 6.4 Hz, 2H, 苯环 4 号位上氢), 6.00 (t, *J* = 7.7 Hz, 2H, 11 号位上氢=N-CH), 3.73 (dd, *J* = 7.6, 4.4 Hz, 4H, 13 号位上氢-CH₂), 3.64 (s, 6H, 苯环上甲氧基-OCH₃), 而羧基应该是以羧酸盐-COO⁻形式存在^[10], 不是-COOH, 故核磁数据里面 没有对应的-COOH 的质子信号。OVCS 中共有 22 个 H。



Fig.2 ¹H NMR spectra of the ovcs

2.1.4 OVCS 的结构式

结合元素分析、红外谱图分析结果,可确定产物的结构式如下:



图 3 OVCS 的结构式 Fig.3 Structural formula of OVCS

2.2 生物量热实验结果与数据处理

2.2.1 栗酒裂殖酵母细胞的生长代谢热曲线

在 305.15 K 时,保持其它条件不变的情况下, 依次加入不同浓度的 OVCS 溶液到 5 mL 培养基中, 来测定粟酒裂殖酵母细胞的正常生长代谢热谱曲 线,热谱曲线如图 4 所示。



a, 0 mg/L; b, 11.20 mg/L; c, 14.56 mg/L; d, 17.92 mg/L; e, 21.28 mg/L;

f, 24.64 mg/L; g, 28.00 mg/L;h, 41.44 mg/L

图4 在OVCS作用下粟酒裂殖酵母细胞的生长代谢热曲线 Fig.4 Power-time curves for the growth of *S.pombe* affected by different concentrations of OVCS

2.2.2 栗酒裂殖酵母细胞的生长速率常数 k 和传代时间 t_G

从图 4 的生长代谢热曲线可以看出,粟酒裂殖 酵母细胞的的生长期包括停滞期、指数生长期、稳 定期和衰减期等阶段。在粟酒裂殖酵母细胞的指数 生长期^[11]内,其数量增长的数学表达式为:

$$lnp_t = lnp_0 - kt_0 + kt \tag{2}$$

式中, p_t 为粟酒裂殖酵母细胞在 t 时刻的热

输出功率; *k* 为粟酒裂殖酵母细胞在某条件下指数 生长期内的生长数速率常数,其值越大,细胞的生 长代谢速率越快。将生长代谢热曲线上指数生长期 阶段的曲线,用计算机进行线性拟合,可得到在不 同OVCS浓度作用下粟酒裂殖酵母细胞的传热速率 常数 *k*,又由公式 *t*_G=(*ln*2)/*k*,可以算出粟酒裂殖酵 母细胞在不同 OVCS 浓度作用下的传代时间 *t*_G(见 表 2)。

2.2.3 栗酒裂殖酵母细胞的抑制率 I 和半抑制浓度 C_{1.50}

药物对细菌生长代谢过程的抑制率的公式为:

$$I = (K_0 - K_c) / K_0 \times 100\%$$
(3)

式中 K₀ 为粟酒裂殖酵母细胞未受到药物作用 时生长速率常数, K_c 为粟酒裂殖酵母细胞受到浓度 为 c 的药物作用时的生长速率常数。半抑制浓度 C_{1.50},即当抑制率为 50%时所对应的药物浓度。

由公式(3)可计算出粟酒裂殖酵母细胞在不同 OVCS 浓度作用下的抑制率 *I* 和抑制率为 50%时的生长速率常数 (见表 2)。再由 *k* 与 *c* 的关系,求出半抑制浓度 *C*_{1,50}。半抑制浓度的大小表明了药物 对粟酒裂殖酵母细胞的抑制效果。*C*_{1,50} 越小,药物 对粟酒裂殖酵母细胞抑制效果越好,抗菌活性越强。OVCS 对粟酒裂殖酵母细胞的半抑制浓度为 35.99 mg/L。

2.2.4 粟酒裂殖酵母细胞生长的最大产热功率 P_{max}, 最大产热功率时间 t_{max}和总放热量 Q_{total}

从图4的生长代谢产热曲线可以读出最大产热 功率 *P_{max}* 以及最大产热功率时间 *t_{max}*(见表 2),它们 的大小实际上代表了粟酒裂殖酵母细胞生长获得 最大活性时的产热功率以及获得最大活性所需的 时间。总放热量 *Q_{total}* 可直接通过对每条生长代谢 产热曲线的积分得到(见表 2),它的大小反映了不同 OVCS 浓度作用下,粟酒裂殖酵母细胞生长代谢的 强弱情况,*Q_{total}* 越小,说明该浓度下,OVCS 对细 胞生长代谢的抑制作用越强。

2.2.5 生长速率常数 k 与浓度 c 的关系

粟酒裂殖酵母细胞生长代谢速率常数 k 对 OVCS 浓度 c 进行 Logistic 曲线拟合,得到如图 5 所示关系。由图可知,随着 OVCS 浓度的增加,粟 酒裂殖酵母细胞的生长速率常数 k 呈 S 型曲线逐渐 减小,表明 OVCS 对粟酒裂殖酵母细胞有抑制作用。 得到曲线方程为:

$$K = 2.55492 \times 10^{-5} + \frac{6.73129 \times 10^{-5} - 2.55492 \times 10^{-5}}{1 + \left(\frac{C}{18.22907}\right)^{2.10593}}$$
(4)

[0≤c_(OVCS)≤41.44 mg/L]; 相关系数 R=0.99737。

	表 2 305.15 K 时, 粟酒裂殖酵母细胞在不同药物浓度作用下生长期的热动力学参数
Table 2	Thermokinetic parameters of the growth metabolism of S. pombe affected by different concentrations of OVCS at 305.15 K

NO.	$C(_{\rm OVCS})$ /(mg.L ⁻¹)	k/s^{-1}	<i>I</i> (%)	Q_{total}/\mathbf{w}	P_{max}/w	t _{max} /s	t_G /min	R	$C_{I,50}$ /(mg.L ⁻¹)
1	0.00	6.72×10 ⁻⁵	0.00	89.65	1.64×10 ⁻³	76946.28	171.90	0.99	35.99
2	11.20	5.71×10 ⁻⁵	15.03	87.62	1.53×10 ⁻³	87277.66	202.30	0.99	
3	14.56	5.06×10 ⁻⁵	24.70	86.78	1.41×10 ⁻³	97522.54	228.30	0.99	
4	17.92	4.65×10 ⁻⁵	30.80	84.45	1.40×10 ⁻³	117355.36	248.40	0.99	
5	21.28	4.25×10 ⁻⁵	36.76	77.50	1.40×10 ⁻³	133518.33	271.80	0.99	
6	24.64	4.04×10 ⁻⁵	39.88	64.54	1.36×10 ⁻³	154709.04	286.00	0.99	
7	28.00	3.85×10 ⁻⁵	42.71	49.75	1.34×10 ⁻³	170470.87	300.10	0.98	
8	41.44	3.14×10 ⁻⁵	53.27	7.730			338.80	0.99	

c(mg/L), 配合物浓度; *κ*(S⁻¹), 生长速率常数; *I*(%), 抑制率; *Q*_{total}(w), 总放热量; *P*_{max}(w), 最大发热功率; *t*_{max}(S), 达到最大发热功率所需时 间; *t_c*(min), 传代时间; *R*, 线性匹配相关系数。



图 5 粟酒裂殖酵母细胞的生长速率常数 k 与 OVCS 浓度 c 的关系

Fig.5 Rate constants of growth metabolism (*k*) of *S.pombe* with different concentrations of OVCS(*c*)

2.2.6 抑制率 I 与浓度 c 的关系

OVCS 对粟酒裂殖酵母细胞抑制率 *I* 与它的浓度 *c* 的进行 Logistic 曲线拟合,得到如图 6 所示关系。由图可知,随着 OVCS 浓度的增加,OVCS 对粟酒裂殖酵母细胞的抑制率呈 S 曲线增加,表示OVCS 浓度越大,抑制作用越强。得到曲线方程为:

$$K = 61.9676 + \frac{-0.16775 - 61.9676}{1 + \left(\frac{C}{18.22546}\right)^{2.10659}}$$
(5)

 $[0 \le c_{(OVCS)} \le 41.44 \text{ mg/L}];$ 相关系数 R=0.99737。



图 6 OVCS 对粟酒裂殖酵母细胞的抑制率 *I* 与它浓度 *c* 的 关系

Fig.6 Inhibitive rate (*I*) of *S.pombe* with different concentrations of OVCS(*c*)

2.2.7 生长代谢的总热效应 Q_{total} 与浓度 c 的关系

粟酒裂殖酵母细胞生长代谢的总热效应 Q_{total} 对 OVCS 浓度 c 进行 Logistic 曲线拟合,得到如图 7 所示关系。由图 7 可知,随着 OVCS 浓度的增加, 粟酒裂殖酵母细胞生长代谢的总热效应 Q_{total} 呈 S 曲线逐渐减小,表明 OVCS 浓度越大,对粟酒裂殖 酵母细胞的抑制作用就越大。得到曲线方程为:

$$Q_{total} = -2.71425 + \frac{88.70406 - (-2.71424)}{1 + \left(\frac{C}{29.39421}\right)^{5.96013}} \tag{6}$$





図7 来酒表姐醉母细胞主 K 代谢的忘然效应 Q_{total} 与 OVCS 浓度 c 的关系



2.2.8 最大发热功率 Pmax 与浓度 c 的关系

粟酒裂殖酵母细胞的最大发热功率 *P_{max}* 与 OVCS 浓度 *c* 的关系,如图 8 所示。由图 8 可知,OVCS 浓度的增加,使粟酒裂殖酵母细胞的最大发热功率 *P_{max}* 呈下降趋势,表明 OVCS 对粟酒裂殖酵母细胞有 抑制作用。



图 8 栗酒裂殖酵母细胞的最大发热功率 *P_{max}* 与浓度 *c* 的关系 Fig.8 The maximum heating power (*P_{max}*) of *S.pombe* with different concentrations of OVCS(*c*)

2.2.9 达到生长代谢最大功率所需时间 t_{max} 与浓度 c 的关系

粟酒裂殖酵母细胞达到生长代谢最大功率所需时间 *t_{max}*与 OVCS 浓度 *c* 进行 Logistic 曲线拟合,如图 9 所示关系。由图 9 可知,随着 OVCS 浓度的增加,粟酒裂殖酵母细胞达到生长代谢最大功率所需时间 *t_{max}*呈 S 型曲线增大。得到曲线方程为:

$$t_{\max} = 232435.05363 + \frac{77023.00508 - 232435.05363}{1 + \left(\frac{C}{24.78578}\right)^{3.4095}}$$
(7)







2.2.10 传代时间 t_G与浓度 c 的关系

粟酒裂殖酵母细胞传代时间 t_G 与 OVCS 浓度 c 进行 Logistic 曲线拟合,得到如图 10 所示关系。由 图 10 可知,随着 OVCS 浓度的增加,粟酒裂殖酵 母细胞传代时间 $t_G \ge S$ 曲线增加,表明 OVCS 浓度 越大,抑制作用增强。得到曲线方程为:

$$t_G = 372.72502 + \frac{171.35233 - 372.72502}{1 + \left(\frac{C}{21.75944}\right)^{2.43382}}$$
(8)

 $[0 \le c_{(OVCS)} \le 41.44 \text{ mg/L}];$ 相关系数 R=0.99908。



图 10 粟酒裂殖酵母细胞传代时间 t_G 与 OVCS 浓度 c 的关系 Fig.10 The generation time (t_G) of *S.pombe* with different concentrations of OVCS(c)

3 结论

用摩尔比为 2:1 的邻香草醛与 L-胱氨酸反应,

 $[0 \le c_{(OVCS)} \le 41.44 \text{ mg/L}];$ 相关系数 R = 0.99949。

合成了一种新的双 Schiff 碱化合物——双{2-[(3-巯 基丙酸钠)-2-亚胺基-甲基]-6-甲氧基-苯酚} (OVCS),其分子式为 Na₂(C₂₂H₂₂N₂O₈S₂)。用 TAM air 微量热仪探究了新合成的 Schiff 碱化合物(OVCS) 在 305.15 K 时对粟酒裂殖酵母细胞生长代谢的影 响。根据得到的产热曲线进行的一系列分析,结果 显示:随着 OVCS 浓度的增加,生长速率常数 k、 总热效应 Q_{total}、最大发热功率 P_{max} 均减小,而抑制 率 I、最大功率的时间 t_{max}、传代时间 t_G 均增加。 实验表明:在所研究的浓度范围内,OVCS 对粟酒 裂殖酵母细胞的生长都起抑制作用,且随着浓度的 增大,其抑制作用越强,而抑制作用的机理还有待 进一步探究。

参考文献:

- [1] 蒋建宏,李旭,肖圣雄,等.2-{[4-氨基-5-(3,4,5-三甲氧 基-苄基)-嘧啶-2-亚胺基]-甲基}-6-甲氧基-苯酚与酵母 细胞和牛血清白蛋白的相互作用[J].高等学校化学学 报,2014,35:831-838.
- [2] Prabhakaran R,Geetha A, Thilagavathi M, et al. Synthesis, characterization, EXAFS investigation and antibacterial activities of new ruthenium(III) complexes containing tetradentate Schiff base[J]. Inorg Biochem, 2004, 98(12) : 2131-2140.
- [3] Assegid G, Lamprecht I. Microcalorimetric investigations on the influence of propolis on the bacterium micrococcus luteus[J]. Thermochim. Acta, 1997, 290(2) :

155-166.

- [4] Jeewoth T,Bhowon M G,Wah H L K.Synthesis, characterization and antibacterial properties of Schiff bases and Schiff base metal complexes derived from 2,3-diamino- pyridine[J]. Transit. Met. Chem. 1999, 24(4): 445-448.
- [5] 刘善斌、新型过渡金属配合物的合成、表征及应用研究[D]. 青岛:中国海洋大学, 2011.
- [6] 何笃贵,李强国,杨德俊,等. RE(C₇H₅O₃)₂(C₉H₆NO)配合 物抗真菌作用的热动力学研究[J]. 中国稀土学报, 2007, 25:107.
- [7] 肖圣雄,李强国,李旭,等. 镨配合物的热化学及其对酵母菌作用的热动力学研究[J]. 中国科学: 化学, 2010, 40(9):1422-1429.
- [8] 张信连,杨维东,刘洁生,等.稀土元素生物效应中的 Hormesis 现象[J]. 生物技术, 2004, 14: 82-84.
- [9] 杨德俊,李旭,胡吉林,等.烟酸锰配合物 [Mn(C₆H₄NO₂)₂]·2H₂O(s)的合成、生成焓及其对粟酒裂 殖酵母细胞生长代谢的微量热法研究[J].化学学报, 2010,68:2373-2380.
- [10] 李艳,孙绍发,吴鸣虎.过渡金属胱氨酸水杨醛 Schiff 碱 配合物的合成及抑菌活性[J].化学研究,2010,21(6): 26-33.
- [11] 蒋建宏,肖圣雄,王艳兰,等. 1,3-二氨基硫脲对粟酒裂殖 酵母细胞作用的热动力学研究[J]. 山东化工, 2014, 43(11):1-3.