

# 甲壳素微波法脱乙酰制备壳聚糖的研究

曹健<sup>1</sup>, 代养勇<sup>2</sup>, 王红军<sup>1</sup>, 王育军<sup>1</sup>

(1. 河南工业大学生物工程学院, 河南 郑州 450052; 2. 山东农业大学食品学院, 山东 泰安 271018)

**摘 要:** 本文采用微波技术由甲壳素脱乙酰制备壳聚糖, 首次对在微波反应前采用乙醇浸泡对甲壳素进行预处理的条件进行了较为系统的研究, 并通过单因素试验和正交试验分析了微波反应时间、碱液浓度、乙醇浸泡时间、乙醇浓度、微波功率对壳聚糖脱乙酰度和粘均分子量的影响, 提出了制备高脱乙酰度、高粘均分子量壳聚糖的最优条件为(微波功率 462W): 微波反应时间 20min, NaOH 浓度 50%, 乙醇浸泡时间 2.5h, 乙醇浓度 80%。在该条件下制得的壳聚糖脱乙酰度为 77.07%, 粘均分子量为 43.13 万, 得率为 68.98%。

**关键词:** 微波; 脱乙酰; 乙醇预处理; 甲壳素; 壳聚糖

## Research on Chitosan Preparation by Microwave Deacetylation of Chitin

CAO Jian<sup>1</sup>, DAI Yang-yong<sup>2</sup>, WANG Hong-jun<sup>1</sup>, WANG Yu-jun<sup>1</sup>

(1. Biological Engineering College, Henan University of Technology, Zhengzhou 450052, China;

2. Food College, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China)

**Abstract:** Chitosan was prepared in this paper from chitin by applying microwave technique. Ethanol was employed to soak the chitin before microwave treatment, and the condition of the ethanol pretreatment was studied systematically for the first time. Through single-factor experiments and orthogonal experiment, the effects of some factors on the degree of deacetylation and molecular weight of the chitosan product were studied. The optimized conditions of preparing chitosan product with relatively high degree of deacetylation and high molecular weight were provided, as follows (with microwave power being 462W): reaction time under microwave treatment 20min, concentration of NaOH 50%, soaking time of ethanol 2.5h and concentration of ethanol 80%. Under such conditions, degree of deacetylation and molecular weight of the chitosan product were 77.07% and  $4.313 \times 10^5$ , respectively, and the yield of the product was 68.98%.

**Key words:** microwave; deacetylation; ethanol pretreatment; chitin; chitosan

中图分类号: TS201.23

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2005)11-0120-06

甲壳素(Chitin)又名甲壳质、几丁质、聚乙酰氨基葡萄糖等, 1811年由法国科学家发现, 是自然界中存在的唯一碱性同聚多糖, 含量仅次于纤维素, 而壳聚糖(Chitosan)则是甲壳素经脱乙酰化处理的产物。由于甲壳素分子中内外氢键相互作用, 形成有序的大分子结构, 因而溶解性能很差, 限制了它在很多方面的应用<sup>[1]</sup>; 而壳聚糖由于分子结构中大量游离氨的存在, 溶解性能大大改观, 并具有独特的物化性质及生理功能, 并被誉为继糖、蛋白质、脂类、维生素、矿物质之后的第六生命要素。壳聚糖的质量指标主要包括脱乙酰度和粘度。

随着微波技术的发展, 为了探索节能、污染轻、

反应时间短的新工艺, 有些研究人员提出了利用微波辐射技术代替传统的碱处理法制备壳聚糖。利用微波处理甲壳素与碱液的混合物, 可以大大提高甲壳素的脱乙酰速率, 同时还能缩短反应时间, 避免高温长时间处理导致壳聚糖产品的分子量和粘度下降, 从而提高壳聚糖的质量指标<sup>[2,3]</sup>。本文对利用微波法脱乙酰制取壳聚糖的条件进行了系统研究, 以期对采用该工艺从甲壳素生产壳聚糖提供理论指导。

### 1 材料与方法

#### 1.1 实验材料

甲壳素 福建莆田中盛伟业有限公司; 冰醋酸 开

收稿日期: 2004-11-26

基金项目: 河南省教育厅科技攻关计划项目(2003180058)

作者简介: 曹健(1969-), 女, 副教授, 博士, 研究方向为食品微生物。



封化学试剂总厂; NaOH 开封化学试剂总厂; HCl 洛阳市化学试剂厂; 无水乙醇 洛阳市化学试剂厂; 以上试剂均为分析纯。

## 1.2 实验仪器与设备

JA1003 型恒平电子天平 上海分析仪器厂; ZK-82A 型真空干燥箱 上海市实验仪器总厂; HJ-4 型四联磁力加热搅拌器 江苏金坛市亿通电子有限公司; 乌氏粘度计( $\Phi$  0.55) 郑州至诚化验设备有限公司; 秒表 上海秒表厂; 17L 机械型家用微波炉 顺德市格兰仕微波炉电器有限公司; SHZ-D(III)型循环水式真空泵 巩义市英峪予华仪器厂; 数字恒温水浴锅 深圳天南海北有限公司; 低速离心机 北京医用离心机厂; UV-2450 型紫外可见分光光度计 日本岛津。

## 1.3 实验方法

### 1.3.1 甲壳素微波法脱乙酰制取壳聚糖

称取 2.00g 80 目甲壳素原料于 50ml 坩埚中, 加入 20ml 一定浓度的乙醇浸泡一定时间, 再加入 30ml 一定浓度的 NaOH 溶液, 搅拌均匀后, 浸泡约 10min, 放入微波炉内(坩埚上倒置一只大小合适的漏斗, 并在与坩埚对称处放置盛有 150ml 水的 250ml 烧杯, 以尽可能减少反应过程中反应液水分的蒸发), 在一定的微波功率下处理一定时间。微波反应结束后, 取出坩埚, 待冷却后进行离心, 沉淀用水反复冲洗至中性, 再用 4% 的醋酸抽提, 过滤, 滤液用 10% 的 NaOH 溶液调 pH9 左右使壳聚糖析出, 离心, 沉淀反复洗涤至中性, 在不低于 60℃ 温度下真空干燥至恒重。

### 1.3.2 壳聚糖脱乙酰度的测定

采用紫外光谱法。用乙酰氨基葡萄糖作工作曲线, 得到乙酰基浓度  $C$  与吸光度  $A$  的线性关系为:  $A=17C$ 。准确称取 8~10mg 壳聚糖试样于 100ml 容量瓶中, 用 10ml 0.01mol/L 的 HCl 溶液使其完全溶解后定容至刻度, 得浓度为  $C_1$  的壳聚糖溶液。在 199nm 处, 以 0.001mol/L 的 HCl 作参比测其吸光度  $A_1$ 。从工作曲线得到与吸光度  $A_1$  相对应的乙酰基浓度  $C_2$ , 再按下式计算脱乙酰度 DD<sup>[4]</sup> (式中,  $C$  的单位为 mg/ml):

$$DD\% = 1 - (C_2/C_1)$$

### 1.3.3 壳聚糖粘均分子量的测定

采用粘度法<sup>[4]</sup>测定壳聚糖的特性粘度及其粘均分子量。分别准确称取不同量的干燥壳聚糖试样于 25ml 容量瓶中, 用 20ml 0.2mol/L HAc-0.1mol/L NaAc 溶液使其完全溶解, 定容后配制成不同浓度的壳聚糖溶液。分别用 3# 砂芯漏斗过滤于一小烧杯中, 取 10ml 滤液加入乌氏粘度计中, 在 25℃ 的恒温水浴锅中恒温 20min 以上, 用秒表读数, 分别测定溶剂以及不同浓度壳聚糖溶液在乌氏粘度计中的下落时间  $t$ 。相对粘度  $\eta_r$  和增比粘度  $\eta_{sp}$  的计

算如下:

$$\eta_r = t/t_0, \quad \eta_{sp} = \eta_r - 1$$

式中,  $t$  为壳聚糖样品溶液下落时间(s),  $t_0$  为溶剂下落时间(s)。

将  $\eta_{sp}/c$  对  $c$  (壳聚糖试样溶液浓度, g/ml) 作图, 所得直线截距即为壳聚糖的特性粘度  $[\eta]$ , 按下式<sup>[5]</sup>即可计算出壳聚糖的 0.2mol/L HAc-0.1mol/L NaAc 溶液的  $K$ 、 $a$  值:

$$a = -1.02 \times 10^{-2} DD + 1.82$$

$$K = 1.635 \times 10^{-30} DD^{14.0}$$

再依据 Mark-Houwink 方程:  $[\eta] = KM^a$ , 即可计算出壳聚糖的粘均分子量。

## 2 结果与讨论

### 2.1 甲壳素微波法脱乙酰的单因素试验

#### 2.1.1 微波反应时间

在微波反应前无水乙醇浸泡时间 4h, 微波功率 462W, 碱液浓度 50% 的条件下, 微波反应时间对壳聚糖脱乙酰度、粘均分子量和得率的影响见图 1。

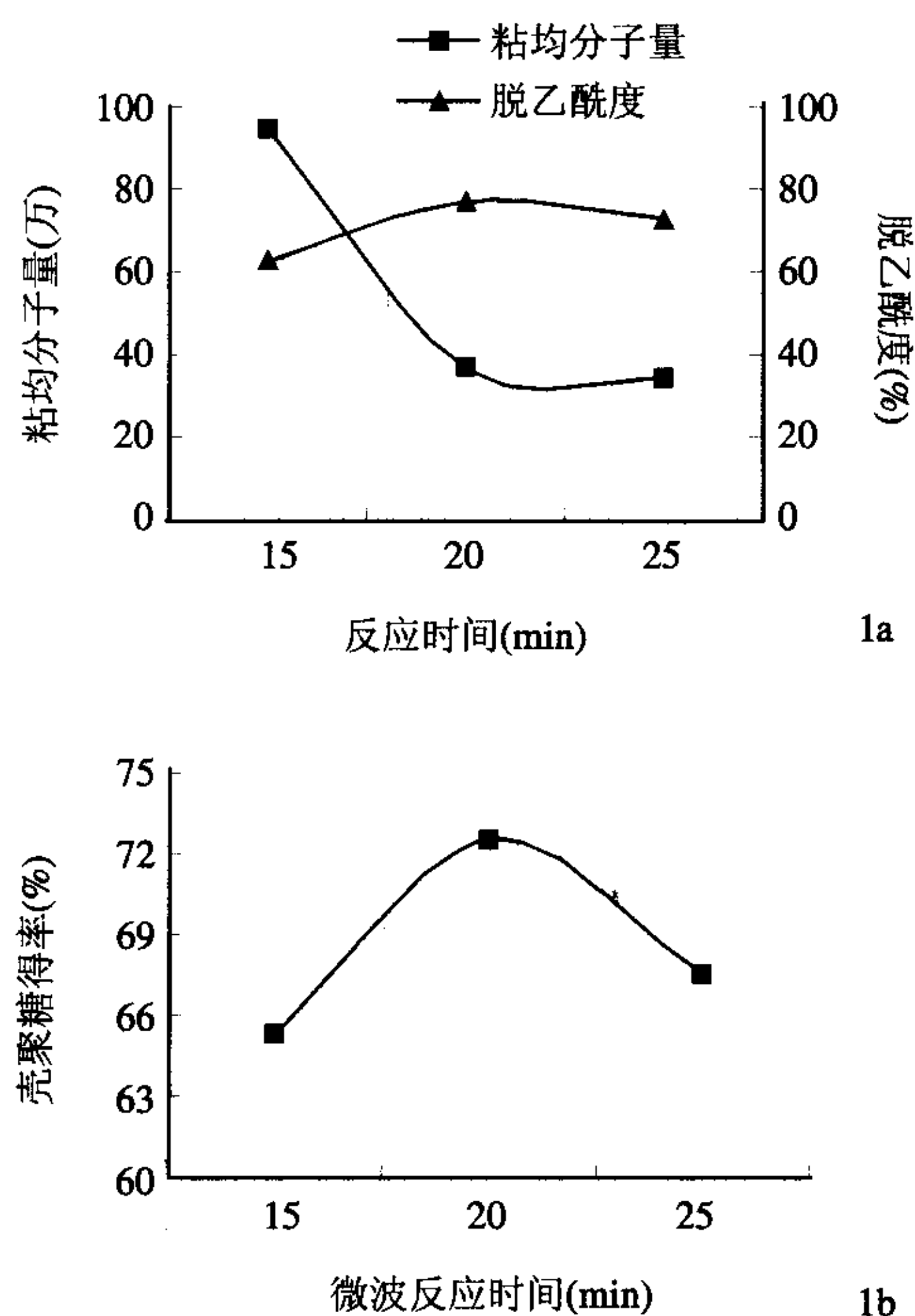


图1 微波反应时间对壳聚糖脱乙酰度、粘均分子量(1a)及得率(1b)的影响

Fig.1 Effect of microwave reaction time on degree of deacetylation, molecular weight (1a) and yield (1b) of chitosan

甲壳素在 NaOH 溶液中以固体颗粒状态存在, 脱乙酰反应发生在颗粒表面, 因此反应是一个非均相的固-液反应。研究认为, 甲壳素脱乙酰反应可以分为颗粒表面的脱乙酰反应及内部分子的脱乙酰反应两个阶段。



在常规的恒温恒重反应条件下,初期的脱乙酰反应可以认为是准一级反应<sup>[6]</sup>。本实验中,脱乙酰反应不是在恒温恒重条件下进行的,反应过程中反应温度逐渐升高,NaOH浓度也由于水分的蒸发而逐渐增加,因此反应过程更显复杂。

从图1可知,随着微波反应时间的延长,壳聚糖的脱乙酰度和得率开始呈上升趋势,到20min时达到最高,随后又逐渐下降,而粘均分子量的变化则相反。这可能是由于反应初期,反应主要发生在甲壳素颗粒表面,大量的OH<sup>-</sup>很容易直接作用于甲壳素分子,因此随着反应时间的延长,脱乙酰度逐渐增大,但碱液的作用也导致粘均分子量的下降。随着反应的深入进行,OH<sup>-</sup>开始通过扩散进入甲壳素颗粒内部与乙酰基发生反应,但由于能扩散进入颗粒内部的OH<sup>-</sup>数量有限,越向内部分子的脱乙酰反应进行得越不彻底,被醋酸抽提出来的壳聚糖分子的总体脱乙酰度也因此下降。到反应后期,脱下来的乙酰基在颗粒内外积累,因而阻碍了反应的进行,颗粒外部的脱乙酰速率逐渐减慢;由于分子胶团的阻力以及甲壳素分子间氢键的影响,OH<sup>-</sup>难以进一步向甲壳素分子内部扩散,颗粒内部的反应也将逐渐停止。由于OH<sup>-</sup>的扩散有一个过程,因此微波反应时间越短,脱乙酰反应越不彻底。

在实验中还发现,当处理时间达到25min时,由于反应体系水分蒸发的影响,反应结束后部分产物出现被烧焦的现象,因此一味延长微波反应时间也不可取。产物被烧焦还使得测定脱乙酰度时吸光值偏高,这也是随着微波反应时间的延长脱乙酰度减小的另一个原因,对壳聚糖的得率也有影响(见图1b)(从理论上讲,在一定的微波反应时间范围内,处理时间越长,脱乙酰反应越充分,得率应当越高)。

### 2.1.2 碱液浓度

传统方法采用浓NaOH溶液处理甲壳素制备壳聚糖。在碱性条件下,酰胺基团较酯基团难于断裂,但在强碱条件下,与顺式羟基相邻的乙酰氨基基团可以进行N-脱乙酰化。由于在微波反应过程中,随着水分的蒸发NaOH溶液浓度逐渐增大,因此本文只研究了初始碱液浓度对壳聚糖脱乙酰度、粘均分子量和得率的影响。

在微波反应前无水乙醇浸泡时间4h,微波功率462W,微波反应时间20min的条件下,实验结果见图2。由图2可知,微波反应过程中,壳聚糖的脱乙酰度先随碱液浓度的增大而下降,当碱浓度超过40%时,又随碱浓度的增大而增加,粘均分子量的变化情况刚好相反,得率则随碱液浓度的增大而增大。这可能是由于碱浓度低时,OH<sup>-</sup>越不能充分渗入到甲壳素颗粒内部,而只能使颗粒表面的甲壳素分子发生脱乙酰反应,未反应的部分不能用醋酸抽提出来,因此壳聚糖得率较低;

同时,由于在表面进行的反应仍是比较彻底的,因此所得壳聚糖的脱乙酰度也相对较高,但剧烈的反应也导致了产品分子量的下降。例如,当碱浓度为20%时,脱乙酰度为70.9%,得率仅为17.5%,相对分子量只有7000。

随着碱液浓度的升高,更多的OH<sup>-</sup>扩散到甲壳素分子颗粒内部并引起脱乙酰反应,虽然反应程度不如表面分子剧烈,但这部分发生了脱乙酰反应的甲壳素分子在用醋酸抽提时可被抽提出来,因此虽然得率增加,但却影响了壳聚糖产品整体的平均脱乙酰度;同样,由于内部反应程度不如表面分子,对分子的破坏程度小,因此整个产品的粘均分子量增加。当碱液浓度超过40%后,扩散到甲壳素颗粒内部的OH<sup>-</sup>数量和扩散的深度都进一步增加,引起更多的分子发生脱乙酰反应,内部分子的反应程度也提高了,因此壳聚糖产物的平均脱乙酰度又逐渐上升,得率也更高。但分子内外反应剧烈程度的增加却导致粘均分子量的下降。

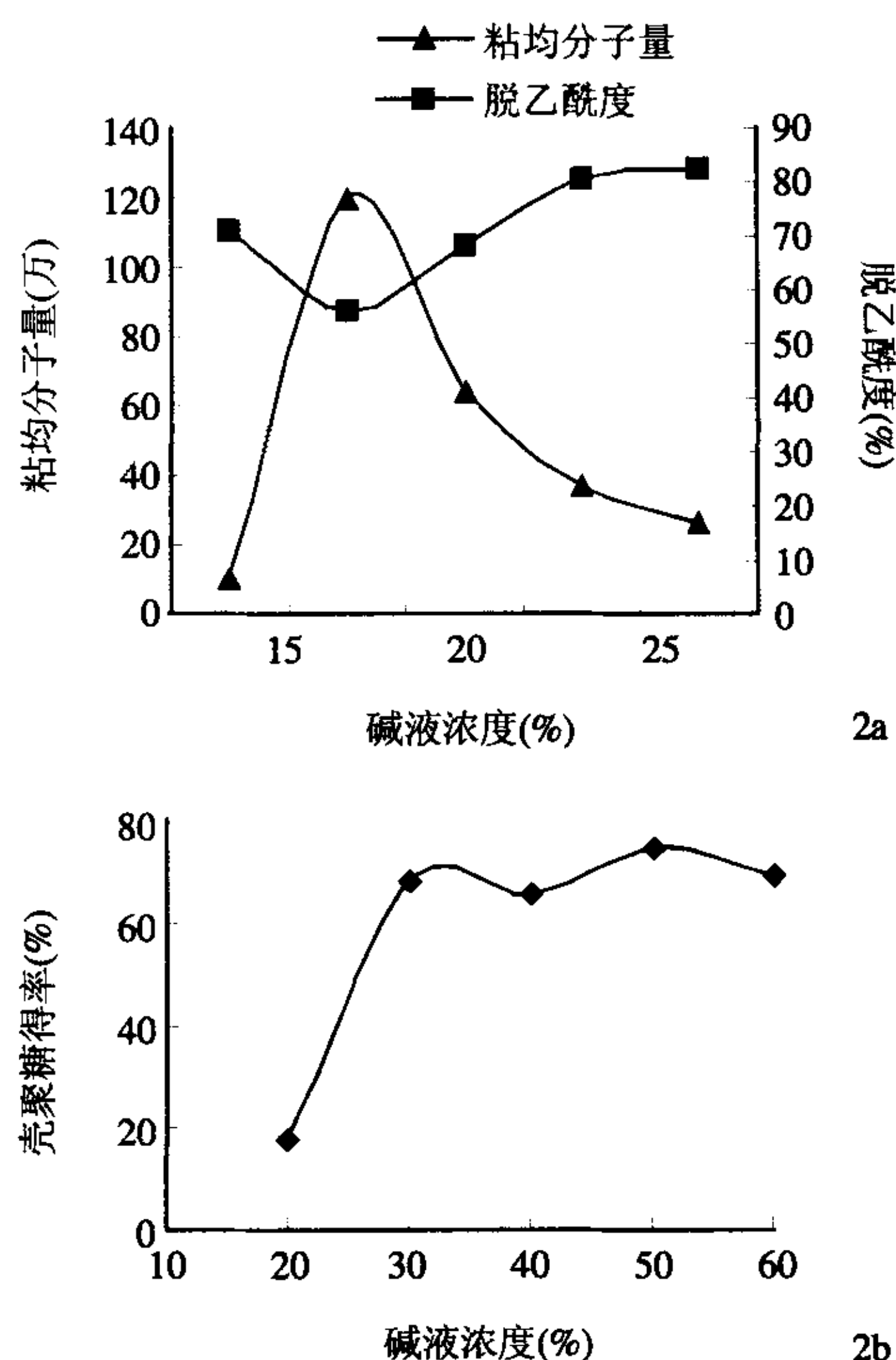


图2 碱液浓度对壳聚糖脱乙酰度、粘均分子量(2a)及得率(2b)的影响

Fig.2 Effect of concentration of NaOH on degree of deacetylation, molecular weight (2a) and yield (2b) of chitosan

### 2.1.3 无水乙醇浸泡时间

由于甲壳素分子间强烈的氢键作用,使其结构紧密,碱液不易进入,大大阻碍了脱乙酰反应的进行,因此在脱乙酰反应前,先采用乙醇对甲壳素颗粒进行浸泡,以破坏甲壳素分子内部的氢键。在微波功率462W,碱液浓度50%,微波反应时间20min的条件下,



无水乙醇浸泡时间对壳聚糖脱乙酰度、粘均分子量和得率的影响见图3。

由图3a可见,随着浸泡时间的延长,壳聚糖产物的脱乙酰度先是有所上升,之后又逐渐下降,粘均分子量的变化刚好相反,说明在微波反应前先用乙醇浸泡一定时间,有助于脱乙酰反应的进行。但浸泡时间过长时,由于乙醇的挥发,部分已被打破的氢键又重新缔合,从而不利于碱液的作用,导致脱乙酰度下降,相反粘均分子量却逐渐增加。由图3b可知,未用乙醇浸泡处理的甲壳素,壳聚糖得率最低,但与乙醇浸泡组的差别不是很大。有关乙醇对甲壳素颗粒内部氢键的作用机理还有待于进一步深入的研究。

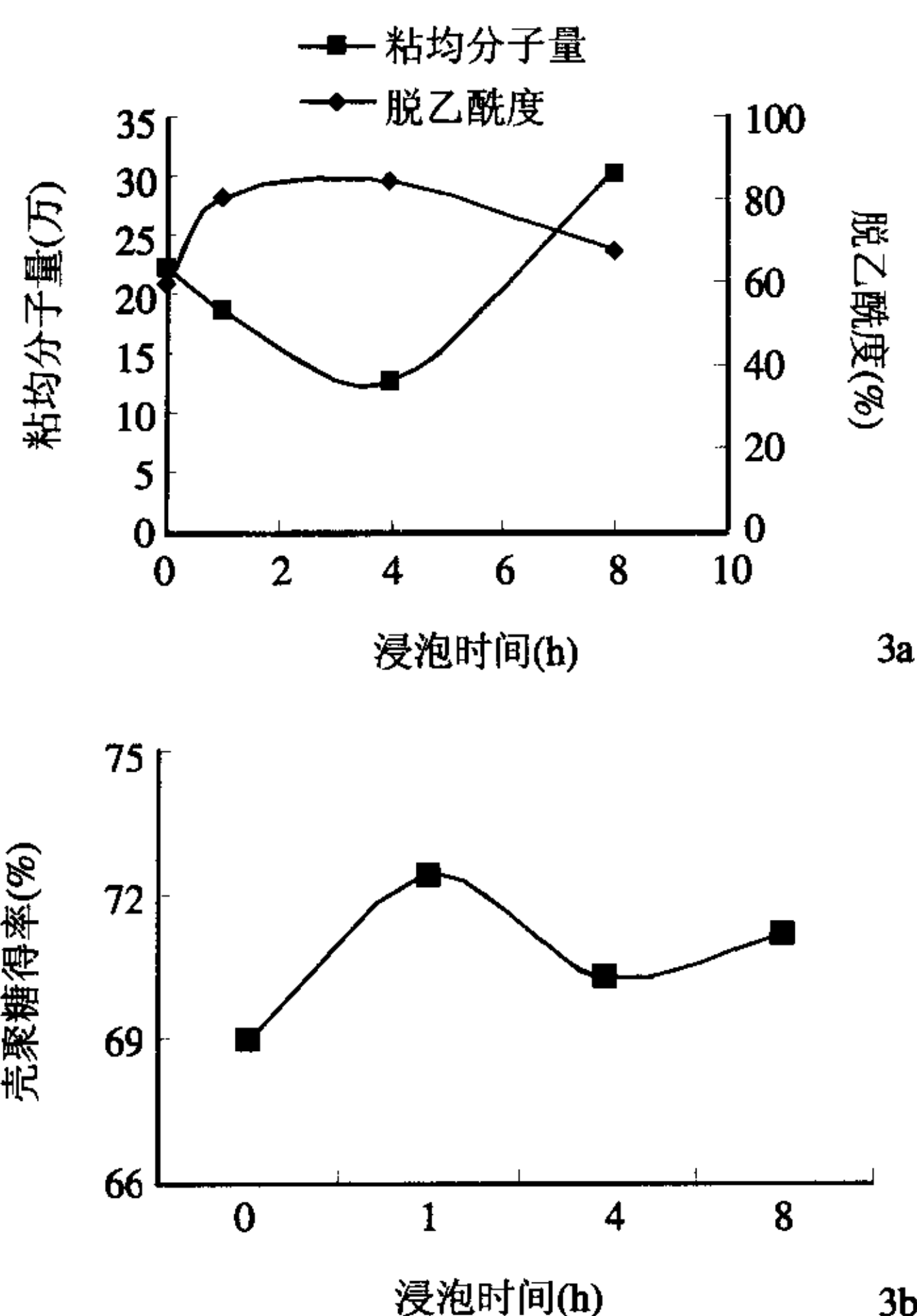


图3 无水乙醇浸泡时间对壳聚糖脱乙酰度、粘均分子量(3a)及得率(3b)的影响

Fig.3 Effect of soaking time of ethanol on degree of deacetylation, molecular weight (3a) and yield (3b) of chitosan

由图3a可见,随着浸泡时间的延长,壳聚糖产物的脱乙酰度先是有所上升,之后又逐渐下降,粘均分子量的变化刚好相反,说明在微波反应前先用乙醇浸泡一定时间,有助于脱乙酰反应的进行。但浸泡时间过长时,由于乙醇的挥发,部分已被打破的氢键又重新缔合,从而不利于碱液的作用,导致脱乙酰度下降,相反粘均分子量却逐渐增加。由图3b可知,未用乙醇浸泡处理的甲壳素,壳聚糖得率最低,但与乙醇浸泡组的差别不是很大。有关乙醇对甲壳素颗粒内部氢键的作用机理还有待于进一步深入的研究。

#### 2.1.4 乙醇浓度

在乙醇浸泡时间4h,微波功率462W,碱液浓度

50%,微波反应时间20min的条件下,乙醇浓度对壳聚糖脱乙酰的影响见图4。由图4可知,随着乙醇浸泡浓度的增加,壳聚糖的脱乙酰度增加,粘均分子量下降,各浓度水平的壳聚糖得率差距不大。这可能是由于甲壳素不溶于水,而乙醇却能较好地渗透到甲壳素颗粒中,乙醇浓度越高(80%~100%),能渗透到颗粒内部的乙醇就越多,所破坏的氢键也就越多,从而越有利于碱液的作用。图4b还表明,用较低浓度的乙醇(40%~60%)进行浸泡预处理所得壳聚糖的分子量和粘度非常高,是本文所有实验中最高的。对其中的机理值得进行更深入的研究,以期提供一种制备高分子量壳聚糖的途径。

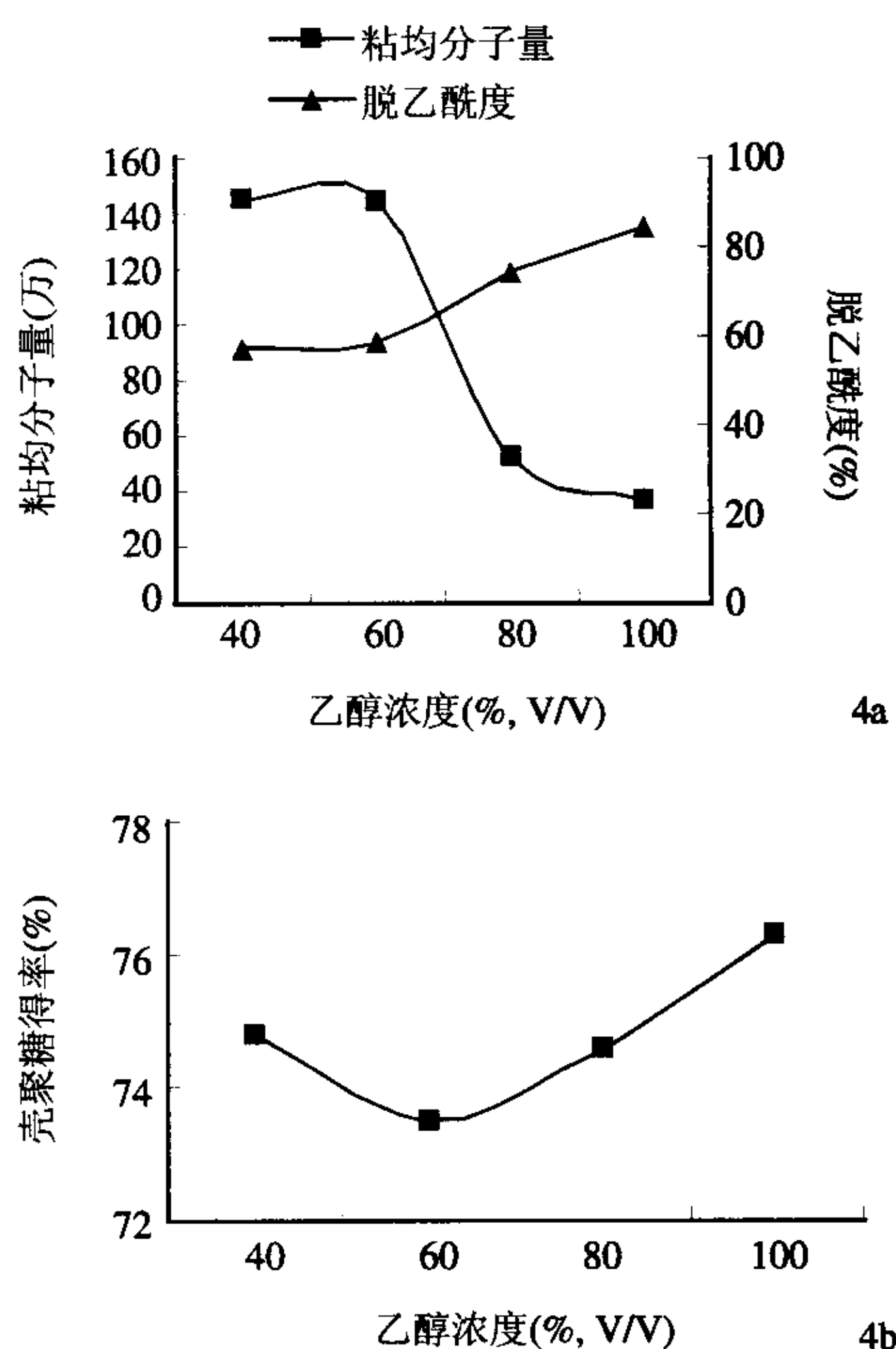


图4 乙醇浓度对壳聚糖脱乙酰度、粘均分子量(4a)及得率(4b)的影响

Fig.4 Effect of concentration of ethanol on degree of deacetylation, molecular weight (4a) and yield (4b) of chitosan

#### 2.1.5 微波功率

在无水乙醇浸泡时间4h,碱液浓度50%,微波反应时间20min的条件下,微波功率对壳聚糖脱乙酰度、粘均分子量和得率的影响见图5。

从图5可知,随着微波功率的升高,壳聚糖的脱乙酰度增大,但粘均分子量却不断下降。这显然是由于微波功率越高,提供给反应体系的能量越多,反应也就越剧烈所致。但在现有实验条件下,微波功率对壳聚糖得率的影响不明显。

#### 2.2 正交试验

根据单因素实验结果,确定了A:碱液浓度,B:微波反应时间,C:乙醇浸泡时间,D:乙醇浓度为



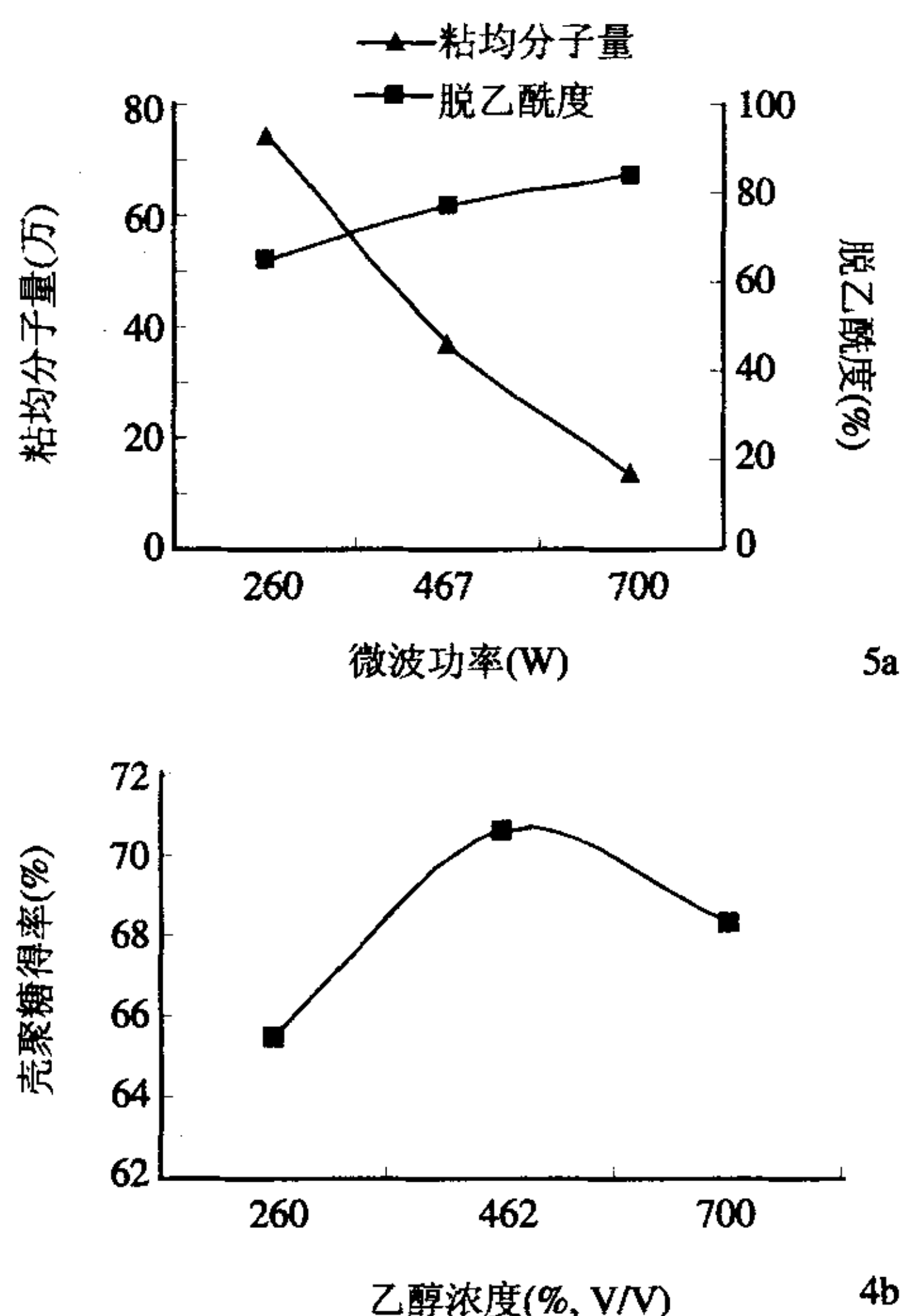


图5 微波功率对壳聚糖脱乙酰度、粘均分子量(5a)及得率(5b)的影响  
Fig.5 Effect of microwave power on degree of deacetylation, molecular weight (5a) and yield (5b) of chitosan

影响壳聚糖品质的主要因素,各因素的水平见表1,采用四因素三水平的正交表 $L_9(3^4)$ 进行正交试验,微波功率为462W,结果见表2~4。

由表2~4可见,各组条件下壳聚糖得率变化不大,粘均分子量和脱乙酰度变化较大。壳聚糖脱乙酰度的最优条件为 $A_3B_3C_3D_3$ ,各因素对结果的影响次序为: $A > B > D > C$ 。壳聚糖粘均分子量的最优条件为 $A_1B_1C_1D_1$ 。两者综合分析,若制备高粘度、高脱乙酰度( $>70\%$ )壳聚糖的最优条件为 $A_2B_2C_1D_1$ ,即NaOH浓度50%,微波反应时间20min,乙醇浸泡时间2.5h,乙醇浓度80%。在该条件下制得的壳聚糖脱乙酰度为77.07%,粘均分子量为43.13万,得率为68.98%。

### 3 结论

3.1 在各组单因素试验和正交试验中,随着实验条件的改变,壳聚糖脱乙酰度的变化与其粘均分子量的变化趋势相反,说明脱乙酰度的升高是以反应过程中壳聚糖分子的降解为代价的;但对壳聚糖得率的影响不明显。

3.2 本文首次研究了无水乙醇浸泡甲壳素的时间以及不

表1 正交试验因素水平表

Table 1 Factors and Levels of orthogonal experiment

水平	NaOH浓度(%)	微波反应时间(min)	浸泡时间(h)	乙醇浓度(%)
1	45	18	2.5	80
2	50	20	4	90
3	55	22	5.5	100

表2 甲壳素微波法制备壳聚糖正交试验结果

Table 2 Orthogonal experiment result of preparation of chitosan from chitin by microwave

试验号	A	B	C	D	脱乙酰度DD(%)	粘均分子量(万)	得率(%)
1	1	1	1	1	58.02	117.38	66.28
2	1	2	2	2	68.97	59.54	66.29
3	1	3	3	3	73.55	46.72	67.35
4	2	1	2	3	73.44	54.53	69.61
5	2	2	3	1	72.85	50.13	70.18
6	2	3	1	2	79.24	32.96	69.94
7	3	1	3	2	77.07	43.31	69.02
8	3	2	1	3	82.91	26.58	67.09
9	3	3	2	1	80.22	31.35	68.83

表3 壳聚糖脱乙酰度的正交试验结果极差分析

Table 3 Range analysis of orthogonal experiment result of deacetylation degree of chitosan

	A	B	C	D
$k_1$	200.54	208.53	220.17	211.09
$k_2$	225.53	224.73	222.63	225.28
$k_3$	240.20	233.01	223.47	229.90
R	39.66	24.48	3.30	18.81
优化水平	$A_3$	$B_3$	$C_3$	$D_3$

表4 壳聚糖粘均分子量的正交试验结果极差分析

Table 4 Range analysis of orthogonal experiment result of molecular weight of chitosan

	A	B	C	D
$k_1$	223.64	215.22	176.92	198.86
$k_2$	137.62	136.25	145.42	135.81
$k_3$	101.24	111.03	140.16	127.83
R	122.40	104.19	36.76	71.03
优化水平	$A_1$	$B_1$	$C_1$	$D_1$

同浓度乙醇浸泡甲壳素对其脱乙酰度、粘均分子量的影响。实验结果表明,在微波反应前先用乙醇对甲壳素进行一定时间的浸泡处理,有利于脱乙酰反应的进行;而采用低浓度乙醇(40%~60%)进行预处理,可望得到具有高分子量和粘度的壳聚糖。

3.3 正交实验结果分析表明,制备高脱乙酰度、高粘均分子量的壳聚糖最优条件为(微波功率为462W):NaOH浓度50%,微波反应时间20min,乙醇浸泡时间2.5h,乙醇浓度80%。在该条件下制得的壳聚糖脱乙酰度为77.07%,粘均分子量为43.13万,得率为68.98%。

3.4 与传统方法相比,甲壳素微波法脱乙酰制备壳聚糖不仅简化了工艺流程,还大大减少了反应时间、碱液用量和能耗。

### 4 展望

本实验中,微波的快速加热作用使反应体系温度快速升高,水分蒸发较为迅速,导致反应温度、碱液浓度无法准确控制,使反应过程变得过于复杂。因此,



# 辣根油中异硫氰酸酯的水解稳定性研究

张清峰, 姜子涛\*, 张云华, 李 荣  
(天津商学院食品科学与工程系, 天津 300134)

**摘 要:** 本文研究了温度、pH 值、溶剂、超声波等因素对辣根油中异硫氰酸酯水解稳定性的影响。结果显示随着温度的升高异硫氰酸酯水解速度加快; 在丙酮溶液中异硫氰酸酯性质稳定; 在超声波条件下异硫氰酸酯水解速度极快。同时, 我们讨论了异硫氰酸酯的水解机理, 并提出了一种提高其稳定性的方法。

**关键词:** 异硫氰酸酯; 水解; 机理

## Hydrolyzation Stability of Isothiocyanates Existed in Chinese Horseradish Volatile Oil

ZHANG Qing-feng, JIANG Zi-tao\*, ZHANG Yun-hua, LI Rong  
(Department of Food Science and Engineering, Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China)

**Abstract :** In this study, the effects of temperature, pH, solvent, ultrasonic wave on the hydrolyzation of isothiocyanates in the volatile oil of horseradish were investigated. The results indicated that the hydrolytic rate increased with the rising of temperature; isothiocyanates were stable in acetone and the hydrolytic rate was very high by ultrasonic wave. In addition, the mechanism of the hydrolyzation was discussed and a method for improving its stability was also given.

**Key words:** isothiocyanates; hydrolysis; mechanism

中图分类号: TS201.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2005)11-0125-04

辣根为十字花科辣根属草本植物, 广泛地分布于欧洲及亚洲。辣根具有独特的刺激性和辛香辣味, 是日本料理、凉拌菜、生食海鲜、马肉等常用的佐料, 同时也是制作辣根酱、辣味沙司必不可少的原料之一, 在日本、韩国、英国和匈牙利等国广为流行<sup>[1]</sup>。辣根辛辣刺

激的风味来源于一种被称为异硫氰酸酯(ITCs)的化合物。近年来的研究表明, ITCs 具有高度的生物学活性。

研究表明, ITCs 具有杀菌、抑菌和消灭消化道中寄生虫的作用<sup>[2]</sup>。最令人感兴趣的是: ITCs 能够有效地防止饮食中的多种致癌物包括多环芳烃(PAHs)、杂环胺

收稿日期: 2004-10-21

\* 通讯作者

基金项目: 天津市自然科学基金(043604511); 天津市高校科技发展基金(20030905)

作者简介: 张清峰(1983-), 男, 硕士研究生, 研究方向为食品添加剂。

下一步将致力于设计可控温、回流的微波反应装置, 对甲壳素微波法脱乙酰反应的研究必将大有裨益。此外, 还将考虑采用间歇反应的方法, 以进一步提高壳聚糖产物的品质。对于乙醇对甲壳素分子的作用机理和脱乙酰反应的影响也是需要进一步研究的一个重要方面。

### 参考文献:

[1] McGahren W J, Perkinson G A, Growich J A, et al. Chitosan by fermentation[J]. Process Biochemistry, 1984, 19: 88-90.

[2] 周能, 蒋先明. 微波半干一步法制备壳聚糖的研究[J]. 广西师范大学学报(自然科学版), 1998, 16(2): 54-58.

[3] 梁亮, 崔英德, 罗宇铭. 微波新技术制备壳聚糖的研究[J]. 广东工业大学学报, 1999, (3): 63-65, 81.

[4] 蒋挺大. 甲壳素[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.

[5] 王伟, 簿淑琴, 秦汶. 不同脱乙酰度壳聚糖方程的订定[J]. 中国科学(B 辑), 1990, (11): 1126-1131.

[6] 张子涛, 陈东辉, 陈亮. 甲壳素脱乙酰化及其动力学研究[J]. 青岛大学学报(工程技术版), 2000, 15(4): 23-26.