

压力—温度协同作用下华根霉脂肪酶的催化行为研究

Study on catalytic behaviors of *Rhizopus chinensis* lipase under synergic action of high pressure and temperature

陈 刚¹ 缪 铭² 江 波² 冯 磊^{1,2}

CHEN Gang¹ MIAO Ming² JIANG Bo² FENG Biao^{1,2}

(1. 江南大学食品学院, 江苏 无锡 214122; 2. 江南大学食品科学与技术国家重点实验室, 江苏 无锡 214122)

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

2. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

摘要:研究了高压处理中压力和温度对华根霉脂肪酶的活力和稳定性的影响,并利用活性酶↔变性酶的双态模型考察了酶的热变性,并构建压力—温度二元相图。研究结果表明:在 0.1~200.0 MPa 时,华根霉脂肪酶活力随压力提升而增加,其中在压力 200 MPa 时酶活达到最高值,是常压下初始酶活的 116%;当压力超过 200 MPa 时,酶活开始降低,尤其在 400~600 MPa 范围内迅速降低。压力—温度协同作用下华根霉脂肪酶的加工稳定性数据显示,在 200 MPa、40 °C 下酶热稳定性最佳,压力超 350 MPa 时酶热稳定性显著降低。
关键词:高压;脂肪酶;温度;酶活;热稳定性;催化行为;双态模型

Abstract: The effects of pressure and temperature on the activity and the stability of *Rhizopus chinensis* lipase during high hydrostatic pressure treatment were studied. Based on the two-state model, the thermal denaturation of the enzyme was investigated and the isokineticity diagram was obtained. Within 0.1~200.0 MPa the enzyme activity increased with the pressure and the maximum activity was achieved at 200 MPa, which was 116% of that at atmospheric pressure. The activity began to decrease at pressure above 200 MPa and this tendency accelerated upon the pressure superior to 400 MPa. The high pressure treatment did not modify the optimal temperature of the enzyme. The enzyme exhibited the highest stability when it was treated at 200 MPa and 40 °C. Its stability declined obviously when it was treated under pressure above 350 MPa. The above behavior could be explained by the isokineticity diagram.

Keywords: high hydrostatic pressure; lipase; temperature; relative activity; thermostability; catalytic behavior; two-state model

高静压(高压)技术是一种非热加工技术,有利于很好地保持和改善食品的功能和品质^[1]。高压技术的一项典型应用是灭菌^[2],20 世纪 90 年代国外就有高压处理果汁、肉制品等产品面市。高压处理也能够钝化食品内源酶,这一特性已被尝试应用于食品加工和保藏中。超高压灭菌的效果受环境因素如温度、pH、离子强度等的影响,有关此方面的研究已有相当积累^[3]。环境因子的影响也体现在高压处理对酶活性和稳定性的影响^[4],特别是温度对酶的催化活性具有重要作用。

高压环境对酶的活力能产生重要的影响^[4-5],这一现象可用于诱导调节酶活,脂肪酶可作为典型实例来研究^[6]。脂肪酶属于丝氨酸水解酶类,能够打断酯键而水解酯类,在微水的有机环境中则能催化醇、酸合成酯的反应,近年来非水相合成成为了酶工程的热点^[7]。研究^[8-9]发现某些脂肪酶经高压处理后活力有所提高,而有些脂肪酶则不存在此现象。本研究拟以华根霉脂肪酶(*R. chinensis* lipase, RCL)为研究对象,考察其在压力—温度协同处理下的催化特性和稳定性变化,以期调控与食品相关的酶类的催化行为提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

华根霉脂肪酶:1 100 U/mg,泰兴一鸣公司;
酚酞、95%乙醇、聚乙烯醇、氢氧化钠、三羟甲基氨基甲烷(Tris)、盐酸等:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;
橄榄油:国药集团化学试剂有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

超高压实验设备:MICRO FOODLAB FPG5740 型,英国 Standard Fluid Power 公司;
循环水浴系统:HAAKE SC 100 型,美国 Thermo Scien-

基金项目:教育部博士点基金(编号:20130093110010)

作者简介:陈刚,男,江南大学在读博士研究生。

通信作者:冯磊(1953—),男,江南大学教授,博士生导师,博士。

E-mail:bfeng@jiangnan.edu.cn

收稿日期:2017-01-20

tific 公司；

电热恒温水槽:DK-8D 型,上海森信实验仪器有限公司;
pH 计:Delta 320s 型,梅特勒-托利多仪器有限公司;
磁力搅拌器:HS7 型,德国 IKA 公司;
精密天平:XS204 型,梅特勒-托利多仪器有限公司。

1.2 方法

1.2.1 脂肪酶活力的测定 底物溶液的配制:将 40 g 聚乙烯醇加入 1 L 去离子水中高温搅拌溶解至无颗粒,待冷却后用 3 层纱布过滤,得到 4%聚乙烯醇溶液。将聚乙烯醇溶液和橄榄油以 3:1 的体积比混合均质 10 min,备用。

脂肪酶活力具体测定方法参见橄榄油乳化法^[8]。除特别指出外,反应体系所用的缓冲溶液均为 pH 7.5 的磷酸缓冲液;相对残余酶活定义为测得的酶活与 40 ℃、0.1 MPa 下的酶活之比。

1.2.2 酶液的高压处理 在高压设备上设定压力和加压时间,以体积分数 30% 1,2-丙二醇为传压介质,并通过循环水浴稳定试验温度。将盛有酶液的耐高压密封管放入高压腔内处理,高压处理完毕后立即取出并测定酶活。

1.2.3 高压处理对 RCL 活力的影响 将 16 mg 粗酶粉溶于 500 mL pH 7.5 的缓冲液,配制为适当浓度的酶液。将该酶液装入耐高压密封管中,分别在 40 ℃下以 100,150,200,300,400,500,600 MPa 处理 10 min,泄压后立刻取出并测其相对酶活。

1.2.4 温度对 RCL 活力的影响 将上述酶液分别在 0.1 MPa 和 200 MPa 下以 35,40,45,50,60,70 ℃温度处理 10 min。取出后立刻分别在 40 ℃和相应温度下测定酶活。在相应处理温度下测定的酶活表示酶在给定压力下处理后的活力与处理温度间的关系,在 40 ℃下测定的酶活表示酶经处理后的残余活力。

1.2.5 压力和温度对 RCL 热稳定性的影响 将上法配制的酶液(缓冲液改为 Tris-HCl,pH 7.5)分别在不同温度(40,50,55,60 ℃)下以 0.1,200.0,350.0,400.0,450.0,500.0 MPa 的压力处理不同时间,泄压后立刻取出并测其活力。

1.2.6 温度-压力协同作用下 RCL 的热失活动力学 将上法配制的酶液(缓冲液改为 Tris-HCl,pH 7.5)分别在 10,15,20,25,30,35,40 ℃下以 50,100,150,200,250,300 MPa 处理 10 min。40 ℃保温 3 min 的 6 个样品(4 mL 底物溶液和 5 mL 浓度 0.025 mol/L、pH 7.5 的 Tris-HCl 溶液混合制成)中依序加入 0.9 mL 处理后的脂肪酶酶溶液,计时。在反应 2,3,4,5,6,7 min 时分别加入 15 mL 95%乙醇灭活,以 50 mmol/L 的 NaOH 溶液滴定并记录数据,以 NaOH 耗用量对时间作图,用线性回归法得到反应速率。

图中所有数据均为多次重复试验后的均值。

2 结果与分析

2.1 高压处理后 RCL 活力的变化

图 1 表示 RCL 的水解酶活在 40 ℃、pH 7.5 下随压力的变化情况。由图 1 可知,该脂肪酶经 0.1~200.0 MPa 处理后,其水解活力随着压力的提高而提高,在 200 MPa 达到最大值,为常压下原酶活力的 116%,该压力可当作此条件下该

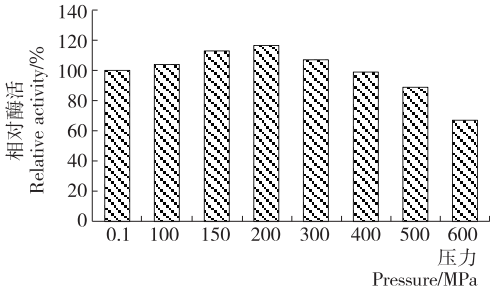


图 1 超高压处理对 RCL 活力的影响

Figure 1 Effect of high pressure treatment on the relative activity of RCL

酶反应的最适压力。当压力高于 200 MPa 以后,RCL 酶活开始下降,但直到压力为 350 MPa 时仍高于常压下的酶活。此后,随着压力的提高,酶活开始下降到 100%以下;在 400~600 MPa 范围内酶活显著降低,说明此高压下 RCL 快速失活。

大多数酶在高压作用下易失活,Noel 等^[9]研究发现米黑毛霉脂肪酶在经过高压处理后处于钝化状态。也有部分报道表明在合适的高压处理后某些酶的酶活会得到提升,杨新颖等^[8]发现在低于 400 MPa 的压力作用下解脂耶氏酵母脂肪酶的活力会得到提高,而压力超过 500 MPa 时则急剧下降。杜焕梅等^[4]的研究结果与本研究相似,该研究发现在 0.1~200.0 MPa 时,皱褶假丝酵母脂肪酶的酶活随压力的提高而逐渐提高,当压力超过 200 MPa 时开始下降,表明只有在合适的压力范围内才能提高酶的催化能力。李赞高等^[3]报道在 200 MPa 时菊糖果糖转移酶酶活提高了 30%左右,并在 600 MPa 时明显失活。赵伟等^[1]发现在小于 200 MPa 的压力作用下,牡蛎中的蛋白酶水解蛋白的活力显著提高。Chen 等^[7]报道,米根霉脂肪酶与假丝酵母脂肪酶的酶活都随着 α -螺旋比例的提高而逐渐提升。刘苗等^[10]发现高压下菊糖果糖转移酶酶活的变化与高压诱导内源荧光变化存在相关性。这些现象说明经高压处理后,酶结构的变化与酶活的变化有一定的关系。

2.2 在不同温度下经高压处理后的 RCL 活力的变化

固定压力为 200 MPa,在不同温度下处理 RCL 并测定其活力,得到经给定压力处理后酶的活力与处理温度间的关系,见图 2。由图 2 可知,200 MPa 下脂肪酶 RCL 的相对酶活相对于常压下的都有提高,两条曲线几乎是并行的。在两种压力下,该酶的最佳催化温度均位于 40~45 ℃,表明高压对该酶的最佳催化温度几乎没有影响。这与某些报道所观察到的现象有所不同,杨新颖等^[8]发现高压处理后解脂耶氏假丝酵母脂肪酶的最适反应温度偏移了 5 ℃左右。在催化过程中,温度不仅可提供酶催化反应所需要的能量,促使酶的催化能力提高或者降低;此外,压力能够改变酶的构象,因此不同压力处理可能会使酶的最适催化温度发生迁移。

经 200 MPa 和不同温度处理后测定 RCL 在 40 ℃下的活力,可得到 RCL 在处理后的残余活力,同时也比较了常压下的酶活力,见图 3。由图 3 可知,在 35~50 ℃时,不同温度下 200 MPa 的压力作用导致的 RCL 活力提升略有不同,造

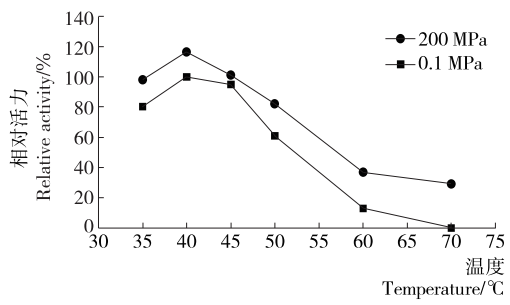


图 2 不同压力下温度对 RCL 活力的影响

Figure 2 Effect of temperature on the relative activity of RCL under various pressures

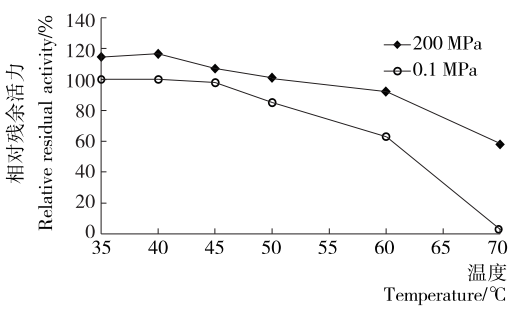


图 3 不同压力下温度对 RCL 残余活力的影响

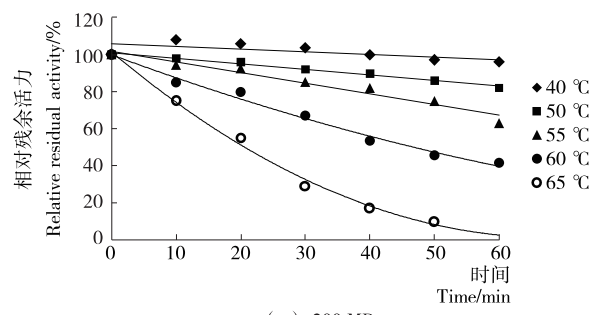
Figure 3 Effect of temperature on the relative residual activity of RCL under various pressures

成了 RCL 的残余活力轻微波动。随着温度继续升高,由 50 ℃ 到 70 ℃ 时,RCL 活力明显下降,但下降速度慢于常压下的速度。在处理温度低于 55 ℃ 时,该酶的残余活力都高于初始酶活,表明 200 MPa 的压力对该酶有保护作用。当温度达到 70 ℃ 时,残余酶活仍有 58%。而在 0.1 MPa 下该酶的活力随温度的提高快速下降,至 70 ℃ 时已经完全失活。上述结果表明,最适压力下不仅酶的催化性能得到提高,而且酶抵抗热变性的能力也提高了。其它学者^[3,10]也得到了相似研究结果,在 200 MPa、60 ℃ 处理条件下,菊糖果糖转移酶的残余活力明显提高。

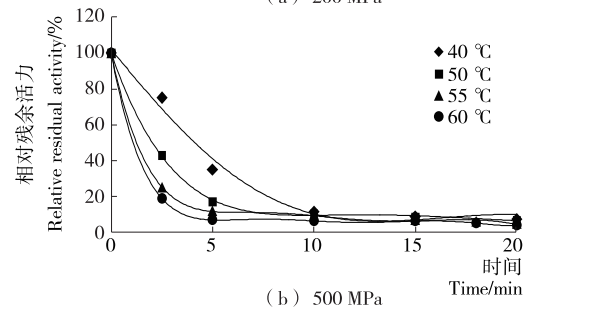
2.3 压力和温度对 RCL 热稳定性的协同作用

从上述研究可知,合适的高压处理既能提高华根霉脂肪酶活力又有助于提高其耐热性,而过高压则会引起脂肪酶的钝化。研究^[3]发现离子强度会影响酶的活力和稳定性。为排除盐离子的影响,试验选取 Tris-HCl (pH 7.5)作为缓冲液。

在 200,500 MPa 下温度对脂肪酶热稳定性的影响见图 4。总体而言,两种压力下热稳定性皆随温度的提升逐渐降低。图 4(a)表明,在 200 MPa、40 ℃ 下保压 1 h 后,脂肪酶残余活力仍保持在原酶的 100% 左右,热稳定性很好。在温度提升到 50 ℃ 时,其热稳定性略有降低。当提升到 55 ℃ 以上,残余酶活则显著降低,热稳定性明显变差。这表明即使在最适压力下,脂肪酶在较高温度下的热失活作用仍不可避免。尽管在 50 ℃ 时 200 MPa 的压力可以明显改善酶的催化能力并提高酶的稳定性,但当温度提升到 60 ℃ 时酶的热失活速率明显增加。图 4(b)显示了 500 MPa 下 RCL 的热稳定



(a) 200 MPa



(b) 500 MPa

图 4 200,500 MPa 下温度对 RCL 热稳定性的影响

Figure 4 Thermal stability of RCL at various temperatures in case of 200 and 500 MPa

性,酶活在最佳催化温度下仍急剧下降,表明该酶热稳定性变差。有报道^[6,11]指出,表面压力诱导的酶钝化伴随着酶蛋白中更多的疏水区域暴露于水溶液中,在一定程度上会促进热失活。因此 500 MPa 的压力处理将使酶热稳定性变差。

结果显示,在压力 200 MPa、温度 40~55 ℃ 时,RCL 活力与处理时间呈线性关系;而当温度超过 55 ℃ 时则呈曲线关系,这种现象也在其他脂肪酶的高压热稳定性行为中被观察到。Noel 等^[9]报道经过同样的高压处理,40~50 ℃ 时米黑毛霉脂肪酶的残余活力与处理时间呈线性关系,而在 55~60 ℃ 时呈非线性关系,研究发现压力的介入使得热失活发生改变。通常认为酶的热失活速率服从一阶微分方程,在半对数坐标中活力与时间为线性关系。但高压下 RCL 的热失活速率显然不服从一阶微分方程,表明高压下热失活的动力学发生了改变。从图 4(b)可知,酶活与处理时间呈非线性关系,说明压力较高时,压力会加快该酶的失活,这与本研究观察到在 500 MPa 下 RCL 折叠展开而失活的现象相一致。

50 ℃ 下压力对 RCL 热稳定性的影响见图 5 (a)。由图 5 可知,只有 200 MPa 的处理才能显著改善 RCL 的热稳定性;而在 350 MPa 下处理时,尽管酶的催化活性并不低于 0.1 MPa 下的,但热稳定性依然变差,并且随着压力的提高变得越来越差。

图 5 与图 4(a)中的曲线有相似之处,当压力升高到一定程度后,RCL 活力与时间的关系开始由直线转变为曲线,说明酶的热失活动力学改变了,这对于超高压加工技术在食品杀菌与钝化酶中的应用有重要启示。60 ℃ 下压力对 RCL 热稳定性的影响与图 5(a)趋势相同,只是在相同压力下酶的热失活速率加快,在 350 MPa 下 RCL 活力与时间的关系已经呈曲线关系。而压力超过 400 MPa 时,RCL 活力下降明显加快。该结果表明一定压力下压力和温度共同促进了酶的热失活。

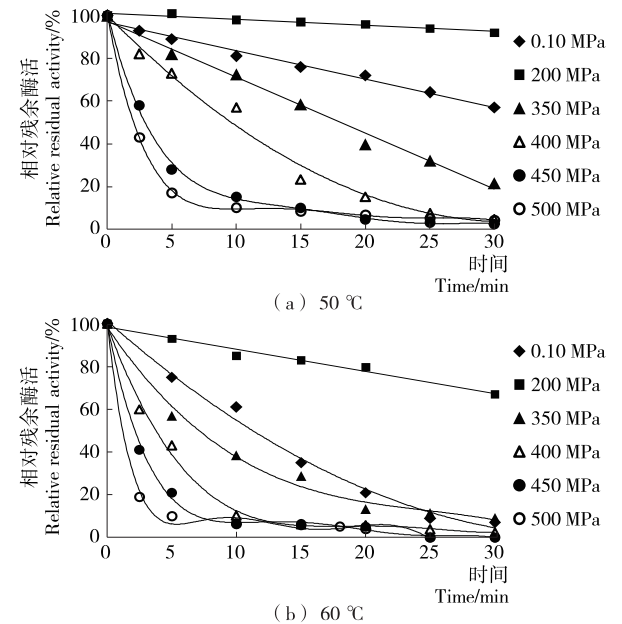


图 5 50,60 °C 下压力对 RCL 热稳定性的影响
Figure 5 Evolution of the relative residual activity of RCL under various pressures at 50 and 60 °C

Boulekou 等^[12]发现在 700 MPa、50 °C 处理 1 min 后,桃浆中的果胶甲酯酶残余活为 80% 左右;但在 60 °C 下,果胶甲酯酶已经明显失活,该酶的残余活力降为 40%。曾庆梅等^[13]报道过氧化物酶活力与 β -折叠有关,高压处理会减少该酶二级结构中的 β -折叠含量,由此诱导酶失活;而温度与高压的共同作用会导致 β -折叠含量减少,进而促使酶活下降。另一方面, Noel 等^[9]则发现即使在水相体系中超高压也可以提高 *R. miehei* 脂肪酶的稳定性,而且在达到变性温度 50 °C 时,高压(50~350 MPa)能够保护脂肪酶的结构,并且随着温度的提高,这种保护效应越来越明显。这些研究表明高压—温度协同作用可能是通过酶构象的改变来调节酶催化行为。

2.4 温度—压力二元作用下的热变性动力学

上述研究结果表明,对于压力和温度共同作用下酶的热稳定性,两者既可能表现为相互拮抗,也可能表现为相互促进,其中的解释与热变性动力学有关。

如果把酶的热失活(本质上是蛋白质的热变性)假设为一个双态模型:活性酶 $\leftrightarrow$ 变性酶,这个过程的平衡常数 K_{eq} 可以用下列公式表示:

$$K_{eq} = \frac{[E]_D}{[E]_A} = \frac{[E]_{max} - [E]_A}{[E]_A}, \tag{1}$$

式中:
 $[E]_A$ 、 $[E]_D$ ——分别表示活性酶与变性酶的浓度, mol/L;

$[E]_{max}$ ——活性酶浓度的最大值, mol/L。

根据米氏方程,酶反应速率可以写为:

$$v = v_m \frac{[S]}{K_m + [S]} = k \frac{[E][S]}{K_m + [S]}. \tag{2}$$

若 $[S] \gg K_m$, 则 K_m 可以被忽略,此时反应速率接近于

恒定值,反应为零级反应:

$$v \approx v_m \frac{[S]}{[S]} = v_m = k[E]. \tag{3}$$

本研究中,酶活的测定均在常压、40 °C 下进行, k 值恒定,因而反应速率 v 与活性酶浓度 $[E]$ 成正比,式(1) 可以写成:

$$K_{eq} = \frac{v_{max} - v}{v}, \tag{4}$$

式中:

v_{max} ——最适温度或压力下对应的反应速率, $\mu\text{mol}/(\text{mL} \cdot \text{min})$ 。

若活性酶 $\leftrightarrow$ 变性酶的可逆变化处于平衡时,变性酶的含量为零,则 K_{eq} 的值为 0,由式(4)可推得 $v = v_{max}$ 。找到常压下反应速率 v_{max} 的值所对应的温度值或者一定温度下反应速率 v_{max} 的值所对应的压力值即可得到 100% 活性酶的温度—压力二元相图。

本研究证实试验条件下 RCL 催化的橄榄油水解速率与底物浓度无关,并由此得到了 v_{max} 。本研究测定了 RCL 在不同温度及压力处理下的反应速率, v_{max} 所对应的温度分别为 10,15, 20,25,30,35,40 °C;而其所对应的压力分别为 50,100,150,200, 250,300 MPa,从而得到温度—压力二元相图,见图 6。

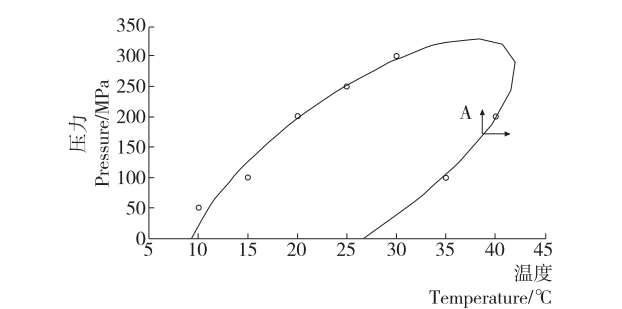


图 6 RCL 的温度—压力二元相图
Figure 6 Pressure-temperature phase diagram of RCL

图 6 中的椭圆代表了活性酶和变性酶的平衡。当温度和压力均位于椭圆之内,酶将处于活性状态;而当温度和压力处于椭圆外部时,酶则处于失活状态。由图 6 可知,对于右半支曲线上的 A 点,当压力提高时,同时需要进一步提高温度,才能使酶失活,说明温度和压力对酶活的影响存在拮抗效应,压力的提高可以将酶于高温下的稳定性提高。因此,可以通过适当的压力处理来改善酶的稳定性。

在高于 42 °C 的温度下,改变压力已无法使该酶的状态回到椭圆内,此时,随着温度的提升,酶的状态偏离椭圆曲线的程度不断加剧,说明压力已经不足以抵抗热变性导致的酶构象变化。而当压力超过 325 MPa 时,也使酶的状态不断偏离椭圆曲线,压力的提升开始对酶的结构产生破坏,压力和温度之间表现为相互促进。

3 结论

高压处理能够改变华根霉脂肪酶的活力,但压力过高会引起该酶的失活,200 MPa 是最适处理压力,在此压力下处理可使 RCL 的活力提高 16%。高压处理并未改变 RCL 的

最佳催化温度。另一方面,即使在最佳压力下,该酶的热失活现象依然存在。压力—温度协同作用下 RCL 的热稳定性行为表明:200 MPa 处理能够显著改善 RCL 的热稳定性,而较高压力将改变 RCL 的热失活动力学。在 0.1~200.0 MPa 范围内压力和温度之间存在拮抗效应,而当压力超过 350 MPa 后高压处理反而降低了 RCL 的热稳定性,即压力和温度之间呈现促进效应。建立活性酶↔变性酶的双态模型考察了 RCL 的热稳定性,本研究测得的椭圆曲线符合热力学理论推导的结果,同时也可以解释压力和温度协同作用下 RCL 的热稳定性行为。

参考文献

[1] 江波, 缪铭. 高静压加工优化食品酶催化体系: 现状与趋势[J]. 中国食品学报, 2011, 11(9): 93-97.

[2] 潘见, 张文成, 陈从贵. 超高压食品杀菌工艺及设备的设计[J]. 食品与机械, 1995(5): 32-33.

[3] LI Yun-gao, MIAO Ming, CHEN Xiang-yin, et al. Improving the catalytic behavior of inulin fructotransferase under high hydrostatic pressure[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2015, 95(13): 2 588-2 594.

[4] 杜焕梅, 江波. 高静压下皱褶假丝酵母脂肪酶反应动力学及稳定性[J/OL]. 中国科技论文在线. (2016-05-05)[2017-03-27]. <http://www.paper.edu.cn/releasepaper/content/201605-80>.

[5] DANIEL R M, DINES M, PETACH H H. The denaturation and degradation of stable enzymes at high temperatures[J]. Bio-

chemical Journal, 1996, 317(Pt1)(1): 1-11.

[6] EISENMENGER M J, REYES-DE-CORCUERA J I. High pressure enhancement of enzymes: a review [J]. Enzyme & Microbial Technology, 2009, 45(5): 331-347.

[7] CHEN Da-wei, PENG Cheng, ZHANG Hou-jin, et al. Assessment of activities and conformation of lipases treated with sub- and supercritical carbon dioxide[J]. Applied Biochemistry and Biotechnology, 2013, 169(7): 2 189-2 201.

[8] YANG Xin-ying, CHEN Gang, DU Huan-mei, et al. Behavior of *Yarrowia lipolytica* lipase Lip2 under high hydrostatic pressure: conformational changes and isokineticity diagram[J]. Journal of Molecular Catalysis B Enzymatic, 2016, 127: 34-39.

[9] NOEL M, COMBES D. Effects of temperature and pressure on *Rhizomucor miehei* lipase stability[J]. Journal of Biotechnology, 2003, 102(1): 23-32.

[10] 刘苗, 缪铭, 张涛, 等. 超高压加工对菊糖果糖转移酶活力和构象的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(23): 49-52.

[11] SILVA J L, OLIVEIRA A C, VIEIRA T C, et al. High-pressure chemical biology and biotechnology[J]. Chemical Reviews, 2014, 114(14): 7 239-7 267.

[12] BOULEKOU S S, KATSAROS G J, TAOUKIS P S. Inactivation kinetics of peach pulp pectin methylesterase as a function of high hydrostatic pressure and temperature process conditions [J]. Food and Bioprocess Technology, 2010, 3(5): 699-706.

[13] 曾庆梅, 潘见, 谢慧明, 等. 超高压处理对辣根过氧化物酶二级结构及其活力的影响[J]. 食品科学, 2005, 26(5): 29-33.

信息窗

第三届中国休闲食品产业发展高峰论坛成都召开

2017 年 3 月 21 日,“第三届中国休闲食品产业发展高峰论坛暨首届中国成都休闲食品新品发布会”在四川成都隆重召开。本次会议由中国食品科学技术学会休闲食品加工技术分会(以下简称“分会”)主办,中国农业科学院农产品加工研究所果蔬食品制造与营养科学团队承办,成都乐客食品技术开发有限公司、郑州远东食品联盟协办。论坛得到了国家工信部消费品工业司、中国食品科学技术学会、伊春市政府、青海省海西州都兰县政府等单位的大力支持,来自科研院所、高校以及相关企业代表共计 300 余人出席了会议。

会议由休闲食品加工技术分会副理事长兼秘书长、中国农业科学院农产品加工研究所毕金峰研究员主持。开幕式上,中国食品科学技术学会休闲食品加工技术分会理事长、中国食品工业(集团)公司蔡永峰总经理在开幕式上致欢迎辞。他讲到,休闲食品在满足消费者娱乐和休闲需要的同时,正在成为“一日三餐”中的第四餐。他希望关心和从事休闲食品行业的业界精英能够相互沟通与交流,分享最新的休闲食品加工新技术、新产品,提出产业发展新思路、新策略,代表行业反映基本诉求、交流创新和发展经

验,群策群力,共同开创中国休闲食品产业健康快速发展新局面。学会副秘书长刘昊宇在开幕式上致辞,代表学会领导对分会高峰论坛的召开表示祝贺,并指出休闲食品分会成立于 2015 年,虽是一个年轻的分会,但分会工作开展得有声有色。本届论坛能够选择在 2017 成都春季全国糖酒会期间在成都召开,体现出休闲食品分会聚焦产业、服务产业、影响产业和发展产业的战略思维和精心组织。

论坛期间,18 位专家、学者、企业家做了精彩报告,期间,来自政府及产业界人士就粮油、果蔬、畜禽、水产、特色等休闲食品、装备和展览会等进行了新品发布和推介。本次会议期间还举行了“如何实现中国休闲食品的跨界、融合、绿色、创新——机遇与挑战”圆桌论坛。围绕如何实现中国休闲食品愿景、跨界、融合、创新、绿色、品牌、营销与诚信等进行了畅谈与互动交流,分析了中国休闲食品发展的现状、问题和发展机遇与挑战,达成了共识。

最后,毕金峰副理事长兼秘书长代表与会代表宣读了“中国休闲食品 2017 成都宣言”。

(来源:中国食品科学技术学会)