

黄粉虫浆凝乳性研究

马 勇,赵大军

(渤海大学生物与食品科学学院,辽宁 锦州,121000)

摘 要 从作用温度、酸度、 Ca^{2+} 浓度、底物浓度等方面,对黄粉虫浆的凝乳性进行了研究。结果表明,黄粉虫浆的最适凝乳温度为 80°C ;随着乳 pH 值的降低,黄粉虫浆的凝乳活性增高; Ca^{2+} 对黄粉虫浆凝乳性有明显的促进作用;随着底物浓度的增加,黄粉虫浆凝乳活性逐渐增高。并将黄粉虫浆与其他动物凝乳酶、植物凝乳酶和微生物凝乳酶进行了初步的比较。

关键词 黄粉虫浆,凝乳性,影响因素

凝乳酶是干酪生产中起凝乳作用的关键性酶,包括动物凝乳酶、植物凝乳酶和微生物凝乳酶。动物来源的凝乳酶是指从羔羊皱胃、小牛皱胃提取的皱胃酶或从猪胃中提取的胃蛋白酶;微生物来源的凝乳酶是指由真菌如微小毛霉(*Mucor pusillus*)、米赫毛霉(*Mucor michei*)、寄生疫病霉(*Endothia parasitica*)、乳色耙霉(*Irpeex Lactrus*)生产的蛋白酶;植物来源的凝乳酶是指无花果蛋白酶(ficin)、菠萝蛋白酶(bromelain)和粗制木瓜蛋白酶(papaya)等^[1]。近年来,随着干酪产量的增加,皱胃酶已不能满足干酪生产的需要,迫使人们不得不寻找其他凝乳酶的代用品。

黄粉虫生长范围广、数量多,是尚未充分开发利用的昆虫食品资源。黄粉虫粉每 100 g 含有蛋白质 48.9 g,脂肪 28.8 g,碳水化合物 10.7 g,硫胺素 0.065 mg,核黄素 0.52 mg, V_E 0.44 mg,具有高蛋白、低脂肪、多微量元素、易消化吸收等优点^[2]。

在制作黄粉虫酸牛奶的过程^[3]中发现,黄粉虫浆有明显的凝乳现象,就此作了进一步的研究,旨在为今后开发黄粉虫凝乳酶提供基本参数。

1 材料与仪器

DSY-1—电热恒温水浴锅(北京爱琦霞商贸中心);PHS-3C 型酸度计(上海伟业仪器厂);FA-1004 电子天平(上海精密科学仪器股份有限公司);FJ-200 型高速分散均质机(上海标本模型厂);绞碎机;100 目绢筛。

鲜活黄粉虫;鲜牛乳;伊力牌脱脂乳粉; CaCl_2 ;去离子水; HCl (0.1 mol/L); NaOH (0.1 mol/L)。

第一作者:博士,教授。

收稿日期:2007-05-28,改回日期:2007-12-05

2 凝乳活力的测定

凝乳活力测定采用 Arima^[4] 方法。取 100 g/L 的脱脂乳 5 mL,在一定温度下保温 5 min,加入 0.5 mL 质量浓度为 10 g/L 的酶液,迅速混合均匀,准确记录从加入酶到乳液凝固的时间,把 40 min 凝结 1 mL 脱脂乳(100 g/L)的酶量定义为 1 个索氏单位(Soxhlet unit)。

$$\text{Sohxhletunit(SU)} = \frac{2400}{T} \times \frac{5}{0.5} \times D$$

式中: T —凝乳时间(S); D —稀释倍数。

由于实验所用的是黄粉虫浆,未将其中的凝乳酶纯化,因此无法用 Arima 方法进行凝乳活力的测定。但因为凝乳活力是一个时间参数,因此,在实验过程中以测量黄粉虫浆的凝乳时间为主。

3 实验部分

3.1 黄粉虫浆的制备

3.1.1 工艺流程

鲜活黄粉虫→挑选→洗净→漂烫→绞碎→过滤→虫浆

3.1.2 操作要点

(1)挑选黄粉虫,弃去死亡、颜色发黑和活力不足的虫;

(2)称取 200 g 的黄粉虫,用水洗净;

(3)在 90°C 沸水中漂烫黄粉虫;

(4)将黄粉虫放入绞碎机中,加入 100 mL 去离子水,将虫绞碎成浆状;

(5)倒出黄粉虫浆,用 50 mL 去离子水冲洗绞碎机,回收黄粉虫浆,用 100 目绢筛过滤;

(6)保证黄粉虫浆为 $m(\text{虫}):m(\text{水})=1:0.75$,

即黄粉虫浆中黄粉虫质量占 57%。

3.2 牛乳的鲜度检测

采用酒精实验^[5]检测牛乳鲜度,用 68%~72% 体积分数的乙醇与牛乳混合,在 5 s 内无絮状沉淀,说明牛乳中的蛋白质稳定,即鲜度比较高,可以在实验中使用。

3.3 凝乳所需黄粉虫浆量测定

量取 10 mL 牛乳置于试管中,在 60℃ 水浴锅中保温 5 min,用吸水管向其中加入黄粉虫浆,记录出现凝乳现象的时间。每次加入黄粉虫浆的量比前一次增加 1 mL,直至凝乳时间不再变化为止,即为黄粉虫浆完全凝集 10 mL 牛乳的最小量。

从表 1 可见,加入体积分数为 10%~20% 的黄粉虫浆的凝乳时间较长,加入 28% 的黄粉虫浆的凝乳时间趋于稳定。

表 1 黄粉虫浆加入量与凝乳时间的关系

牛乳体积/mL	黄粉虫浆量/mL	相当于黄粉虫量/%	凝乳时间/s
10	1	9.1	419
	2	16	390
	3	23	278
	4	28	225
	5	33	223
	6	38	222

在实验过程中还发现,随着向牛乳中加入黄粉虫浆量不同,凝乳效果也不同。在加入 10%~20% 的黄粉虫浆时,不仅凝乳时间较长,凝集的乳块也很细小,并且无太多清液析出。当黄粉虫浆加入量达到 30% 以上时,凝集的乳块较大,且有大量清液析出。在以下的实验中将黄粉虫浆的加入量定为 28%。

3.4 黄粉虫浆的最适凝乳温度

量取 10 mL 牛乳置于试管中,将水浴锅分别调节到 40、50、60、65、70、75、80、85、90、95℃,将牛乳在不同温度下保温 5 min,用吸水管加入 4 mL 黄粉虫浆,凝乳时间最短的温度为凝乳效果最好的温度。

表 2 温度与黄粉虫浆凝乳活性的关系

温度/℃	凝乳时间/s
40	445
50	360
60	225
65	200
70	145
75	130
80	110
85	180
90	230
95	---

表 3 pH 值与黄粉虫蛋白凝乳活性的关系

pH 值	凝乳时间/s
4.5	32
5.0	32
5.5	56
6.0	152
6.5	290
7.0	641
7.5	802

表 2 结果表明,在 40~80℃,黄粉虫浆的凝乳活性随温度的升高而增高,在 80℃ 时达到最高凝乳活性,凝乳时间最短,而在 80℃ 后又迅速下降,到 100℃ 时已失去凝乳活性。由此可见,黄粉虫浆的最适凝乳温度为 80℃。

与一些植物凝乳酶相比,如木瓜蛋白酶凝乳酶(最适凝乳温度 95℃)^[6]、无花果蛋白酶凝乳酶(最适凝乳温度 85℃)^[7],黄粉虫凝乳蛋白酶的最适凝乳温度较低,因为黄粉虫浆内的凝乳酶为动物性蛋白酶,且黄粉虫蛋白浆在高温下极易变性,因此耐热性稍低。

在不同的温度下黄粉虫浆的凝乳效果也不同。在低于 70℃ 时随着温度的升高,乳块凝集越来越大,清液析出的越来越明显;在 70℃ 的时候凝乳效果最好,清液析出明显,乳块凝集的较大;在高于 70℃ 时,随着温度的升高乳块凝集越来越差。

3.5 pH 值对酶凝乳效果的影响

用 0.1 mol/L HCl 和 0.1 mol/L NaOH 将加入黄粉虫浆的牛乳的 pH 值调到 4.5、5.0、5.5、6.0、6.5、7.0、7.5,置于 80℃ 的水浴锅中,测定凝乳时间。

由表 3 可见,随着 pH 的降低黄粉虫浆凝乳活性不断增高,并且变化幅度较大,凝乳速度加快。当 pH 在 7.0 以上时,凝乳活性很低,说明黄粉虫浆在酸性条件下具有较高的凝乳活性,在碱性条件下凝乳活性较低。这与植物凝乳酶和微生物凝乳酶的变化规律一致^[6]。

3.6 Ca^{2+} 对酶凝乳效果的影响

称取 5、10、15、20、25、30、35、40 mg 的 CaCl_2 固体,分别加入到 100 mL 的牛乳中,在 80℃ 下保温 5 min,然后加入黄粉虫浆,记录凝乳时间。

由表 4 可见, Ca^{2+} 可明显提高黄粉虫浆的凝乳活性,随着 Ca^{2+} 的浓度增大,凝乳活性增高,凝乳速度加快,尤其当 CaCl_2 的浓度 $>0.015\%$ 以上时,凝乳速度迅速增大,表现出很大的促凝作用。其他植物凝乳酶在 CaCl_2 浓度 $>0.03\%$ 以上时凝乳活性迅速加快,特别是木瓜蛋白酶^[6]。

表4 Ca^{2+} 与黄粉虫浆凝乳活性的关系

$\text{CaCl}_2/\%$	凝乳时间/s
0	110
0.005	58
0.010	55
0.015	50
0.020	46
0.025	41
0.030	38
0.035	33
0.040	29

3.7 底物浓度对酶凝乳效果的影响

称取1、5、10、15、20、25、30g的脱脂奶粉,分别加入100 mL的蒸馏水,配成脱脂乳液,在80℃下保温5 min后加入黄粉虫浆,记录凝乳时间。

由表5可见,黄粉虫浆的凝乳活性随着脱脂乳浓度的增加而逐渐增大,脱脂乳浓度在100 g/L以下时,凝乳活性缓慢增加,当脱脂乳浓度大于150 g/L时凝乳速度迅速增加,凝乳活性趋于稳定。其他的植物凝乳蛋白酶如进口的木瓜蛋白酶在底物浓度增加到100 g/L以上时凝乳活性趋于稳定^[6],无花果蛋白酶在底物浓度大于150 g/L以上时也趋于稳定^[7]。在实验的过程中,随着脱脂乳浓度的增加,凝乳的效果也越好,乳块的凝集随着底物浓度的增加而增大,同时凝乳硬度也越来越大。

在同样的温度下近似浓度的新鲜牛乳同脱脂乳粉相比,由于脱脂乳粉中脂肪的含量已经非常低,蛋白质含量较高,因此其凝乳速度要略高于新鲜牛乳。

表5 底物浓度对黄粉虫浆凝乳活性的影响

脱脂乳/ $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	凝乳时间/s
10	167
50	90
100	70
150	59
200	50
250	47
300	41

3.8 黄粉虫浆的褐变现象

鲜活黄粉虫在打浆时、成浆后,虫浆的颜色会逐渐加深,由浅灰白色变成浅褐色,直至咖啡色。黄粉虫浆暴露在空气中逐渐褐变的现象是由于酶促氧化所致^[3]。在打浆前将黄粉虫用90℃的热水漂烫,可以防止其褐变。在许多黄粉虫食品,如黄粉虫清蛋糕、黄粉虫面包、黄粉虫酸奶等制作中,黄粉虫浆色泽的因素很重要。如果黄粉虫浆的颜色呈褐色,会严重

的影响黄粉虫制品的质量。

黄粉虫浆的褐变情况与pH值相关。由表6可见,在 $\text{pH} < 5.0$ 和 $\text{pH} > 10.0$ 时无褐变现象,说明引起褐变的酶在 $\text{pH} 5.0 \sim 10.0$ 的范围之外失活,在 $\text{pH} 9.0$ 时虫浆褐变的颜色最深,说明引起褐变的酶在此pH值时活性最高。

表6 黄粉虫浆褐变与pH值的关系

pH值	褐变情况
1.0	无褐变现象
2.0	无褐变现象
3.0	无褐变现象
4.0	无褐变现象
5.0	出现褐变,但颜色较浅
6.0~7.0	有褐变现象,颜色稍加深
8.0	有褐变现象,颜色较深
9.0	有褐变现象,褐变颜色最深
10.0	有褐变现象,颜色较深
11.0	无褐变现象

4 结 论

通过对黄粉虫浆凝乳特性研究表明,黄粉虫浆的最适凝乳温度为80℃;在酸性条件下,特别是 $\text{pH} 5.0$ 左右凝乳效果最好;在底物脱脂乳粉浓度 $> 150 \text{ g/L}$ 时凝乳速度达到稳定

黄粉虫在我国发展已经比较完善,饲养和销售的网络已基本形成,对于其在食品方面的开发达到了一定的程度。在此基础上,黄粉虫蛋白浆凝乳性质的发现与研究为其发展和利用又开辟了新的途径。

参 考 文 献

- 毛学英,南庆贤.木瓜凝乳蛋白酶在干酪及其副产品乳清中的应用[J].中国乳品工业,2002,30(5):61~63
- 赵大军.黄粉虫的营养成分及食用价值[J].粮油食品科技,2000,8(2):41~42
- 马勇,赵大军,宋立.黄粉虫浆的褐变和凝乳现象及其控制[J].食品工业科技,2004,25(2):91~92
- Arima K. Milk-clotting enzyme from micorogainism. part I, screening test and identification of the potent fungus [J]. Agric Biol Chem, 1967, 31(5):540~545
- 农业部工人技术培训教材编写委员会.乳品检验技术[M].北京:中国农业出版社,1997
- 张富新,杨宝进.植物凝乳酶凝乳特性的研究[J].黄牛杂志,1997,23(1):27~29
- 张富新,肖旭霖,杨建雄.无花果蛋白酶凝乳特性的研究[J].陕西师范大学学报,1999,27(4):89~92

(下转第114页)