

赵 飞,马圣洲,吴琴燕,等. 色差法监测红茶发酵适度技术[J]. 江苏农业科学,2017,45(10):157-160.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.10.044

# 色差法监测红茶发酵适度技术

赵 飞,马圣洲,吴琴燕,姚克兵,庄义庆

(江苏丘陵地区镇江农业科学研究所,江苏句容 212400)

**摘要:**在红茶加工过程中,发酵是形成红茶品质的关键工序,生产中能否准确判断发酵适度直接关系到成茶的品质。利用色差法对红茶发酵过程中的叶色、汤色进行跟踪监控。结果表明,在发酵过程中,茶叶的色度指标  $L^*$ 、 $a^*$  及色差值  $\Delta E$  值随着发酵时间的增加均存在明显变化。分析发酵过程中  $L^*$ 、 $a^*$  及色差值  $\Delta E$  值的变化规律,发现在发酵前期, $\Delta E$  值较小,发酵叶色度变化较慢;在发酵中期, $\Delta E$  值明显增大,发酵叶色度有了较大变化;然后随着发酵时间的延长, $\Delta E$  值逐渐减小,至发酵后期  $\Delta E$  值接近 0,而发酵叶色度基本稳定不再变化,此时茶叶色素茶红素/茶黄素 (TRs/TFs) 值达到合理阈值,茶样感官审评得分较高。因此研究认为,在发酵过程中,当发酵叶色差  $\Delta E$  值接近 0 时,即可判断为红茶发酵适度。

**关键词:**红茶;发酵时间;色差测量;色素;发酵适度

**中图分类号:** S377;TS272.5\*2

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-1302(2017)10-0157-03

红茶是我国乃至全世界消费最多的茶类之一,其基本加工过程包括鲜叶采摘、萎凋、揉捻、发酵以及干燥等几个阶段。其中对红茶品质影响最大的就是发酵,发酵不足会导致汤色不红、滋味苦涩并伴有青草气,发酵过度则汤色红暗、滋味淡薄并伴有酸馊味,因此恰当适时地终止茶叶发酵是得到高品质红茶的关键因素。目前,很多高科技技术已用于发酵适度的检测,例如电化学及传感技术<sup>[1-2]</sup>、比色法<sup>[3]</sup>、电子鼻技术<sup>[4]</sup>、分光光度计法<sup>[5]</sup>、颜色传感器法<sup>[6]</sup>以及气相液相质谱分析法<sup>[7]</sup>等。但是由于上述方法均不利于实时分析,在实际生产中依然以专业人员的经验和感官审评来确定发酵是否适度,从而难以形成标准化生产。色差计利用人眼对颜色判断的三变数原理,模拟人眼判断颜色的过程,可研究其色差值与感官品评值的相关性,去除人为因素对测定结果的影响,使得色泽的判定更加客观。与人眼相比具有良好的稳定性、重复性,并且有简单实用的特点,能够为产品的研究开发和品质控制提供有力可信的依据<sup>[8]</sup>。本研究以江苏丘陵地区主栽茶树品种龙井 43 为研究对象,利用传统红茶加工工艺,用色差计对不同发酵程度的发酵叶色差、茶汤色差进行跟踪监测,并研究发酵过程中色差值与茶叶理化成分、感官品质的相关性,探讨利用色差计快速鉴定红茶发酵适度的可行性,从而为当地红茶加工的标准化生产提供理论依据和技术指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

龙井 43 由江苏省句容市下蜀镇窑业茶场提供,嫩度为 1

收稿日期:2016-10-13

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(14)2122];江苏省镇江市创新能力建设计划(编号:SS2015026)。

作者简介:赵 飞(1986—),男,山东德州人,硕士,助理研究员,主要从事茶叶加工及新产品开发。E-mail:zfsilverfox@hotmail.com。

通信作者:庄义庆,博士,研究员,主要从事农业资源开发利用研究。

E-mail:yqzhuang@sina.com。

芽 1 叶。

### 1.2 试验仪器

申光牌 WSC-3B 便携式色差计(上海仪电物理光学仪器有限公司);岛津 LC-15 高效液相色谱仪;T6 新世纪紫外可见分光光度计;自制萎凋槽;揉捻机;红茶发酵机;提香机。

### 1.3 试验方法

**1.3.1 红茶加工工艺及取样方法** 采摘 1 芽 1 叶的鲜叶,日光萎凋 15~30 min 后放入萎凋槽鼓风机萎凋至鲜叶含水率 65% 左右结束,萎凋叶放入揉捻机不加压揉捻 30 min、重压揉捻 20 min、轻压揉捻 30 min 左右至成条结束,将揉捻叶放入发酵机发酵(发酵温度 30℃,湿度 90%),然后于 110℃ 初烘 10 min,最后于 85℃ 足烘至茶叶含水率 6%,得到干茶样。发酵时间设为 5 h,从 0 h 开始,每隔 0.5 h 取样 1 次,取样方法为多点混合取样,共计取 10 个样,样品均分 2 批处理,1 批用于色差即时测量,1 批用上述加工工艺制作成干茶样保存,用于生化成分测定及感官审评。

**1.3.2 色差测量原理及方法** 便携式色差计的测量原理采用国际照明委员会(CIE)的 CIE1976  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  色度系统,借助均匀色的立体表示方法将所有的颜色用  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  3 个轴的坐标来定义<sup>[9]</sup>。其中  $L^*$  为垂直轴,代表明度,其取值从底部 0(黑)到顶部 100(白); $a^*$ 、 $b^*$  都为水平轴,表示不同的色彩方向, $a^*$  为红绿色的饱和度,其中  $-a^*$  为绿,  $+a^*$  为红; $b^*$  为蓝黄颜色的饱和度,其中  $-b^*$  为蓝,  $+b^*$  为黄。 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  表示色系上任意 2 点间的距离,可以用来表示 2 个颜色之间的总色差( $\Delta E$ ): $\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ 。

利用便携式色差计测量茶叶发酵叶色差、茶汤色差,发酵叶色差随机均匀选取 10 个点直接测定;茶汤色差是所取茶样即时用沸水按茶水体积比 1:50 冲泡 5 min 过滤后测定。

**1.3.3 茶叶生化成分测定** 茶黄素(TFs)、茶红素(TRs)、茶褐素(TBs)采用系统法检测<sup>[10]</sup>。

**1.3.4 茶样感官品质的评价方法** 参照茶叶感官审评方法 GB/T 23776—2009《差异感官审评方法》,并参照国家标准审

评语进行茶叶品质评价。评分项目有干茶色泽、香气、汤色、滋味和叶底。

2 结果与分析

2.1 红茶发酵过程中发酵叶外观色差及茶汤色差的变化

在茶叶加工过程中对茶叶外观色差以及茶汤色差进行跟踪检测,由表 1 可以看出,茶叶外观亮度  $L$  值呈升—降的波动趋势,发酵 3.0 h 后趋于稳定;红绿色度  $a$  值整体呈先上升后下降趋势,发酵 3.5 h 开始趋于稳定;黄蓝色度  $b$  值变化趋势与  $a$  值大致相同。这与余书平等报道的  $L$ 、 $b$  值一直呈下降趋势、 $a$  值呈上升趋势的结果不同<sup>[11]</sup>。分析 2 次相邻时间点发酵叶外观的色度变化  $\Delta E$  值变化规律发现,前 3 h  $\Delta E$  值较小,说明发酵叶色度变化较慢;发酵 3 h 后  $\Delta E$  值明显增大,说明发酵叶色度有了较大的变化;然后随着发酵时间的延长,  $\Delta E$  值逐渐减小,至发酵 4 h  $\Delta E$  值接近 0,说明发酵叶色度基本稳定不再变化(图 1)。

表 1 红茶发酵过程中各时间段发酵叶外观色差变化

时间 (h)	$L$ 值	$a$ 值	$b$ 值	$\Delta L$ 值	$\Delta a$ 值	$\Delta b$ 值	$\Delta E$ 值
0.5	11.08	-10.22	-0.59	0.38	3.16	0.29	3.25
1.0	11.60	-6.81	-0.24	0.52	3.41	0.36	3.47
1.5	12.04	-2.96	0.25	0.44	3.85	0.48	3.90
2.0	11.71	-5.01	-0.01	-0.33	-2.05	-0.26	2.09
2.5	12.35	-0.61	0.53	0.64	4.40	0.54	4.47
3.0	10.92	-9.87	-0.65	-1.43	-9.26	-1.18	9.45
3.5	10.49	-13.28	-0.95	-0.42	-3.42	-0.30	3.46
4.0	10.50	-13.28	-0.95	0.01	0.00	0.00	0.01
4.5	10.53	-13.11	-0.96	0.02	0.17	0.00	0.16
5.0	10.49	-13.13	-0.97	-0.04	-0.02	-0.01	0.04

注: $\Delta L$ 、 $\Delta a$ 、 $\Delta b$ 、 $\Delta E$  分别指相邻时间段茶样的亮度差值、红绿色度差值、黄蓝色度差值、色差值。表 2 同。

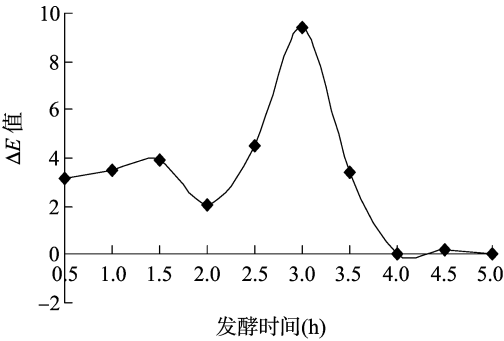


图 1 发酵叶色差  $\Delta E$  随发酵时间的变化趋势

由表 2、图 2 可以看出,前 5 h 茶汤  $L$  值变化不明显;发酵 5 h,  $L$  值有明显下降,说明茶汤亮度降低;在发酵过程中,  $a$ 、 $b$  值变化趋势不明显。利用  $\Delta E$  值分析相邻时间发酵叶茶汤色差的变化同样发现,  $\Delta E$  值呈先上升后下降最后又上升的趋势,分别在发酵 3.5、5.0 h 时有明显的上升,说明在这 2 个时间点茶汤色差变化较大。

2.2 红茶发酵过程中茶黄素、茶红素及茶褐素含量的变化

利用系统法测定发酵过程中不同时间段发酵叶的色素含量,结果(表 3)表明,发酵初期茶黄素含量快速上升,茶红素、

表 2 红茶发酵过程中各时间段发酵叶茶汤色差

时间 (h)	$L$ 值	$a$ 值	$b$ 值	$\Delta L$ 值	$\Delta a$ 值	$\Delta b$ 值	$\Delta E$ 值
0.5	70.85	-0.54	-6.47	0.41	0.03	-0.27	0.49
1.0	71.30	-0.63	-6.71	0.45	-0.09	-0.24	0.52
1.5	71.10	-0.74	-6.58	-0.20	-0.11	0.13	0.26
2.0	70.81	-0.64	-6.40	-0.29	0.10	0.18	0.36
2.5	70.92	-0.78	-6.83	0.11	-0.14	-0.43	0.47
3.0	70.90	-0.54	-6.52	-0.02	0.24	0.31	0.39
3.5	70.96	-1.76	-5.57	0.06	-1.22	0.95	1.55
4.0	70.88	-0.98	-5.62	-0.08	0.78	-0.05	0.79
4.5	70.65	-0.89	-5.53	-0.23	0.09	0.09	0.26
5.0	69.85	-0.49	-5.40	-1.11	1.27	0.17	1.70

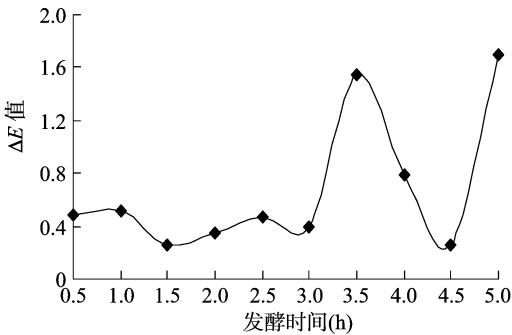


图 2 茶汤色差  $\Delta E$  随发酵时间的变化趋势

茶褐素含量缓慢上升;至发酵中期,茶黄素含量上升速度下降,而茶红素含量快速上升,这是因为随着发酵程度的加深,初期形成的茶黄素开始向茶红素转化;随着发酵的继续,茶黄素、茶红素开始向茶褐素大量转化,使得两者含量有所下降,茶褐素含量明显上升;同时,在发酵过程中  $TRs/TFs$  值呈先上升后下降的趋势,在发酵 4.0 h 时达到最大值。红茶只有茶黄素、茶红素、茶褐素比例适当才能形成优良品质,茶黄素是红茶汤色“亮”的主要成分,同时也是形成“金圈”的最主要物质,具有强烈的收敛性。茶红素是红茶汤色“红”的主要成分,构成汤味的浓度,并且与茶汤的强度也有关,如果茶红素的含量太高,茶汤便显得深暗,成品红茶中,一般  $TRs/TFs$  值以 11~14 为宜<sup>[12~14]</sup>。因此以茶色素为判断标准,本试验以发酵 3.5~4.0 h 为最佳。

表 3 红茶发酵过程中各时间段发酵叶色素含量

时间 (h)	TFs 含量 (%)	TRs 含量 (%)	TBs 含量 (%)	$TRs/TFs$ 值	含水率 (%)
0.5	0.53	4.29	6.89	8.09	7.47
1.0	0.54	4.64	7.24	8.59	6.93
1.5	0.60	4.88	7.66	8.13	7.09
2.0	0.65	5.10	8.03	7.85	7.43
2.5	0.68	6.26	8.43	9.21	6.99
3.0	0.57	6.61	8.77	11.60	7.28
3.5	0.47	6.17	9.92	13.13	7.07
4.0	0.42	5.96	10.25	14.19	7.21
4.5	0.40	5.62	11.04	14.05	7.15
5.0	0.40	5.19	11.78	12.98	7.09

2.3 不同发酵时间红茶干茶样感官品质

对不同发酵时间所加工成的茶样进行感官审评,由表 4

可见,发酵前 3.0 h 干茶色泽呈绿褐色,花朵较枯,汤色较淡,有青气,带苦涩味,青张较多,发酵不足;发酵 3.5 ~ 4.0 h,干茶色泽乌润,汤色红亮,青气消失,果香高显,苦涩味消失,滋味尚醇厚,略带甜,叶底红亮,茶叶感官品质较高,发酵适度;

发酵 4.5 h 开始,干茶色泽乌暗,汤色褐暗,有酸闷味,叶底红暗,发酵过度。综合评定表明,发酵 4.0 h 的红茶干茶样感官品质最高。综合感官审评结果显示,4.0 h 为本试验的发酵适宜时间。

表 4 不同发酵程度茶样感官审评结果

时间(h)	干茶色泽	汤色	香气	滋味	叶底	评分(分)
0.5	绿褐花朵	浅黄	青气	青味、苦涩	叶底青张多	39
1.0	黄褐花朵	浅黄	青气	青味、苦涩	色杂有青张	42
1.5	黄褐花朵	橙黄	青气	青味、苦涩	色杂有青张	48
2.0	棕褐花朵	橙黄	略有青气	青味、苦涩	色杂、尚红	55
2.5	棕褐较枯	橙红	清香偏青	略青、稍苦涩	尚红	60
3.0	乌褐	红	果香稍青	浓偏青	尚红亮	69
3.5	乌褐尚油润	红亮	果香低	尚浓,略带甜	红亮	78
4.0	乌褐油润	红亮	果香高	尚醇厚,略带甜	红亮	83
4.5	乌褐欠油润	红略暗	果香	尚醇,略酸	红稍亮	76
5.0	乌暗	红褐暗	果香酸闷味	尚醇欠爽略酸	红稍暗	70

#### 2.4 红茶色素含量、发酵叶色差及感官审评结果关系分析

在发酵过程中,对发酵叶色度指标  $L$ 、 $a$ 、 $b$ 、 $\Delta E$  值与对应干茶色素含量及感官品质得分的相关性进行研究,发现  $L$ 、 $a$ 、 $b$  值与色素、感官评分三者之间并无显著的相关性,这可能是因为茶叶发酵过程中色度变化比较复杂,亮度、红绿度或者黄蓝度等单一指标不能表征其中的变化;但是  $\Delta E$  值是总色差,反映的是不同颜色间的综合区别。在茶叶发酵初期,随着叶绿素的降解,茶黄素、茶红素开始生成,反映在茶叶色度上即茶叶由绿色开始慢慢转黄色, $\Delta E$  值缓慢变化;随着叶温的不断升高,酶促反应愈发剧烈,叶绿素损失殆尽,而茶黄素、茶红素大量生成,反映在叶色上即在较短时间内转红,色度变化较大, $\Delta E$  值变化处于高峰期;随着发酵程度的继续加深,酶促反应剧烈进行,叶温升至整个发酵过程的最高点,茶黄素、茶红素得到一定量的积累后,一部分开始向茶褐素转化。此时茶叶内含成分达到优质红茶合理阈值<sup>[12-14]</sup>,叶色均匀红变,在一定时间内色度变化较小, $\Delta E$  值在一定时间内趋于 0,此时视为发酵适度。如果发酵继续进行,茶黄素、茶红素大量转化为茶褐素,叶色继而慢慢转为暗红,虽然  $\Delta E$  值变化依然不明显,但是红茶品质开始下降。因此在实际生产中,只要  $\Delta E$  值趋于 0 开始,就应停止发酵。

分析茶汤色差与色素含量、感官品质的关系,发现发酵前期, $\Delta E$  值的变化趋势与发酵叶色差相似,即初期  $\Delta E$  值先缓慢变化;发酵中期,随着茶黄素、茶红素大量生成, $\Delta E$  值急剧变化;发酵后期,茶黄素、茶红素得到一定量的积累,一部分开始向茶褐素转化,此时叶色均匀红变,在一定时间内色度变化较小, $\Delta E$  值在一定时间内趋于 0,视为发酵适度;如果继续发酵,茶褐素大量产生,对茶汤颜色影响较大, $\Delta E$  值又明显上升,发酵过度,这与发酵叶的色差变化趋势有所不同。

因此,通过测量发酵叶外观色度变化趋势,同样以茶汤色差作为辅助,能够对茶叶发酵程度作出较好的判定。

### 3 讨论

发酵是红茶加工的关键,掌握发酵的最佳程度是生产优质红茶的保证。本研究表明,当红茶色素 TRs/TFs 值达到理论阈值<sup>[12-14]</sup>,发酵叶、茶汤色度变化的表征  $\Delta E$  值均接近 0,

即发酵叶色度变化趋势较缓或基本保持不变,茶样感官评分最高;而当红茶色素 TRs/TFs 值较低或 TBs 含量较高时,发酵叶、茶汤色度变化的表征  $\Delta E$  值较大,即发酵叶色度变化较大,茶样感官评分较低。利用发酵叶、茶汤色度变化判定红茶发酵适度,可以与茶叶色素组分含量及感官审评的结果达到高度吻合,也就是说可以通过发酵叶、茶汤色度变化对茶样的感官指标作出良好的表征和评判。因此,在发酵过程中,应实时对发酵叶、茶汤的色度变化进行测定,根据上述方法,当色度变化的表征  $\Delta E$  值接近 0 时,即为发酵适度。

利用色差法判定红茶发酵程度的方法投资较少、操作简单、准确度高、重复性强,能够较好地反映红茶的发酵程度,理论上可以解决只能靠个人经验判断发酵程度的难题。但是由于茶树品种、地域因素及气候条件不同等因素的影响,可能会表现出红茶发酵的时间、叶色变化速度和程度与本研究不尽相同的情况,在生产上应用时仍需试验验证并加以校正。

#### 参考文献:

- [1] 赵和涛. 红茶发酵化学作用及电传感技术应用[J]. 热带作物科技,1995(3):15-18.
- [2] 肖纯,陈宗道. 红茶发酵程度的传感技术研究[J]. 茶业通报,1989(2):40-44.
- [3] Theppakorn T, Ploysri K. Development of a visual test kit for estimation of total polyphenols in tea[J]. Int Food Res J,2014,21(2):501-506.
- [4] Sharma P, Ghosh A, Tudu B, et al. Monitoring the fermentation process of black tea using QCM sensor based electronic nose[J]. Sensors and Actuators B: Chemical,2015,219:146-157.
- [5] 刘玉芳. 工夫红茶发酵适度检测方法的研究[J]. 中国农学通报,2011,27(4):345-349.
- [6] 林国轩,梁贵文,刘玉芳,等. 工夫红茶发酵适度点识别系统及装置的设计[J]. 广东农业科学,2014,41(11):181-184.
- [7] Fraser K, Lane G A, Otter D E, et al. Monitoring tea fermentation/manufacturing by direct analysis in real time (DART) mass spectrometry[J]. Food Chemistry,2013,141(3):2060-2065.
- [8] 徐吉祥,楚炎沛. 色差计在食品品质评价中的应用[J]. 现代面粉工业,2010,24(3):43-45.
- [9] 赖凌凌,郭雅玲.  $L^* a^* b^*$  表色系统与绿茶汤色的相关性分析

毛加宁,杨莹,农向. 改性壳聚糖的性质及对纤维素酶的固定效果[J]. 江苏农业科学,2017,45(10):160-163.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.10.045

# 改性壳聚糖的性质及对纤维素酶的固定效果

毛加宁,杨莹,农向

(乐山师范学院生命科学学院,四川乐山 614000)

**摘要:**采用改性壳聚糖作为载体研究改性壳聚糖作为固定化材料对纤维素酶吸附大小的影响。结果表明,当交联剂浓度达到4%时对改性固定化酶活性影响最大,改性壳聚糖固定化酶的最适 pH 值为 4.3,改性壳聚糖作为载体的固定化纤维素酶米氏常数为  $3.7 \times 10^{-3}$ ,未改性壳聚糖为载体的固定化纤维素酶的米氏常数为  $7.2 \times 10^{-3}$ ,用改性壳聚糖作为载体的固定化纤维素酶最适温度为 55 ℃ 左右。结果表明,改性壳聚糖作为载体固定化纤维素酶可以提高游离酶的性质。

**关键词:**纤维素酶;壳聚糖;固定化;改性

**中图分类号:** S188 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)10-0160-04

纤维素作为地球上最丰富的可再生资源,具有广阔的开发利用前景,以纤维素酶为固化对象,通过试验比较化学改性与未改性壳聚糖固化酶载体,探索固化酶的制备方法与性质,旨在研究固化酶的最适条件,从而改善传统意义壳聚糖固定化纤维素酶的相关研究。甲壳类动物废弃的外壳中可以提取一种多糖——壳聚糖,学名为 2-氨基-1,4-β 葡聚糖,含有极其丰富的甲壳素(chitin)。壳聚糖的结构与纤维素类似,也是至今为止在自然界中被发现的唯一的阳离子型可食用纤维,对疾病有很好的保健和预防作用<sup>[1-4]</sup>。由于分子中存在氨基,使其易于酶共价结合,也可络合金属离子,化学性质较稳定,耐热性好,经常作为固定化酶的载体<sup>[5-8]</sup>。本试验通过采用化学方法改性壳聚糖固定化纤维素酶,改变壳聚糖的某些分子结构,探索相比未改性壳聚糖分子更优化的性质。

本研究采用简单的化学方法对壳聚糖进行了改性,并采用拉曼光谱和 X 光衍射分别测定了改性壳聚糖的部分性质。最后,研究了改性壳聚糖固定化纤维素酶的效果。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

纤维素酶,壳聚糖,氨基硫脲-壳聚糖改性产物,3,5-二

硝基水杨酸染色液,羧甲基纤维素钠盐溶液,其他试剂均为分析纯。

### 1.2 试验方法

1.2.1 纤维素酶液的制备 取 1 g 纤维素酶,加入 1 000 mL 蒸馏水,充分搅拌直至全部溶解,得纤维素酶液,4 ℃ 保存备用。

1.2.2 羧甲基纤维素钠盐溶液的配制 准确称取 1.00 g 羧甲基纤维素钠,用 50 mmol/L、pH 值为 5.0 的柠檬酸钠缓冲液加热溶解后,转移到 100 mL 容量瓶中,待冷却后,用该缓冲液定容至刻度,4 ℃ 保存备用。母液 A(0.2 mol/L 柠檬酸溶液):称取 42.03 g  $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$  溶解稀释至 1 000 mL;母液 B(0.2 mol/L 柠檬酸钠溶液):称取 58.82 g  $Na_3C_6H_5O_7 \cdot 2H_2O$  溶解稀释至 1 000 mL;取 20.5 mL 母液 A 和 29.5 mL 母液 B 混合,调节 pH 值至 5.0,稀释至 200 mL,即得 50 mmol/L、pH 值为 5.0 的柠檬酸钠缓冲液。

1.2.3 固定化酶活性测定 在一定量固定化酶中(一般取 0.1~0.5 g)加入一定量(一般为 3.0 mL)羧甲基纤维素钠盐溶液,40 ℃ 水浴保温 10 min 后离心 5 min,吸取反应液 2.0 mL,加入 0.4 mL 2 mol/L NaOH 溶液,加入 0.8 mL 3,5-二硝基水杨酸显色剂,定容至 6.2 mL,沸水浴中加热 5 min 后流水冷却,在最适条件(40 ℃)下,1 min 内催化 1 μmol 底物转化为产物所需的酶量定为 1 个活性单位,用 721 分光光度计在 490 nm 处测定吸光度<sup>[5]</sup>。

1.2.4 壳聚糖改性产物的制备 壳聚糖乙酸溶液的制备<sup>[1]</sup>:将 1 g 壳聚糖在 100 mL 蒸馏水中浸泡润湿 15 min,然后加入 40 mL 2.5% 的乙酸溶液,充分搅拌使其溶解,即得到壳聚糖乙酸溶液。

收稿日期:2016-09-12

基金项目:四川省乐山市科技计划(编号:13SZD136)。

作者简介:毛加宁(1961—),男,四川乐山人,副教授,主要从事生物学科教学论、生物化学等相关研究。E-mail: mjn2605700@163.com。

通信作者:农向,博士,副教授,主要从事生物化学、病虫害防控等相关研究。E-mail: nongx2008@163.com。

[J]. 热带作物学报,2011,32(6):1172-1175.

[10] 宛晓春. 茶叶生物化学[M]. 北京:中国农业出版社,2007.

[11] 余书平,尹军峰,袁海波,等. 小叶种红茶发酵外观色差及其主要品质成分相关性[J]. 食品安全质量检测学报,2015(6): 2201-2208.

[12] 段红星,邵宛芳. 红茶加工中物质变化与品质形成的关系[J].

福建茶叶,2004(2):13-14.

[13] 刘仲华,黄建安,施兆鹏,等. 红茶制造中过氧化物酶变化的研究[J]. 湖南农学院学报,1990,16(2):169-175.

[14] Muthumani T, Kumar R. Influence of fermentation time on the development of compounds responsible for quality in black tea[J]. Food Chemistry,2007,101(1):98-102.