文章编号:1673-1689(2006)06-0007-06

茶渣中蛋白质酶法提取工艺

沈莲清[1]， 黄光荣[2]， 王向阳[1]， 王忠英[1]
(1. 浙江工商大学 食品生物与环境工程学院,浙江 杭州 310035; 2. 浙江科技学院 生物与化学工程学院,浙江 杭州 310023)

摘 要: 研究了蛋白酶法提取茶叶加工后茶渣中蛋白质的工艺。结果显示,碱性蛋白酶和复合蛋白酶提取效果较好;碱性蛋白酶法提取的最佳工艺为酶加量4%、液固比35∶1(mL/g)、提取时间4 h,提取率可达34.2%;复合蛋白酶法提取的最佳提取工艺为酶加量3%、液固比35∶1(mL/g)、提取时间4 h,提取率可达18.6%;双酶法提取中,采用先复合蛋白酶,后碱性蛋白酶,提取效果较好,并且碱性蛋白酶占总酶加量比例对提取率的影响较大,当碱性蛋白酶占25%时,提取率达到最大,为42.1%;双酶法提取的最佳提取工艺为pH 8.0,温度60 ℃,酶加量4%,提取率可达47.8%。

关键词: 茶叶;蛋白质;蛋白酶;提取;正交设计
中图分类号: TS 272.4 **文献标识码**: A

Extraction of Protein from Tea Sullage by Protease

SHEN Liang-qing[1], HUANG Guang-rong[2], WANG Xiang-yang[1], WANG Zhong-ying[1]
(1. College of Food Science, Biotechnology and Environment Engineering, Zhejiang Gongshan University, Hangzhou 310035, China; 2. School of Biological and Chemical Engineering, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, China)

Abstract: The extraction process of protein from tea sullage by protease was investigated. The results showed that alcalase and protamex were the best proteases. The highest extraction rate of protein reached 34.2% at the optimal extraction conditions: 4% alcalase, 35∶1 ration of water to solid and for 4 hours. And also the highest extraction rate of protein reached 18.6% at optimal extraction conditions: 3% protamex, 35∶1 ration of water to solid and for 4 hours. The best double proteases extraction process of protein from tea sullage was first extracted by protamex, then by alcalase. The percent of cucalase on protamex plays key role on the extraction rate, and the highest extraction rate reached 42.1% when alcalase addition ratio was 25%. The optimal extraction conditions for double proteases process were pH 8.0, 60°C and 4% proteases addition.

Key words: tea; protein; protease; extraction; orthogonal design

---

中国是产茶大国,茶叶资源十分丰富,但在茶叶生产过程中产生的大量茶末、修剪叶、甚至滞销的粗老茶,大部分没有进一步加工而当作废料处理;同时速溶茶、茶饮料、茶多酚等企业也产生大量

收稿日期:2006-09-01; **修回日期**:2006-09-19.
基金项目:浙江省科技计划项目(2004C24007).
作者简介: 沈莲清(1946-),女,江苏苏州人,教授、博士研究生导师.

万方数据

的茶渣，若这些茶渣不被再利用，不仅造成资源浪费，而且严重污染生态环境。因此深入研究茶叶及其加工产生的茶渣的深加工和综合再利用，具有良好的社会和经济效益。近年来，国内外比较注重对茶叶水溶性成分的研究与应用，但对非水溶性茶叶蛋白质的研究却少有报道[1-2]，国内仅有几篇分别采用碱法和NaCl溶液提取的初步研究报道[3-4]。另据初步研究报道，茶叶蛋白质和茶多酚一样具有较强的保健功能[5]，如茶叶蛋白质具有抵抗突变[6-8]和降血脂效果，对动脉粥样硬化及冠心病可能有一定的预防作用[3]。目前，对茶渣的利用一般是作为家禽用饲料[9-10]，而对茶渣中含有约20%～30%的蛋白质却没有很好地研究。采用碱法提取茶叶蛋白质已有文献报道[3,11]，但碱法提取茶叶蛋白质有其缺点，如会改变茶叶蛋白质的营养学特性，使蛋白质的半胱氨酸和丝氨酸结合形成赖-丙氨酸，这种物质不但有毒，而且还会引起营养物质的损失。利用蛋白酶提取茶渣中的蛋白质，不仅能提高和改善蛋白质的溶解性、乳化性、起泡性、粘度等，还能避免碱法水解对氨基酸的破坏和变旋，从而保证蛋白质的质量[12]。文中将对利用蛋白酶提取茶叶蛋白质的工艺进行探讨，为茶渣的综合利用提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 实验材料

茶渣(自制)：市售杭州绿茶，开水浸泡3次，每次15 min，烘干，粉碎，过60目标准筛，得过筛茶渣。

复合风味蛋白酶、中性蛋白酶、碱性蛋白酶和复合蛋白酶均购自丹麦诺和诺德生物制剂有限公司。

1.2 主要实验仪器与设备

721型分光光度计，上海第三分析仪器厂制造；FA1004型电子分析天平，上海精科天平制造厂制造；TDL-40B离心机，北京亚力恩科学器材公司制造；SQ211－9B多功能食品加工机，上海帅佳电子科技有限公司制造；101A－2型电热鼓风干燥箱，上海市实验仪器总厂制造；SHZ-82型恒温振荡器，苏州国华电器有限公司制造。

1.3 提取基本工艺

茶渣→加水配成一定的液固比(质量体积)→调节适当的pH、温度→加酶提取→加热钝化酶→离心分离→蛋白质提取上清液→测定蛋白质含量。

在调整pH后加入蛋白酶，并迅速搅匀，反应中严格控制温度和pH(公差：温度±1 ℃，pH±0.05)。终止时沸水浴灭酶15 min，然后离心(10 000 r/min，10 min)分离，测上清液中蛋白质含量，计算提取率。

1.4 实验方法

1.4.1 不同种类的蛋白酶对茶渣中蛋白质提取率的影响 分别选用碱性蛋白酶、中性蛋白酶、复合蛋白酶和复合风味蛋白酶，在各自最适温度和pH条件下，以添加量2%、液固比30∶1(mL/g)，提取2 h，测定蛋白质的提取率。

1.4.2 碱性蛋白酶对茶渣中蛋白质提取率的影响 分别试验碱性蛋白酶添加量从1%～6%(固定pH 7.5，温度55 ℃，时间2 h，液固比30∶1(mL/g))，液固比从20～45∶1(固定pH 7.5，温度55 ℃，时间2 h，酶加量2%)和提取时间从1～6 h(固定pH 7.5，温度55 ℃，液固比30∶1(mL/g)，酶加量2%)，对茶渣中蛋白质提取率的影响。在单因素实验基础上选择液固比、酶加量和提取时间作3因素3水平$L_9(3^3)$正交实验，重复3次，优化提取参数(见表1)，以蛋白质提取率为考核指标。

表1 碱性蛋白酶正交实验因素水平表

Tab. 1 Factors and levels in the orthogonal array with alcalase

水平	因素		
	A 液固比/(mL/g)	B 酶加量/%	C 提取时间/h
1	30	3	3
2	35	4	4
3	40	5	5

1.4.3 复合蛋白酶对茶渣中蛋白质提取率的影响 分别试验复合蛋白酶添加量从1%～6%(固定pH 6.5，温度55 ℃，时间2 h，液固比30∶1(mL/g))，液固比从20～45∶1(固定pH 6.5，温度55 ℃，时间2 h，酶加量2%)和提取时间从1～6 h(固定pH 6.5，温度55 ℃，液固比30∶1(mL/g)，酶加量2%)，对茶渣中蛋白质提取率的影响。在单因素实验基础上选择液固比、酶加量和提取时间作3因素3水平$L_9(3^3)$正交实验，重复3次，优化提取参数(见表2)，以蛋白质提取率为考核指标。

1.4.4 双酶法提取对茶渣中蛋白质提取率的影响 选择碱性蛋白酶和复合蛋白酶为研究对象，采用两种酶解工艺，即一种是茶渣先用复合蛋白酶提取(加酶量3%，液固比35∶1(mL/g)，提取时间4 h，pH 7.5，温度55 ℃)，后灭酶，然后继续用碱性蛋白

万方数据

酶提取(酶加量 4%，液固比 35∶1(mL/g)，提取时间 4 h，pH 7.5，温度 55 ℃)，测定蛋白质的总提取率；第二种工艺是茶渣先用碱性蛋白酶提取，然后灭酶，继续用复合蛋白酶提取，测定蛋白质的总提取率。在确定较优的双酶解步骤后，按碱性蛋白酶占总蛋白酶加量比例从 20%～80%，研究两者配比对蛋白质总提取率的影响。在确定较优的双酶解步骤和碱性蛋白酶占总酶加量的比例后，为优化其它提取条件，固定反应体系液固比 35∶1(mL/g)，提取时间 4 h，碱性蛋白酶与复合蛋白酶酶加量比例 1∶3，采用 $L_9(3^3)$ 正交实验重复 3 次，研究双酶复合提取条件中 pH 值、温度和酶加量对茶渣中总蛋白质提取率的影响，实验设计见表 3。

表 2 复合蛋白酶正交实验因素水平表

Tab. 2　Factors and levels in the orthogonal array with protamex

水平	因素		
	A 液固比/(mL/g)	*B* 酶加量/%	*C* 提取时间/h
1	30	2	2
2	35	3	3
3	40	4	4

表 3　双酶复合正交实验因素水平

Tab. 3　Factors and levels in the orthoyonal array with double protenses

水平	因素		
	A pH 值	*B* 温度/℃	*C* 酶加量/%
1	7.0	50	3
2	7.5	55	4
3	7.5	60	5

1.5　测定方法

茶渣中蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝染色法[13]。

2　结果与讨论

2.1　不同种类的蛋白酶对茶渣中蛋白质提取率的影响

试验了中性蛋白酶、碱性蛋白酶、复合蛋白酶和复合风味蛋白酶在各自最适水解条件下对茶渣中蛋白质提取率的影响，结果见表 4。可知，碱性蛋白酶效果最好，提取率达 18.3%，其次是复合蛋白酶。复合风味蛋白酶效果较差，可能是因为其对完整大分子蛋白质的水解能力较差，水解产物粘稠，对原料的利用率低，因此单独使用不利于蛋白质的提取。

表 4　不同种类的蛋白酶对茶渣中蛋白质提取率的影响

Tab. 4　Effect of different enzymes on the protein extraction rate

酶种类	提取条件					蛋白质提取率/%
	提取温度/℃	提取 pH	添加量/%	液固比/(mL/g)	时间/h	
中性蛋白酶	50	7.0	2	30∶1	2	9.48
碱性蛋白酶	60	8.0	2	30∶1	2	18.31
复合蛋白酶	55	7.5	2	30∶1	2	10.95
复合风味蛋白酶	50	6.0	2	30∶1	2	7.75

2.2　碱性蛋白酶对茶渣中蛋白质提取率的影响

2.2.1　单因素分析　碱性蛋白酶酶加量、液固比和提取时间对茶渣中蛋白质提取率的影响如图 1 所示。可知，在碱性蛋白酶酶加量较低时提取率随加酶量的增加而提高，由最初 0.5% 酶加量时的 10.9%增加到 4%时的 22.41%，而当酶加量继续增加时，提取率并未增加，这可能是由于酶加量增加到一定的程度时，对不溶性茶叶蛋白质的水解能力不再是提高蛋白质提取率的限制性因素。同时，随着碱性蛋白酶添加量增加，水解度增大，把已水解的蛋白质水解成更小的肽，而蛋白质含量并没有增加，提取率反而降低。因此选择碱性蛋白酶的添加量在 3%～4%左右。液固比会直接影响酶与蛋白质互相作用几率及传质速度。由实验结果知，茶渣中蛋白质提取率随液固比的增加而增大，当达到 40∶1(mL/g)时，提取率可达 22.45%。但过高的液固比时，提取率反而有所下降，这可能是因为液固比过大，碱性蛋白酶的绝对浓度降低，从而降低了碱性蛋白酶作用于不溶性茶叶蛋白质的机会。因此，液固比以 35～40∶1(mL/g)为宜。蛋白质提取率随提取时间的延长而增加，当提取时间达到 4 h 后，趋于平缓，这可能是因为随着酶作用时间的延长，酶的活力相对下降，同时酶有更多的机会作用于已经溶出的蛋白质，因此选择提取时间以 3～4 h 为宜。

万方数据

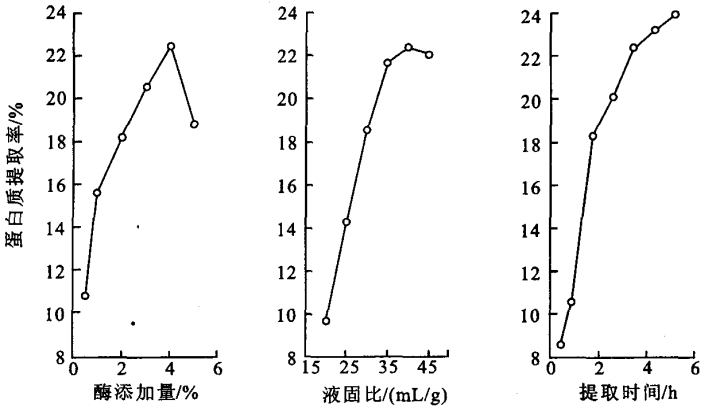


图1 碱性蛋白酶对茶渣中蛋白质提取率的影响

Fig. 1 Effect of alcalase on the protein extraction rate

2.2.2 正交分析 碱性蛋白酶正交实验优化结果及其分析见表5和表6。比较各因素的极差 R 值，酶加量的 R 值4.163，比液固比的3.643和提取时间的1.770都大，说明对蛋白质提取率影响最大的是酶加量，其次是液固比，并根据极差分析结果知较优水平组合为 $A_2B_2C_2$，即酶加量4%、液固比35∶1(mL/g)、提取时间4 h。从正交实验结果方差分析表可知，酶加量的 F 值大于液固比的 F 值，且二者的 F 值都大于 $F_{0.05}$，说明这两个因素对蛋白质提取率都有显著影响，这与表观分析结果相一致。最优水平组合(即酶加量为4%、液固比35∶1(mL/g)、提取时间4 h)及pH 7.5，温度55 ℃条件下提取蛋白质，蛋白质提取率可达34.2%。

2.3 复合蛋白酶对茶渣中蛋白质提取率的影响

2.3.1 单因素分析 复合蛋白酶酶加量、液固比和提取时间对蛋白质提取率的影响如图2所示。可知，在酶加量较低时提取率随加酶量的增加而提高，由最初1%酶加量时的9.58%增加到4%时的12.45%，但酶加量继续增大时，提取率并不增加。因此选择碱性蛋白酶的添加量以3%～4%为好。蛋白质提取率随液固比的增加而增大，当达到35∶1(mL/g)时，提取率为14.2%，液固比继续增大时，提取率并不增加。考虑到液固比过大时增加了后处理的负担，故以液固比约为35∶1(mL/g)为宜。蛋白质提取率随着提取时间的延长而增加，当提取时间为5 h达到最大提取率12.56%，超过6 h时，提取率几乎不变。

2.3.2 正交分析 复合蛋白酶正交实验优化结果及其分析见表7和表8。从 R 值的大小可以看出，利用复合蛋白酶提取蛋白质影响最大的是液固比，其次是酶加量。根据极差分析结果，可以得到较优水平组合 $A_2B_2C_3$，即酶加量3%、液固比35∶1(mL/g)、提取时间4 h，在该条件下提取茶叶蛋白质，提取率可达18.63%。从方差分析可知，3因素的 F 值均大于 $F_{0.05}$，说明这3个因素对提取率都有显著影响，其中液固比的 F 值最大，酶加量的 F 值其次，这与表观分析结果相一致。

表5 碱性蛋白酶正交实验结果

Tab. 5 The orthogonal experiment and results for the alcalase extraction

实验号	因素 A 液固比/(mL/g)	因素 B 酶加量/%	因素 C 提取时间/h	蛋白质提取率/%
1	30	3	3	24.38
2	30	4	4	30.57
3	30	5	5	28.41
4	35	3	4	30.56
5	35	4	5	33.86
6	35	5	3	29.87
7	40	3	5	27.25
8	40	4	3	30.25
9	40	5	4	28.68
K_1	83.36	82.19	84.50	
K_2	94.29	94.68	89.81	
K_3	86.18	86.96	89.52	
k_1	27.787	27.397	28.167	
k_2	31.430	31.560	29.937	
k_3	28.727	28.987	29.840	
R	3.643	4.163	1.770	

万方数据

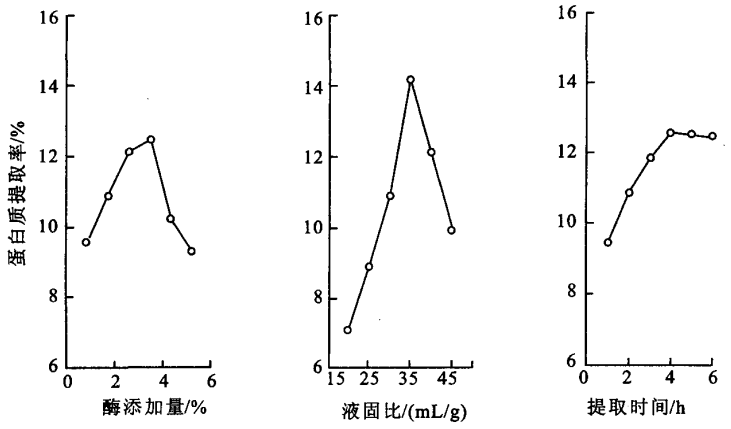


图 2　复合蛋白酶对茶渣中蛋白质提取率的影响

Fig. 2　Effect of protamex on the protein extraction rate

表 6　碱性蛋白酶正交实验结果方差分析表

Tab. 6　Analysis of variance for alcalase treatment

方差来源	偏差平方和 S	自由度 f	平均偏差平方和 V	F 值	显著性
液固比	21.465	2	10.733	23.485	*
酶加量	26.483	2	13.242	28.975	*
提取时间	5.942	2	2.971	6.501	
误差 e	0.91	2	0.455		
总和 T	54.8	8			

注:(1)$F_{0.05}(2,2)=19$, $F_{0.01}(2,2)=99$;(2)* 显著水平为 0.05。

表 7　复合蛋白酶正交实验结果

Tab. 7　Orthogonal experiment and results

实验号	因素			茶叶蛋白质提取率/%
	A 液固比/(mL/g)	B 酶加量/%	C 提取时间/h	
1	30	2	2	10.89
2	30	3	3	14.34
3	30	4	4	15.16
4	35	2	3	14.76
5	35	3	4	18.63
6	35	4	2	16.34
7	40	2	4	14.67
8	40	3	2	15.55
9	40	4	3	16.89
K_1	40.39	40.32	42.78	
K_2	49.73	48.52	45.99	
K_3	47.11	48.39	48.46	
k_1	13.463	13.440	14.260	
k_2	16.577	16.173	15.330	
k_3	15.703	16.130	16.153	
R	3.114	2.733	1.893	

表 8　复合蛋白酶正交实验方差分析表

Tab. 8　Analysis of variance for protamex treatment

方差来源	偏差平方和 S	自由度 f	平均偏差平方和 V	F 值	显著性
液固比	15.473	2	7.737	68.769	*
酶加量	14.709	2	7.355	65.373	*
提取时间	5.407	2	2.704	24.031	*
误差 e	0.23	2	0.115		
总和 T	35.819	8			

注:(1)$F_{0.05}(2,2)=19$, $F_{0.01}(2,2)=99$;(2)* 显著水平为 0.05。

2.4　双酶法提取对茶渣中蛋白质提取率的影响

双酶提取步骤对茶渣中蛋白质提取率的影响如图 3 所示。可知,采用先复合蛋白酶,后碱性蛋白酶提取的分步提取方法效果较好,提取率可达 50.25%。

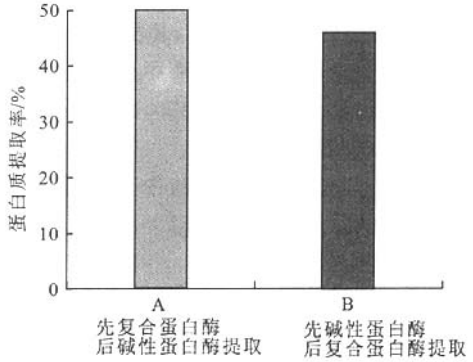


图 3　双酶提取步骤对茶渣中蛋白质提取率的影响

Fig. 3　Effect of the double proteases procedure on the protein extraction rate

碱性蛋白酶占双酶总量的比例对茶渣中蛋白

万方数据

质提取率的影响如图4所示。可知，碱性蛋白酶和复合蛋白酶的配合比例对提取率影响较大，当碱性蛋白酶占总酶加量的25%时，茶叶蛋白质提取率达到最大，为42.05%。这说明在该加量比下，碱性蛋白酶和复合蛋白酶的协同作用达到最佳，可以达到较好的提取率。

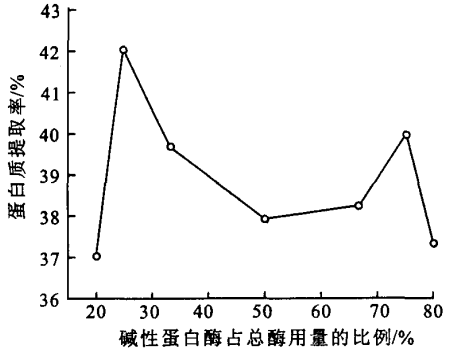


图4 碱性蛋白酶占双酶总量的比例对茶渣中蛋白质提取率的影响

Fig. 4 Effect of the percent of alcalase on the protein extraction rate

双酶复合正交实验优化结果及其分析见表9和表10。比较各因素的极差R值可知，对提取率影响最大的是pH值，其次是温度。双酶复合提取的最优水平组合为$A_3B_3C_2$，即pH 8.0、温度60 ℃、酶加量4%。在该条件下提取蛋白质，提取率可达47.76%。由方差分析可知，pH、温度的F值均大于$F_{0.05}$，说明这两个因素对提取率有显著影响，这与表观分析结果一致。

3 结 论

1)在中性蛋白酶、碱性蛋白酶、复合蛋白酶和复合风味蛋白酶等4种蛋白酶中，以碱性蛋白酶提取效果最好，提取率达18.3%，其次是复合蛋白酶。

2)碱性蛋白酶法提取茶渣中蛋白质的最佳提取工艺为酶加量4%、液固比35∶1(mL/g)、提取时间4 h，提取率可达34.2%。

3)复合蛋白酶法提取茶渣中蛋白质的最佳提取工艺为酶加量3%、液固比35∶1(mL/g)、提取时间4 h，提取率可达18.63%。

4)双酶法提取中，采用先复合蛋白酶，后碱性蛋白酶提取的分步提取方法效果较好。碱性蛋白酶占总酶加量比例对提取率的影响明显，当碱性蛋白酶占总酶加量的25%时，提取率达到最大，为42.05%。双酶法提取茶渣中蛋白质的最佳提取工艺为pH 8.0、温度60 ℃、酶加量4%，提取率可达47.76%。

表9 双酶复合正交实验方案及结果

Tab. 9 Arrangement and results of orthogonal experiment of double proteases

实验号	因素 A pH值	B 温度/℃	C 酶加量/%	蛋白质提取率/%
1	7.0	50	3	34.53
2	7.0	55	4	37,45
3	7.0	60	5	39.28
4	7.5	50	4	40.86
5	7.5	55	5	41.40
6	7.5	60	3	42.96
7	8.0	50	5	41.97
8	8.0	55	3	44.56
9	8.0	60	4	47.76
K_1	111.26	117.36	122.05	
K_2	125.22	123.41	126.07	
K_3	134.29	130.00	122.65	
k_1	37.087	39.120	40.683	
k_2	41.740	41.137	42.023	
k_3	44.763	43.333	40.883	
R	7.676	4.213	1.340	

表10 双酶复合正交实验结果方差分析表

Tab. 10 Analysis of variance for double proteases

方差来源	偏差平方和S	自由度f	平均偏差平方和V	F值	显著性
pH值	89.725	2	44.863	99.473	*
温度	26.644	2	13.322	29.539	*
酶加量	3.135	2	1.568	3.476	
误差e	0.90	2	0.450		
总和T	120.404	8			

注：(1)$F_{0.05}(2,2)=19$，$F_{0.01}(2,2)=99$；(2)*显著水平为0.05。

参考文献：

[1] 王元凤，王登良，魏新林. 酶技术在茶叶深加工中的应用研究[J]. 饮料工业，2000，3(6)：18－22.

[2] 杜继煜，白岚，白宝璋. 茶叶的主要化学成分[J]. 农业与技术，2003，23(1)：53－55.

(下转第33页)

万方数据

2.4 综合评价值的响应面分析及等高线图

由回归方程得出响应曲面及其等高线显示，各因素之间对模综合评价值的影响有协同作用，且 X_2、X_4对模糊综合评价值的影响较大，表现为曲线较陡，而 X_1、X_3对模糊综合评价值的影响较小，表现为曲线较为平滑，等高线图可以直观地反映出两因素的交互作用的大小，圆形表示两因素交互作用不显著，而椭圆形则表示两因素的交互作用显著，可以得出 X_1X_4，X_2X_4，X_3X_4的交互作用较强。

对回归方程求一阶偏导，得到 $X_1=-0.6311$，$X_2=-0.5188$，$X_3=0.5725$，$X_4=-0.6523$。对编码值按 $Xj=(x_i-X_0)/\Delta X_j$ 进行回代，得到 $x_1=182$ ℃，$x_2=82$ ℃，$x_3=33$ MPa，$x_4=27$ MPa。

3 结　论

以微胶囊化效率、产率和保留率为评价指标，用模糊数学的方法处理实验数据得到模糊综合评价值；利用 SAS8.1 软件对模糊综合评价值进行回归拟合，获得回归方程；对回归方程求一阶偏导，得到制备维生素 A 微胶囊较优的工艺参数为进风温度为 182 ℃，出风温度为 82 ℃，第一次均质压力为 33 MPa，第二次均质压力为 27 MPa。

因为微胶囊的评价品质涉及到多项指标，模糊综合评价避免了只用单项指标评价的主观性，因此是客观、科学、合理的评价方法，从而实现了模糊控制，为微胶囊的品质评价提供了模型参考。

参考文献：

[1] Bertolini A C, Siani A C, Grosso C. Stability of monoterpenes encapsulated in gum arabic by spray-drying[J]. **J Agric Food Chem**, 2001, 49 (2): 780－785.

[2] Hogan S A, McNamee B F, O'Riordan E D. Properties of sodium caseinate as a stabilizing agent in the manufacture of spray-dried fat-filled powers[J]. **Irish J A F**, 1997. 36: 276－303.

[3] Pedroza-Islas R, Vernon-Carter E J. Using biopolymer blends for shrimp feedstuff microencapsulation-Ⅰ. Microcapsule particle size, morphology and microstructure[J]. **Food Res In**, 1999, 32 (5): 367－374.

[4] Ré M I. Microencapsulation by spray drying[J]. **Dry Technol**, 1998, 16: 1195－1236.

[5] 贺仲雄. 模糊数学及其应用[M]. 天津：天津科学技术出版社，1983.

[6] Soottitantawat A, Yoshii H, Furuta T. Effect of water activity on the release characteristics and oxidative stability of D-Limonene encapsulated by spray drying[J]. **J Agric Food Chem**, 2004, 52 (5): 1269－1276.

[7] AACC. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists[M]. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 2000.

[8] 殷小梅，许时婴. EPA、DHA 的微胶囊化：壁材的筛选[J]. 食品与发酵工业，2000，26(1)：33－36.

[9] Mcnamee B F, O'riordan E D, O'sullivan M. Emulsification and microencapsulation properties of gum arabic[J]. **J Agric Food Chem**, 1998, 46 (11): 4551－4555.

[10] Diosady L L, Alberti J O, Venkatesh Mannar M. Miroencapsulation for iodine stability in salt fortified with ferrous fumarate and potassium iodide[J]. **Food Res In**, 2002, 35 (7): 635－642.

（责任编辑：朱　明）

（上接第 12 页）

[3] 活泼，黄光荣，张小晖，等. 非水溶性茶叶蛋白降血脂作用的研究[J]. 茶叶科学，2005，25(2)：95－99.

[4] 王洪新，胡昌云. 茶叶蛋白质提取及初步纯化研究[J]. 食品工业科技，2004，25(12)：69－71，73.

[5] 中科院上海生物工程研究中心. 茶叶蛋白[J]. 技术与市场，1999(10)：23.

[6] 李燕，蔡东联，霞雪君，等. 茶蛋白液预防辐射引起的突变效应[J]. 痛变畸变突变，2001，13(1)：32－36.

[7] Bu-Abbas A, Clifford M N, Walker R, et al. Selective induction of rat hepatic CYP1 and CYP4 proteins and of peroxisomal proliferation by green tea[J]. **Carcinogenesis**, 1994, 11(15): 2575－2579.

[8] 蔡东联，梁华，华苏，等. 茶叶中的元素和蛋白质含量与茶叶质量的关系[J]. 中国公共卫生，1994，10(11)：516－518.

[9] 吴树良. 茶饲料的巧用与效果[J]. 茶叶机械杂志，2001(3)：37.

[10] 佐野满昭. 茶添加到家禽饲料中的利用效果[J]. 农业新技术新方法译丛，1996，61(2)：32－33.

[11] 张晓晖，章克昌，活泼，等. 非水溶性茶蛋白的提取工艺研究[J]. 食品研究与开发，2005，26(3)：64－67.

[12] 刘芳，王遂. 酶法提取变性脱脂豆粕中蛋白质的研究[J]. 食品科学，2004，25(3)：89－92.

[13] 陈均辉，陶力，李俊，等. 生物化学实验(第三版)[M]. 北京：科学出版社，2003：63－64.

（责任编辑：秦和平）

万方数据