

工夫红茶咖啡碱和 5 种儿茶素组分 近红外快速测定方法的研究

刘洪林^{1,2}

(1.重庆第二师范学院旅游与服务管理系,重庆 400065;

2.西南大学,重庆 400715)

摘要:提出一种利用近红外光谱技术无损快速检测工夫红茶咖啡碱(Caffeine)和 5 种儿茶素(儿茶素(Catechin,C)、表儿茶素(Epicatechin,EC)、表没食子儿茶素(Epigallocatechin,EGC)、表儿茶素没食子酸酯(Epicatechin gallate,ECG)、表没食子儿茶素没食子酸酯(Epigallocatechin gallate,EGCG))组分含量的新方法。实验样品共计 240 个,手动选择 180 个样品作为校正级,剩余 60 个样品作为预测集;利用 OPUS7.0 软件优化出各模型最佳波数段和最佳预处理方法,平滑点数 17,维数 1,结合咖啡碱(Caffeine)和 5 种儿茶素组分 C、EC、ECG、EGC、EGCG 含量建立预测模型,分析预测模型的预测性能。结果表明:各预测模型预测精准度高,均可用于咖啡碱和 5 种儿茶素组分 C、EC、ECG、EGC、EGCG 检测。其中,各模型校正相关系数(R_c)为 91.85%~99.49%,校正均方根误差(RMSEC)为 0.0187~0.353;预测相关系数(R_p)为 97.12%~99.88%,预测均方根误差(RMSEP)为 0.00759~0.0773。各模型校正集和预测集均有较高的拟合度,模型预测性能咖啡碱>EGC>EC>ECG>EGCG>C。结论:近红外光谱图结合咖啡碱(Caffeine)和 5 种儿茶素组分 C、EC、ECG、EGC、EGCG 含量建立各预测模型预测性能优,可用于工夫红茶咖啡碱(Caffeine)和 5 种儿茶素组分 C、EC、ECG、EGC、EGCG 含量快速无损检测。

关键词:工夫红茶,近红外光谱技术,咖啡碱,儿茶素,预测模型

Research of rapid measurement methods of caffeine and five kinds of catechin components quality ingredients of congou black tea using near infrared spectroscopy

LIU Hong-lin^{1,2}

(1.School of Tourism and Service Management,Chongqing University of Education,Chongqing 400065,China;

2.Southwest University,Chongqing 400715,China)

Abstract:A new method about detecting the caffeine and five kinds of catechin components including Catechin, Epicatechin, Epigallocatechin, Epicatechin gallate, Epigallocatechin gallate of Congou black tea by near infrared spectroscopy was established. There were 240 test samples, 180 samples of them used to be a correction stage as the remaining 60 samples a prediction set. Each model was optimized the best waves of the number of segments and best pretreatment method for model inguse to establish the quantitative prediction model by OPUS 7.0 software. The Smooth points were 17 and dimension was 1. Combined with caffeine and five kinds of catechin component induding C, EC, ECG, EGC, EGCG content, the prediction model was established, and the performance of the prediction model was analyzed. The model predicted a high accuracy which can be used to predict the caffeine and five kinds of catechin component including C, EC, ECG, EGC, EGCG quality of Congou black tea. The calibration correlation coefficient(R_c) was 91.85%~99.49%, correcting root mean square error(RMSEC) was 0.0187~0.353; predictive correlation coefficient(R_p) was 97.12%~99.88%, and the RMSEP was 0.00759~0.0773. Each model calibration set and prediction set had a higher degree of fit, the prediction performance model of caffeine>EGC>EC>ECG>EGCG>C. The combination of near-infrared spectra of each prediction model to predict the performance had an excellent organoleptic results and can be used in the caffeine and five kinds of catechin component C, EC, ECG, EGC, EGCG content rapid non-destructive testing of congou black tea.

Key words:congou black tea;near infrared spectroscopy;caffeine;catechins;prediction model

中图分类号:TS207.3

文献标识码:A

文章编号:1002-0306(2016)15-0316-05

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2016.15.053

收稿日期:2016-01-14

作者简介:刘洪林(1991-),男,硕士,助教,研究方向:茶学,E-mail:475844900@qq.com。

基金项目:重庆第二师范学院校级科研项目(KY201546C)。

咖啡碱和儿茶素是决定红茶汤色和滋味的主要化学成分^[1]。近红外光谱(NIRS)是一种介于可见光谱区和中红外光谱区的电磁波,波长在780~2526 nm (12820~2959 cm^{-1}) 范围内^[2]。由于近红外光谱分析技术具有速度快、效率高、成本低、测试重现性好、测量方便、客观等特点^[3-8],近年来国内外利用近红外光谱技术对茶叶种类的识别^[9]和真假茶的鉴别^[10]等研究成为热点之一。目前,对咖啡碱和儿茶素类定量分析的方法中应用最广泛的是高效液相色谱法(HPLC)^[11],该方法精度高,但是分析过程复杂,速度较慢,且对样品有化学污染。但目前利用近红外光谱技术检测工夫红茶咖啡碱和儿茶素类品质成分还鲜有报道。

因此,本研究以2013年随机抽取的240个工夫红茶茶样为原料,利用OPUS7.0软件将工夫红茶近红外光谱图谱与咖啡碱和5种儿茶素组分C、EC、ECG、EGC、EGCG测定结果(HPLC法)结合建立定量分析预测模型,探讨近红外光谱客观评价技术与化学方法测定结果的一致性,以期无损快速测量工夫红茶咖啡碱和5种儿茶素组分C、EC、ECG、EGC、EGCG提供一种新方法。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

240个工夫红茶茶样:分别从安徽、福建、广东、广西、贵州、湖北、湖南、江苏、江西、山东、陕西、四川、云南、浙江和斯里兰卡地区抽取2、5、4、11、4、3、4、1、3、3、4、8、1、6、1个红茶品种,60个红茶品种,每个品种4个茶样(含特级、一级、二级、三级四个等级),共240个工夫红茶茶样。

C、EC、EGC、ECG、EGCG、Caffeine 标准品 美国sigma公司;乙腈、甲醇、三氟乙酸(色谱纯) 美国sigma公司;乙酸乙酯、正丁醇、碳酸氢钠、草酸(分析纯) 重庆博艺化学试剂有限公司。

布鲁克MPA型傅立叶变换近红外光谱仪 BRUKER公司;HH-8型数显恒温水浴锅 金坛市富华仪器有限公司;C₁₈高效液相色谱仪 美国Aglient有限公司;Whatman Partisphere C₁₈液相色谱柱(4.6 mm×125 mm,5 μm) 美国Whatman有限公司;DFT-200型200 g手提式粉碎机 温岭市林大机械有限公司;FA2004A型分析天平 天津天电子仪器有限公司;Mili-Q超纯水仪 美国密理博公司;Centrifuge5810高速离心机 德国Eppendorf公司。

1.2 实验方法

1.2.1 工夫红茶样品近红外光谱图采集方法 参照周小芬^[12]方法,本实验采用完整茶样进行实验。实验条件为:扫描范围:800~2500 nm(波数12500~4000 cm^{-1})^[13],扫描次数:32次,分辨率:8 cm^{-1} 。测试前,将97 mm自动旋转式样品杯擦拭干净,装入20 g工夫红茶样品,能确保样品杯中装入茶叶容量在2/3以上^[14],通过OPUS软件控制光谱仪扫描,每个样品扫描3次,取平均谱作为该样品的近红外光谱。

1.2.2 咖啡碱和5种儿茶素组分含量测定方法 本实验建立高效液相色谱法^[11]测定工夫红茶的咖啡碱和5种儿茶素组分含量。

色谱条件:色谱柱为hatman Partisphere C₁₈液相色谱柱(4.6 mm×125 mm,5 μm),检测器为二极管阵列检测,器柱温32 $^{\circ}\text{C}$,流动相A相为含0.035%(v/v)三氟乙酸的5%(v/v)的乙腈溶液、B相为含0.025%(v/v)三氟乙酸的50%(v/v)的乙腈溶液,梯度洗脱,30 min内完成,梯度洗脱程序见表1,流速1 mL/min,进样量为10 μL ,检测波长为205 nm。

表1 高效液相色谱洗脱梯度

Table 1 The elution gradient of HPLC

时间(min)	0	10	16	20	27	30
流动相A(%)	90	80	60	55	60	60
流动相B(%)	10	20	40	45	40	40

样品处理:准确称取每个茶样0.5 g,分别粉碎后转入100 mL棕色锥形瓶中,加入50 mL沸超纯水,于90 $^{\circ}\text{C}$ 水浴锅中恒温水浴30 min,期间顺时针摇动30 s,使内含物质充分浸出。冷却后将上清液充分过滤到100 mL棕色离心管中,加入2 mL 20%的乙腈溶液,在15000×g下离心2 min。待测液用0.22 μm 滤膜过滤,将滤液置于2 mL的棕色进样瓶中待色谱测定。

1.2.3 工夫红茶茶样波数选择和近红外光谱图预处理方法 实验对240个工夫红茶茶样结合咖啡碱和5种儿茶素组分含量利用OPUS7.0软件进行建模,通过软件剔除高频区和低频区的无效光谱,采用无光谱预处理、一阶导数(FD)、二阶导数(SD)、消除常数偏移量、矢量归一化(SNV)、减去一条直线、最小-最大归一化、多元散射校正(MSC)、一阶导数(FD)+减去一条直线、一阶导数(FD)+矢量归一化(SNV)、一阶导数(FD)+多元散射校正(MSC)等光谱预处理方法进行光谱预处理^[15]。同时实验通过OPUS7.0软件进行方法优化选择建模最佳波数段和最佳预处理方式,以总样本均方根误差RMSEC_总作为衡量标准(RMSEC_总越小,效果越好)。

1.2.4 基于近红外光谱图对咖啡碱(Caffeine)和5种儿茶素组分含量的建模方法 实验样品共计240个,样品集分为校正集(定标集)和预测集(验证集),二者样品数比例为3:1^[12]。预测集的选择方式有两种:即随机选择和手动选择。为了避免随机选择中可能存在同一等级茶样品集中被选中,从而影响模型的定标范围和定标精准度,因此本实验利用手动选择方式选择预测集样品。方法为:对样品咖啡碱(Caffeine)和5种儿茶素组分含量进行高低排序,从上而下每隔3个校正集样品选择一个预测集样品。因此本实验的校正集样品数为180个,预测集样品数为60个。在最佳波数段利用最佳预处理方法对原始光谱曲线进行有效信息提取,并对预处理后的光谱曲线结合咖啡碱(Caffeine)和5种儿茶素组分含量建立预测分析模型。

1.2.5 数据统计分析 各实验至少重复3次以上,采用OPUS7.0软件及其软件自带的偏最小二乘法

(PLS) 分析方法,将近红外光谱图结合咖啡碱(Caffeine)和 5 种儿茶素组分含量进行建模分析^[16]。

建模结果表示方式以校正相关系数(R_c)、校正均方根误差(RMSEC)、预测相关系数(R_p)、预测均方根误差(RMSEP)表示^[17]。

2 结果与分析

2.1 近红外光谱图的采集

工夫红茶的近红外光谱图是其内在品质的反映。茶叶无论品种、产地等是否相同,近红外光谱图都带有很多相似信息,这是由于近红外光谱吸收的都是茶叶中的 C-H 和 N-H 基团,这些基团的周围环境发生变化时,会导致峰位的变化,但变化幅度并不大;决定近红外光谱峰位和峰强度的是样品中存在的成分含量^[18]。而不同的工夫红茶中的成分含量都不一致,也就出现了不同的光谱图。240 个工夫红茶近红外光谱扫描曲线如图 1 所示。

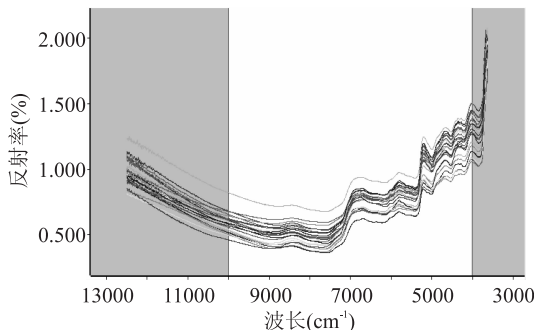


图1 工夫红茶茶样近红外光谱图
Fig.1 Averaged NIR reflectance spectra for Congou black tea samples

从图 1 中可以看出,不同的工夫红茶的光谱曲线有明显区别,具有一定的特征性和指纹性^[18],这一区别为不同工夫红茶咖啡碱和 5 种儿茶素组分含量检测奠定了数学建模基础。其中大于 10000 cm^{-1} 和小于 4000 cm^{-1} 主要贡献噪声,4000~10000 cm^{-1} 波数段为有效信息集中段^[12]。

2.2 工夫红茶咖啡碱和 5 种儿茶素组分含量测定结果

表 2 是 240 个工夫红茶茶样咖啡碱和 5 种儿茶素组分含量测定结果,其中测得咖啡碱含量范围在 9.40~23.61 mg/g 之间,平均含量 16.44 mg/g ;C 含量范围在 0.91~6.08 mg/g 之间,平均含量 2.95 mg/g ;EC 含量范围在 0.99~6.26 mg/g 之间,平均含量 1.92 mg/g ;

ECG 含量范围在 3.37~13.52 mg/g 之间,平均含量 6.93 mg/g ;EGC 含量范围在 4.66~13.83 mg/g 之间,平均含量 6.44 mg/g ;EGCG 含量范围在 1.78~5.42 mg/g 之间,平均含量 3.20 mg/g 。

表2 240 个工夫红茶茶样咖啡碱和 5 种儿茶素组分含量($n=3$)

Table 2 The Caffeine and five kinds of catechin component content of 240 Congou black tea ($n=3$)			
品质成分	最大值 (mg/g)	最小值 (mg/g)	平均值 (mg/g)
咖啡碱	23.61	9.40	16.44
C	6.08	0.91	2.95
EC	6.26	0.99	1.92
ECG	13.52	3.37	6.93
EGC	13.83	4.66	6.44
EGCG	5.42	1.78	3.20

2.3 波数选择和光谱预处理

实验对茶样 4000~10000 cm^{-1} 波数段结合咖啡碱和 5 种儿茶素组分含量利用 OPUS 软件进行建模,同时调节 OPUS 软件中的波数段、预处理方法、平滑点数和维数,RMSEC_总 最小时为最佳波数段和最佳预处理方式,表 3 为 RMSEC_总 最小时对应的波数和预处理方法,分别为建模的最佳波数和预处理方法,平滑点数 17,维数 1^[19-20]。

2.4 基于近红外光谱技术的工夫红茶咖啡碱和 5 种儿茶素组分含量快速预测

提取工夫红茶光谱图谱信息,建立能充分反映光谱特征与茶叶咖啡碱和 5 种儿茶素组分含量专属性关系的定量预测分析模型,找出被众多错综复杂的共性所掩盖着的专属特征,定量地描述不同样品谱图间的相似程度,这是近红外光谱技术可以用于评判茶叶品质专属性原因所在^[21]。

实验利用工夫红茶近红外光谱图结合咖啡碱和 5 种儿茶素组分 C、EC、ECG、EGC、EGCG 建立了定量预测模型,并运用 OPUS7.0 软件中自带的偏最小二乘法对结果进行分析,结果如表 4 所示。由表 4 可知,工夫红茶茶样的 R_c 和 R_p 均在 90% 以上,模型定标效果较好。研究表明^[17],所建立的定量模型精度由预测集的 R_p 和 RMSEP 反映。当 R_p 值 > 0.9 时,表明所建模型是比较好的模型, R_p 值越接近 1 表明模型越好;RMSEP 越小,RMSEP 以接近 0 为最好,模型预测性能越优。按照咖啡碱、C、EC、ECG、EGC、

表3 咖啡碱和 5 种儿茶素组分模型波数和光谱预处理方法选择

Table 3 Selection of wave number and spectral preprocessing method Caffeine and five kinds of catechin component content models					
组分	最小 RMSEC _总	最佳波数(cm^{-1})	平滑点数	维数	最佳预处理方法
咖啡碱	0.213	9403.7~7498.3, 6102~5774.2, 4601.6~4246.7	17	1	一阶导数+矢量归一化(SNV)
C	0.0426	9403.7~7498.3, 5774.2~5446.3, 4601.6~4246.7	17	1	一阶导数+矢量归一化(SNV)
EC	0.0845	6102~5774.2, 4601.6~4246.7	17	1	一阶导数+矢量归一化(SNV)
ECG	0.281	8451~7498.3, 6102~5774.2, 4601.6~4246.7	17	1	一阶导数+矢量归一化(SNV)
EGC	0.0203	6102~5774.2, 4601.6~4246.7	17	1	一阶导数+矢量归一化(SNV)
EGCG	0.412	6102~5774.2, 4601.6~4246.7	17	1	一阶导数+矢量归一化(SNV)

表4 工夫红茶茶样咖啡碱和5种儿茶素组分校正集与预测集模型的建模结果

Table 4 The Congou black tea samples to Caffeine and five kinds of catechin component content of calibration set and prediction set model modeling results

因子	校正集		预测集	
	Rc(%)	RMSEC	Rp(%)	RMSEP
咖啡碱	91.85	0.105	99.88	0.0773
C	97.15	0.0326	97.12	0.00806
EC	97.63	0.0599	99.39	0.0745
ECG	97.04	0.272	99.25	0.0756
EGC	99.49	0.0187	99.66	0.00759
EGCG	94.53	0.353	99.18	0.0765

EGCG 的预测模型相关系数 R_p 分别为 99.88%、97.12%、99.39%、99.25%、99.66%、99.18%；所对应的 RMSEP 分别为 0.0773、0.00806、0.0745、0.0756、0.00759、0.0765，从模型看出，六种化学品质组分近红外光谱定量预测模型预测性能由高到低为：咖啡碱 > EGC > EC > ECG > EGCG > C。

各模型预测精准度均较高，预测性能较优，证明近红外光谱技术是一种快速无损检测工夫红茶咖啡碱和5种儿茶素组分 C、EC、ECG、EGC、EGCG 成分含量的新方法。

3 结论

240 个工夫红茶茶样咖啡碱含量范围在 9.40~23.61 mg/g 之间，平均含量 16.44 mg/g；C 含量范围在 0.91~6.08 mg/g 之间，平均含量 2.95 mg/g；EC 含量范围在 0.99~6.26 mg/g 之间，平均含量 1.92 mg/g；ECG 含量范围在 3.37~13.52 mg/g 之间，平均含量 6.93 mg/g；EGC 含量范围在 4.66~13.83 mg/g 之间，平均含量 6.44 mg/g；EGCG 含量范围在 1.78~5.42 mg/g 之间，平均含量 3.20 mg/g。

手动选择 180 个样品作为校正集，剩余 60 个样品作为预测集；利用 OPUS7.0 软件优化出各模型最佳波数段和最佳预处理方法，平滑点数 17，维数 1，结合咖啡碱和 5 种儿茶素组分 C、EC、ECG、EGC、EGCG 建立预测模型。

各模型预测精准度高，均可用于工夫红茶咖啡碱和 5 种儿茶素组分 C、EC、ECG、EGC、EGCG 含量检测。其中，各模型校正相关系数 (R_c) 为 91.85%~99.49%，校正均方根误差 (RMSEC) 为 0.0187~0.353；预测相关系数 (R_p) 为 97.12%~99.88%，预测均方根误差 (RMSEP) 为 0.00759~0.0773。各模型校正集和预测集均有较高的拟合度，模型预测性能咖啡碱 > EGC > EC > ECG > EGCG > C。

总的来说，近红外光谱图结合咖啡碱和 5 种儿茶素组分 C、EC、ECG、EGC、EGCG 含量建立预测模型预测性能优，为快速无损检测工夫红茶咖啡碱和 5 种儿茶素组分 C、EC、ECG、EGC、EGCG 提供了一种新方法。今后的方向还可利用近红外光谱技术结合其它技术（如机器视觉技术）对工夫红茶品质评价建立优性能预测模型。

参考文献

[1] 席佳丽,张广辉,李国荣,等.云南临沧不同级别红茶化学成分比较研究[J].西南农业学报,2014,27(4):1447-1452.

[2] 张正竹,廖步岩,阎守和,等.近红外光谱(NIRS)技术在茶叶品质保真中的应用前景[J].食品工业科技,2009,30(09):349-352.

[3] 郭志明.近红外光谱法测定茶叶中游离氨基酸的研究[J].光谱仪器与分析,2011,20(Z1):105-109.

[4] 赵杰文,郭志明,陈全胜,等.近红外光谱法快速检测绿茶中儿茶素的含量[J].光学学报,2008,28(12):2302-2306.

[5] 刘辉军.基于近红外技术的茶叶成份快速分析仪的原理与设计[D].北京:中国计量科学研究院,2006.

[6] Luypaert J M H,Zhang D L,Massart.Feasibility study for the use of near infrared spectroscopy in the qualitative and quantitative analysis of green tea [J], Camellia sinensis (L.) Analytica Chimica Acta,2003,478(2):303-312.

[7] 陈全胜.无损检测新技术在茶叶品质检测中的应用[C]//食品安全监督与法制建设国际研讨会暨第二届中国食品研究生论坛论文集(上).杭州:食品安全监督局,2005:5-6.

[8] Chen Q.Simultaneous analysis of main catechins contents in green tea(Camellia sinensis(L.) by Fourier transform near infrared reflectance(FT-NIR) spectroscopy [J]. Food Chemistry, 2009, 113(4):1272-1277.

[9] 罗一帆,郭振飞,朱振宇,等.近红外光谱测定茶叶中茶多酚和茶多糖的人工神经网络模型研究[J].光谱学与光谱分析,2005,25(08):1230-1233.

[10] 龚加顺,刘佩瑛,刘勤晋,等.茶饮料品质相关成分的近红外线光谱技术分析[J].食品科学,2004,25(02):135-140.

[11] Lee B L,Ong C N.Comparative analysis of tea catechins and theaflavins by high-performance liquid chromatography and capillary electrophoresis[J].Journal of Chromatography A,2000, 881(1-2):439-447.

[12] 周小芬,叶阳,周竹定,等.基于近红外光谱法的大佛龙井茶品质评价研究[J].光谱学与光谱分析,2012,32(11):2971-2975.

[13] 廖步岩,张正竹,夏涛,等.近红外光谱分析技术在茶叶品质属性甄别中的应用[J].安徽农业大学学报,2009,36(02):287-291.

[14] 李晓丽.基于机器视觉及光谱技术的茶叶品质无损检测方法研究[D].杭州:浙江大学,2009.

[15] Lehrer M,Miller L,Natale J.Chapter 19-The OPUS System in Immunoassay Automation D W Chan,D W Chang ditors [M]. Boston:Academic Press,1992:245-267.

[16] Olivieri G,Escandar G M.Chapter9-Partial Least-Squares with Residual Bilinearization [M].Boston: Elsevier, 2014: 157-195.

[17] 严衍禄,赵龙莲,李军会.现代近红外光谱分析的信息处理技术[J].光谱学与光谱分析,2000,20(06):777-780.

[18] Sinija V R,Mishra H N.FT-NIR spectroscopy for caffeine estimation in instant green tea powder and granules[J]. LWT-

培养基优化 对两种乳链菌肽效价测定方法的影响

李莹,高晨,贺进田*

(河北师范大学,生命科学学院,河北石家庄 050024)

摘要:为了提高琼脂扩散法和分光光度法测定乳链菌肽效价的效率,对检验培养基进行了优化,考察使用优化后的培养基对这两种测定乳链菌肽效价方法的影响。以测定结果的相对误差与相对标准偏差为衡量指标,判断使用优化后的培养基是否有利于以上两种检测方法测定乳链菌肽效价的准确度与精密度的提高。结果表明:培养基优化后,分光光度法测定乳链菌肽效价的准确度和精密度得到了提高;琼脂扩散法使用优化培养基测定乳链菌肽效价的结果相对误差较大,且在乳链菌肽浓度较低时无法形成抑菌圈,而使用基本培养基时,琼脂扩散法测定乳链菌肽效价的灵敏度高且相对偏差小,测定结果的准确度较高,故利用琼脂扩散法测定乳链菌肽效价时应选用基本培养基。

关键词:培养基优化,乳链菌肽,效价测定

Effect of culture medium optimization on two methods of nisin detection

LI Ying, GAO Chen, HE Jin-tian*

(College of Life Science, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050024, China)

Abstract: To improve efficiency of the agar diffusion method and spectrophotometry for nisin detection, the culture medium was optimized. The influence of the optimized medium on two methods of nisin detection was further investigated. The relative error and relative standard deviation was used to evaluate whether the precision and sensitivity of nisin quantification were enhanced after medium optimization. The results showed that culture medium optimization improved the precision and accuracy of nisin quantification by using spectrophotometry. On the contrary, in determining nisin concentration by agar diffusion method, the basic medium obtained the higher sensitivity and smaller relative error compared with the optimized culture medium. In addition, it was difficult to form a clear bacteriostatic circle at the low concentration of nisin with the optimized culture medium. Therefore, basic culture medium was a suitable choice when the agar diffusion method was used to determine nisin concentration.

Key words: culture medium optimization; nisin; Titer

中图分类号: TS202

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2016)15-0320-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2016.15.054

乳链菌肽(nisin)是从乳酸乳球菌的代谢产物中提取得到的一种多肽物质,由34个氨基酸组成^[1],能显著抑制革兰氏阳性菌的增长^[2],可用于乳和乳制品、肉和肉制品的防腐保鲜^[3],是一种公认的安全无毒的天然生物性食品防腐剂和抗菌剂,广泛应用于食品工业,目前已有60多个国家批注允许使用^[4]。

目前已报道的乳链菌肽效价检测方法主要有琼脂扩散法^[5]、分光光度法^[6]、ATP荧光法^[7]、酶联免疫吸附法^[8]等。其中琼脂扩散法和分光光度法简便易

行,最为常用^[9-10]。利用琼脂扩散法对乳链菌肽进行定量测定是由英国Aplin & Barrett公司的Tramer J & Fowler GG^[11]首次发表于Sci Food Agric杂志,该方法成为国际公认的乳链菌肽效价检测法^[12],但利用该方法测定乳链菌肽效价时间较长,一般需要培养20 h以上才能观察到清晰的抑菌圈,不能满足工业生产的需要^[13];利用分光光度法检测乳链菌肽效价检测时间较短,操作简便,但测定结果的准确度仍有待提高^[14]。这些方法都是以藤黄微球菌作为指示菌,目

收稿日期:2016-01-27

作者简介:李莹(1992-),女,在读硕士研究生,研究方向:蛋白质及天然产物的研发,E-mail:LY5148739299@163.com。

*通讯作者:贺进田(1968-),男,博士,副教授,主要从事多肽和蛋白质药物新型制剂的研发工作,E-mail:he_jintian@sina.com。

Food Science and Technology, 2009, 42(5): 998-1002.

[19] 尼珍,胡昌勤.近红外光谱分析中光谱预处理方法的作用及其发展[J].药物分析杂志,2008,28(5):824-828.

[20] 柳艳云,胡昌勤.近红外分析中光谱波长选择方法进展与

应用[J].药物分析杂志,2010,30(5):968-975.

[21] 王梦东,王胜鹏.适用于3类茶的定性分类及主要内含成分定量分析的近红外预测模型的建立[J].华中农业大学学报,2015,34(1):123-127.