

# 微胶囊壁材辛烯基琥珀酸酯化淀粉的 界面性质和乳化稳定性

朱卫红, 许时婴\*, 江波

(江南大学 食品科学与安全教育部重点实验室, 江南大学食品学院, 江苏 无锡 214036)

**摘要:** 本文使用两种辛烯基琥珀酸酯化淀粉 HI-CAP100 和 N-LOK 为壁材制备微胶囊化薄荷油并研究了这两种壁材的界面性质和乳化稳定性。研究表明, HI-CAP100 不仅能有效地降低油/水界面的界面张力, 而且能在油/水界面上形成具有良好粘弹性且界面粘度较高的界面膜, 由其制备的乳状液具有很高的乳化稳定性。由 HI-CAP100 为壁材制备的高载量(40%, W/W)的微胶囊化薄荷油产品的微胶囊化产率、效率均超过 95%, 经 30 贮存 6 个月, 其保留率仍高达 95.3%, 显示出微胶囊化薄荷油具有良好的贮存稳定性。

**关键词:** 辛烯基琥珀酸酯化淀粉; 界面性质; 乳化稳定性; 薄荷油; 微胶囊

## Interfacial Properties and Emulsifying Stability of Starch Octenyl Succinate as Wall Material of Microencapsulation

ZHU Wei-hong, XU Shi-yi\*, JIANG Bo

(Key Laboratory of Food Science and Safety, Ministry of Education, School of Food Science and Technology,  
Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China)

**Abstract:** Microcapsules containing mint oil were prepared with two kinds of starch octenyl succinate HI-CAP100 and N-LOK. The interfacial properties and emulsifying stabilities of two wall materials have been determined. The results showed that HI-CAP100 not only reduced the interfacial tension but also formed high viscoelastic film by absorbing at oil/water interface. The emulsion formed by HI-CAP100 showed good emulsifying stability. Both the microencapsulation yield and efficiency of encapsulated mint oil with HI-CAP100 as wall material were high to 95%. Furthermore, the retention rate of encapsulated mint oil was 95.3% after stored at 30 for 6 months, which indicated that the encapsulated mint oil had perfect storage stability.

**Key words:** starch octenyl succinate; interfacial properties; emulsifying stability; mint oil; microencapsulation

中图分类号: TS225.1.9

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2006)12-0079-06

薄荷油是从薄荷的新鲜茎和叶中提取的一种芳香植物油, 在食品中常被添加于糖果、饮料、烘焙食品; 在医药上, 常用作清凉解表药和芳香健胃药; 此外, 薄荷油在化妆品、烟草、牙膏等方面也有着广泛的用途。但由于薄荷油挥发性较强, 在贮存和使用过程中不可避免地造成损失, 将薄荷油进行微胶囊化, 不仅可以使液体香精粉末化便于加工, 而且能提高其稳定性, 更有利于贮存和应用<sup>[1]</sup>。

微胶囊技术实质上是一种包裹技术, 其效果直接与“包裹材料”壁材的性质有关, 理想的壁材除了应具

有低粘度、无味、价格便宜等特点外, 良好的乳化稳定性是保证微胶囊化效果的关键因素<sup>[2]</sup>。辛烯基琥珀酸酯化淀粉是以淀粉为原料在一定条件下与辛烯基琥珀酸酐经酯化反应而得到的产物, 其优越性在于它是一种具有乳化性的改性淀粉, 由于在淀粉的多糖长链上同时引入亲水的羧基和疏水的烯基长链, 因而使其具有良好的乳化性。有研究表明, 采用辛烯基琥珀酸酯化淀粉制备的乳状液具有很高的乳化稳定性<sup>[3]</sup>, Gary A. Reineccius 研究发现, 以辛烯基琥珀酸酯化淀粉为壁材制备的微胶囊化桔油比采用阿拉伯胶作壁材制备的产品具

收稿日期: 2005-10-24

\*通讯作者

基金项目: 江苏省农业攻关项目(BE2004340)

作者简介: 朱卫红(1969-), 女, 工程师, 硕士, 研究方向为功能性食品添加剂。

有更高的微胶囊化效率<sup>[4]</sup>。陈晓玲等研究表明,以低粘度的辛烯基琥珀酸酯化淀粉为壁材制备高载量微胶囊化桔油,其微胶囊化效率和保留率均达到95%以上<sup>[5]</sup>。

由于乳状液是油水两相组成的热力学不稳定体系,体系的表面自由能很高,若加入的乳化剂能有效地降低界面张力,则有利于乳状液的形成和稳定;影响乳状液稳定性的另一个重要因素是界面膜的性质,若界面膜的粘弹性高,界面粘度较大,可以防止油滴的合并而破裂,则乳状液的稳定性将大大增加,这在许多大分子乳化剂所稳定的乳状液中表现得尤为突出<sup>[6]</sup>。通常采用两种方法研究界面膜的性质,即界面剪切流变性质<sup>[7,8]</sup>和界面膨胀流变性质<sup>[9,10]</sup>,从而预示乳状液的稳定性。因此,通过研究辛烯基琥珀酸酯化淀粉的界面性质,探讨其乳化稳定机理,有利于深刻理解乳状液稳定性和微胶囊化效果的关系。

本文主要研究了两种辛烯基琥珀酸酯化淀粉 HI-CAP100 和 N-LOK 的界面性质和乳化稳定性,探讨了这两种壁材对微胶囊化薄荷油产品的产率、效率及其贮存稳定性的影响。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料

辛烯基琥珀酸酯化淀粉 HI-CAP100 国民淀粉公司;辛烯基琥珀酸酯化淀粉 N-LOK 国民淀粉公司;薄荷素油 南通薄荷油厂;无水乙醚 上海化学试剂公司;标准葡聚糖(MW2000000、480000、188000、70000、10000、4600) Sigma 公司。

### 1.2 仪器与设备

Ultra-turrax T25型高速分散器 德国Janke&Kukel 公司;APV1000 型均质机 丹麦 APV 公司;QZ-5 型高速离心喷雾干燥机 无锡市林洲喷雾干燥设备厂;Mastersizer 2000型激光粒度分析仪 英国Malvern公司;AR1000 流变仪 英国 TA 公司;UV1100 紫外-可见分光光度计 北京瑞利分析仪器公司;CDCA100F 界面张力仪 英国Camtel 公司;CIR100 界面流变仪 英国Camtel 公司;Waters 600 高效液相色谱仪 美国Waters 公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 辛烯基琥珀酸酯化淀粉取代度的测定<sup>[11]</sup>

精确称取试样 0.5g 于 150ml 烧杯中,用数毫升分析纯异丙醇润湿。吸取 2.5mol/L 的盐酸异丙醇溶液 25ml,加入并淋洗烧杯壁上的试样;在磁力搅拌器上搅拌 30min,用量筒加入 90% 的异丙醇 100ml,继续搅拌 10min,用布氏漏斗过滤试样溶液,并用 90% 的异丙醇淋洗滤渣直至洗出液中无氯离子为止(用 0.1mol/L 的 AgNO<sub>3</sub> 溶液检验),将滤渣移入 600ml 烧杯中,用 90% 的异丙醇淋洗

布氏漏斗,洗液并入 600ml 的烧杯中,用蒸馏水定容至 300ml。于沸水浴中加热搅拌 10min,以酚酞为指示剂,趁热用 0.1mol/L 的 NaOH 标准溶液滴定至终点。辛烯基琥珀酸酯化淀粉的取代度按下式计算:

$$\text{取代度(DS)}=0.1624A/(1-0.210A)$$

式中, A 为每 g 辛烯基琥珀酸酯化淀粉所耗用的 0.1mol/L 的 NaOH 标准溶液的物质的量, mmol。

#### 1.3.2 辛烯基琥珀酸酯化淀粉相对分子质量分布的测定<sup>[12]</sup>

采用 Waters 600 高效液相色谱仪(配 2410 示差折光检测器和 M 3 2 工作站)。色谱条件:色谱柱为 Ultrahydrogel™Linear 300mm × 7.8mm id × 2;流动相为 0.1mol/L 硝酸钠;流速 0.9ml/min;柱温 45℃;样品溶解于流动相中,用微孔过滤膜过滤后供进样。在相同的色谱条件下测定若干个已知相对分子质量的葡聚糖的保留时间,得到相对分子质量和保留时间的关系式:lg MW=13.2-0.479 R<sub>t</sub> (式中, R<sub>t</sub> 为保留时间;MW 为相对分子质量),其线性关系 R<sup>2</sup>=0.9954。

#### 1.3.3 辛烯基琥珀酸酯化淀粉溶液表面张力和界面张力的测定

配制不同浓度的辛烯基琥珀酸酯化淀粉溶液,采用 CDCA100F 界面张力仪,选择铂片测量系统测定溶液的表面张力;选择铂-铱环测量系统测定辛烯基琥珀酸酯化淀粉溶液/薄荷油界面的界面张力。

#### 1.3.4 辛烯基琥珀酸酯化淀粉溶液静态流变性质和动态流变性质的测定<sup>[13]</sup>

采用 AR1000 流变仪,选择 40mm 平行板测量系统(平行板间距 0.5mm),选择稳态剪切模式,测定溶液的表观粘度随剪切速率的变化,记录剪切速率为 11s<sup>-1</sup> 时的表观粘度;选择小幅振荡模式,固定振荡应力为 1Pa,测定淀粉溶液的 G'、G'' 随振荡频率的变化。

#### 1.3.5 辛烯基琥珀酸酯化淀粉溶液界面流变性质的测定<sup>[8]</sup>

采用 CIR100 界面流变仪,以薄荷油/纯水界面为参比,采用小幅振荡模式,固定振荡频率 3Hz,振幅 5000μrad,测定薄荷油/淀粉溶液界面的 G'、G'' 随时间的变化。

#### 1.3.6 辛烯基琥珀酸酯化淀粉乳化和乳化稳定性的测定<sup>[14]</sup>

制备 30%(W/W) 的 HI-CAP100 和 N-LOK 溶液,分别在其中加入不同质量的薄荷油,搅拌,高速分散器分散 1min(22000r/min),高压均质两次(一级均质压力为 30MPa,二级均质压力为 5MPa),制备不同薄荷油载量的乳状液。采用 Mastersizer 2000 激光粒度分析仪测定新制备乳状液的平均粒径 d<sub>0</sub> 和 20 放置 6h 后乳状液的平均粒径 d<sub>6</sub>,以 d<sub>6</sub>/d<sub>0</sub> 反映乳状液的稳定性。

#### 1.3.7 微胶囊化薄荷油的制备

配制一定浓度(%, W/W)的辛烯基琥珀酸酯化淀粉溶液, 在其中加入一定量的薄荷油, 高速分散 1 min (22000r/min), 高压均质两次(一级均质压力为 30MPa, 二级均质压力为 5MPa), 制得不同薄荷油载量的乳状液(总固形物含量为 40%), 喷雾干燥(进风温度为  $195 \pm 3$ , 出风温度为  $95 \pm 3$ ), 制得微胶囊化薄荷油产品。

### 1.3.8 微胶囊化效率、产率和保留率的测定

微胶囊化效率(%) = (1 - 微胶囊表面薄荷油的含量) / 产品中薄荷油的含量 × 100

微胶囊化产率(%) = 微胶囊产品中薄荷油的量 / 初始添加薄荷油的总量 × 100

微胶囊的保留率(%) = 贮存一定时间后微胶囊囊心薄荷油的量 / 贮存前微胶囊囊心薄荷油的量 × 100

微胶囊产品中薄荷油总油含量的测定采用水蒸汽蒸馏法<sup>[15]</sup>。

微胶囊产品表面薄荷油含量的测定采用紫外分光光度法<sup>[16]</sup>。

取 100μg/ml 的薄荷油无水乙醚溶液, 进行紫外 - 可见扫描, 得薄荷油最大吸收峰为  $\lambda_{max} = 203\text{nm}$ , 再取不同浓度的薄荷油无水乙醚溶液测定 203nm 处的吸光值(以无水乙醚溶液为参比), 以吸光值( $A_{203\text{nm}}$ )为纵坐标, 薄荷油浓度(μg/ml)为横坐标绘制薄荷油工作曲线:  $Y = 0.0086X - 0.01571$  ( $R^2 = 0.9983$ )。式中, Y 为吸光值( $A_{203\text{nm}}$ ); X 为薄荷油浓度(μg/ml)。

称取一定量的微胶囊产品, 加入无水乙醚, 振荡、过滤, 重复 3 次, 合并滤液, 定容, 加入无水硫酸钠脱水, 在 203nm 处测定吸光值( $A_{203\text{nm}}$ ), 计算微胶囊产品表面薄荷油的含量。

## 2 结果与分析

### 2.1 辛烯基琥珀酸酯化淀粉的相对分子质量分布对溶液的表现粘度的影响

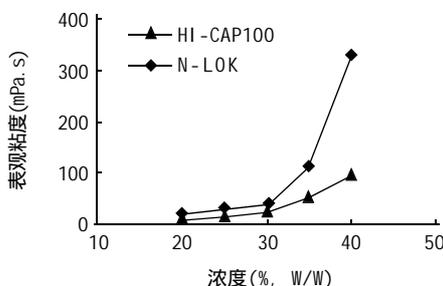


图1 不同浓度的辛烯基琥珀酸酯化淀粉溶液的表现粘度  
Fig.1 Apparent viscosity of starch octenylsuccinate solution with different concentrations

从图 1 可以看出, 两种辛烯基琥珀酸酯化淀粉溶液都具有很低的粘度, 在相同浓度下, HI-CAP100 的粘度

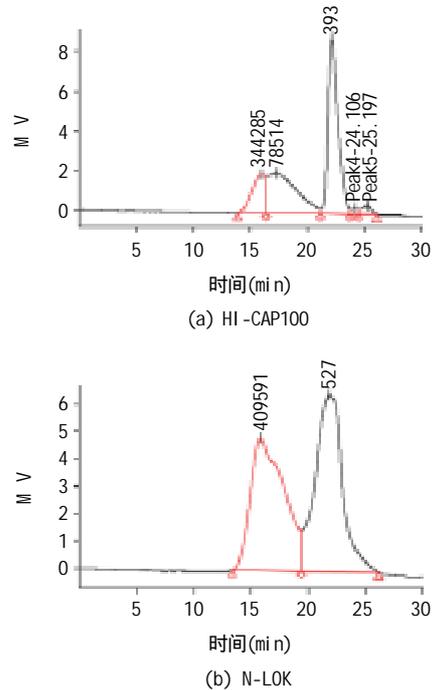


图2 两种辛烯基琥珀酸酯化淀粉的相对分子质量分布  
Fig.2 Molecular weight distribution of two kinds of starch octenylsuccinate

比 N-LOK 更低, 当 HI-CAP100 溶液浓度高达 40%(W/W) 时, 其粘度仅为 97mPa·s, 因此非常适合于作为微胶囊壁材, 这是因为低粘度有利于提高喷雾干燥时进料的固形物含量, 从而提高微胶囊化效率<sup>[17]</sup>。图 2 表明, HI-CAP100 和 N-LOK 均由相对分子质量较大部分和相对分子质量较小部分组成, 且 HI-CAP100 的相对平均分子质量比 N-LOK 低(见表 1), 这是由于在淀粉改性过程中淀粉分子被部分水解所致, 这样有利于降低改性淀粉溶液的粘度, 由于 HI-CAP100 的相对平均分子质量低于 N-LOK, 因此它的溶液具有较低的粘度。

表 1 两种辛烯基琥珀酸酯化淀粉的取代度和相对平均分子质量  
Table 1 Substitute degree and average molecular weight of two kinds of starch octenylsuccinate

淀粉名称	取代度	相对平均分子质量(kDa)
HI-CAP100	0.016	74.9
N-LOK	0.011	195

### 2.2 两种辛烯基琥珀酸酯化淀粉溶液的界面性质

#### 2.2.1 取代度对辛烯基琥珀酸酯化淀粉溶液的界面张力的影响

由于辛烯基琥珀酸酯化淀粉是同时具有亲水和亲油基团的两性分子, 因此它能够在气 / 水界面和油 / 水界面上发生正吸附, 具有降低界面张力的能力。由图 3 可知, 在相同浓度的条件下, HI-CAP100 降低界面张力的幅度大于 N-LOK。从两种淀粉的取代度测定可以发现

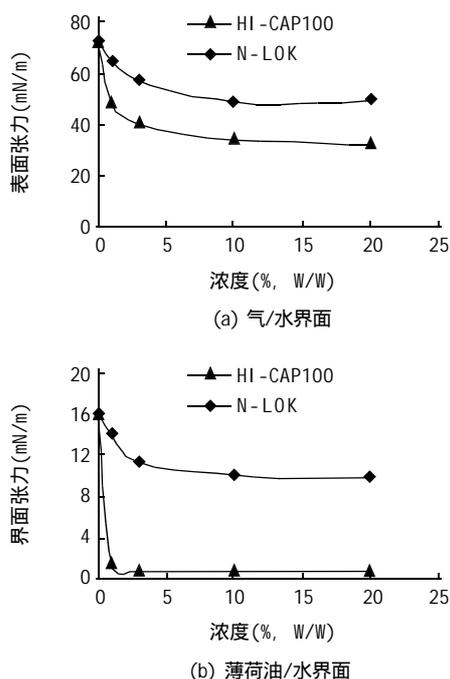


图3 两种辛烯基琥珀酸酯化淀粉溶液的界面张力随浓度的变化  
Fig.3 Interfacial tension of two kinds of starch octenylsuccinate with different concentrations

(见表1), HI-CAP100 比 N-LOK 的取代度高, 表明 HI-CAP100 分子上结合更多的疏水基团, 当其吸附于两相界面时, 在界面上具有更多的吸附点, 从而有利于降低界面张力。两种淀粉溶液在气/水界面上达到饱和吸附的浓度约为 10% (W/W), 此时溶液的表面张力分别为 33.8 mN/m 和 44.8 mN/m; 而两者在油/水界面上吸附达到饱和的浓度则较低, 尤其是 HI-CAP100, 当浓度为 3% (W/W) 时便使油/水界面的界面张力从 16 mN/m 降至 0.7 mN/m, 因此, HI-CAP100 的加入有效地降低了界面张力, 这有利于乳状液的稳定。

### 2.2.2 两种辛烯基琥珀酸酯化淀粉溶液的界面流变性质

储能模量  $G'$  和损耗模量  $G''$  值分别代表体系的弹性和粘性的大小。 $G'$  反映体系类固体的性质即弹性,  $G''$  反映体系类液体性质即粘性。由图4可知, 在线性粘弹区内, 随着频率的增加, HI-CAP100 和 N-LOK 溶液的  $G'$  始终小于  $G''$ , 均表现出粘性流体的特性。从图5可以发现, 两种辛烯基琥珀酸酯化淀粉在油/水界面上的  $G'$  均大于  $G''$ , 表现出以弹性为主的凝胶的性质, 与其在体相所表现出的粘性流体的性质有显著的差别, 这表明辛烯基琥珀酸酯化淀粉分子吸附于油/水界面形成了具有粘弹性的界面膜。在界面剪切流变性质的测定中, 界面弹性模量  $G'$  通常用于反映界面膜的强度, 而界面粘度则更能反映界面膜的稳定性, 如果界面粘度越高, 则界面膜中排液速度越小, 维持界面膜厚度不变, 能保持油滴不合并, 从而使乳状液变得更稳定。Matt

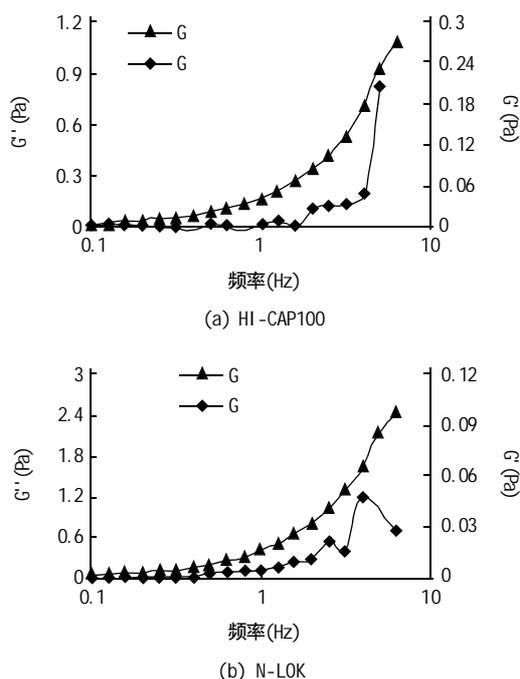


图4 辛烯基琥珀酸酯化淀粉溶液(30%, W/W)的  $G'$ 、 $G''$  随振荡频率的变化  
Fig.4 Effect of frequency on  $G'$ ,  $G''$  of two kinds of starch octenylsuccinate solutions

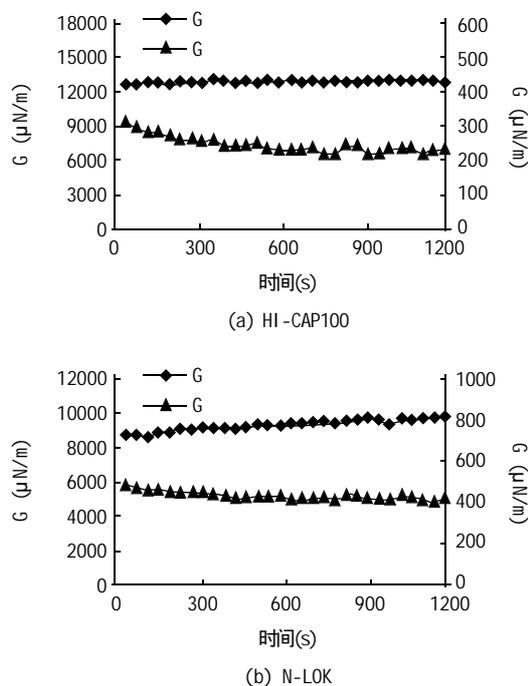


图5 辛烯基琥珀酸酯化淀粉(10%, W/W)在薄荷油/水界面的  $G'$ 、 $G''$  随时间的变化  
Fig.5 The changes of  $G'$  and  $G''$  at interface of starch octenylsuccinate solution and mint oil with time

Golding<sup>[7]</sup>和Reka Borbas<sup>[8]</sup>等人采用小幅振荡模式分别研究了牛血清白蛋白、酪蛋白以及小分子乳化剂的界面剪

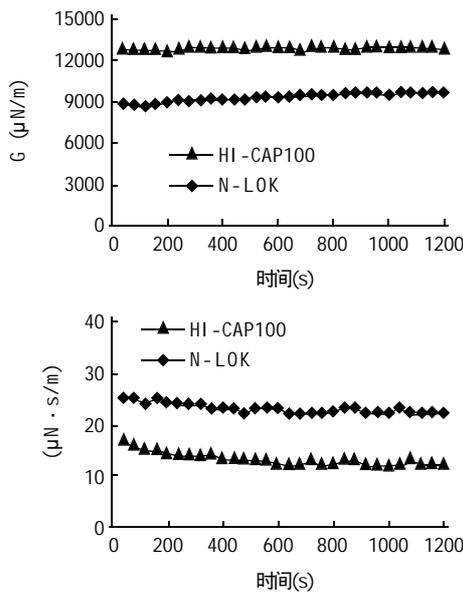


图6 两种辛烯基琥珀酸酯化淀粉(10%, W/W)在薄荷油 / 水界面的 G、 $\eta$  随时间的变化

Fig.6 The changes of G and  $\eta$  of two kinds of starch octenylsuccinate at interface of mintil oil and them with time

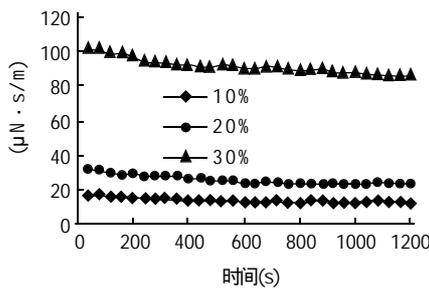


图7 不同浓度(10%, W/W)HI-CAP100 溶液的界面粘度随时间的变化

Fig.7 The changes of iterfacial viscosities of different concentrations(10%, W/W) HI-CAP100 solutions with time

切流变性质, 结果表明蛋白质分子形成的界面膜具有一定的粘弹性, 而小分子乳化剂形成的单分子界面膜不具有粘弹性。从图 6 可以看出, 两种辛烯基琥珀酸酯化淀粉吸附于油 / 水界面均形成具有一定界面粘度的界面膜, 在相同浓度的条件下, HI -CAP100 比 N-LOK 具有更大的界面弹性, 这可能是由于 HI -CAP100 的取代度较高, 分子在界面上吸附较紧密所致。由图 7 可知, 随着 HI -CAP100 溶液浓度的增加, 其界面粘度亦有所增加, 当 HI -CAP100 溶液浓度为 30%(W/W) 时, 其界面粘度显著升高至  $100 \mu\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}$ , 这可能由于随着 HI -CAP100 溶液浓度的增加, 吸附到界面上的淀粉分子间发生相互作用从而导致界面粘度增加。

### 2.3 两种辛烯基琥珀酸酯化淀粉制备的不同薄荷油载量的乳状液稳定性

由表 2 可知, 采用 HI -CAP100 和 N-LOK 制备的薄

表 2 不同壁材和不同薄荷油载量对乳状液稳定性的影响  
Table 2 Effect of different wall materials and mint oil loading capacity on emulsion stability

壁材	薄荷油载量 (% W/W)	均质 0h 的平均粒径 $d_0$ ( $\mu\text{m}$ )	均质 6h 后的平均粒径 $d_6$ ( $\mu\text{m}$ )	稳定性指标 $d_6/d_0$
HI -CAP100	20	0.278	0.358	1.29
	30	0.281	0.367	1.31
	40	0.326	0.504	1.55
N -LOK	20	0.479	0.617	1.29
	30	0.492	0.684	1.39
	40	0.510	0.826	1.62

荷油乳状液的平均粒径均很小 ( $< 1 \mu\text{m}$ , 经放置 6h 后, 乳状液的平均粒径仍小于  $1 \mu\text{m}$ , 说明两者制备的乳状液均具有良好的乳化稳定性; 在相同薄荷油载量 (% W/W) 的条件下, 采用 HI -CAP100 制备的乳状液比采用 N-LOK 制备的乳状液具有更小的平均粒径, 说明前者比后者的乳化能力更强, 而从稳定性指标可以看出, HI -CAP100 比 N-LOK 制备的乳状液具有更好的乳化稳定性, 这主要是前者的分子中含有更多的疏水基团, 具有更强的降低界面张力的能力, 且能形成具有较高界面粘弹性的界面膜所致。有研究表明, 辛烯基琥珀酸酯化淀粉的相对分子质量分布在一定程度上影响其乳化能力和乳化稳定性<sup>[18]</sup>, HI -CAP100 的相对平均分子质量较 N-LOK 低, 这更有利于它快速迁移至油 / 水界面, 从而使乳状液变得更稳定。

### 2.4 辛烯基琥珀酸酯化淀粉为壁材制备的微胶囊化薄荷油的效果

表 3 两种壁材制备的不同薄荷油载量的微胶囊化薄荷油产品的产率、效率和 30 贮存 6 个月的保留率

Table 3 Effect of two wall materials and mint oil loading capacity on encapsulation efficiency, encapsulation yield and retention rate of encapsulated mint oil at 30 for 6 months

壁材	薄荷油载量 (% W/W)	微胶囊化产率 (%)	微胶囊化效率 (%)	30 贮存 6 个月的保留率 (%)
HI -CAP100	20	98.5	98.9	97.3
	30	96.7	97.2	96.5
	40	95.2	95.6	95.3
N -LOK	20	94.5	98.2	94.2
	30	92.0	95.3	88.3
	40	87.1	86.2	79.6

由表 3 可以看出, 在相同薄荷油载量条件下, 以 HI -CAP100 为壁材制备的微胶囊化薄荷油产品, 无论是微胶囊化效率还是产率都优于以 N-LOK 为壁材制备的产品, 即使当薄荷油载量为 40% (W/W) 时, 微胶囊化效率仍可达到 95.6%, 而且经 30 贮存 6 个月后, 保留率仍高达 95.3%。这是由于 HI -CAP100 分子具有较好的表面活性, 能有效地降低油 / 水界面的界面张力, 易于乳化形成乳状液, 且在油 / 水界面形成的界面膜具有较高

的粘弹性和界面粘度,这不仅降低了乳状液液滴间的排液速度,而且具有粘弹性的界面膜不易破裂,提高了乳状液的稳定性,从而保证了微胶囊化薄荷油具有高的微胶囊化效率和在贮存过程中的保留率。

### 3 结 论

辛烯基琥珀酸酯化淀粉 HI-CAP100 具有较好的表面活性,能有效地降低油/水界面的界面张力,并且能在油/水界面上形成具有较高粘弹性和界面粘度的界面膜,从而使制得的薄荷油乳状液具有相当高的乳化稳定性,由 HI-CAP100 制备的微胶囊化薄荷油具有较高的微胶囊化效率、产率和贮存稳定性。因此,HI-CAP100 是制备微胶囊化薄荷油的理想壁材。

### 参考文献:

- [1] 梁治齐. 微胶囊技术及其应用[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2003. 110-120.
- [2] Sara J Ri sch, Gary A Rei necci us. Flavor encapsul ati on[M]. US: Ameri can Chemi cal Soci ety, Washi ngton DC, 1988. 45-54.
- [3] Luma Baydoun, Pascal Furrer, Robert Gurny. New surface-acti ve pol ymers for ophtalmi c formul ati ons: eval uati on of ocul ar tol erance[J]. European Journal of Pharmaceuti cs and Bi o-pharmaceuti cs, 2004, 58: 169-175.
- [4] Gary A Rei necci us. Carbohydrates for flavor encapsul ati on[J]. Food Technol ogy, 1991, (3): 144-149.
- [5] 陈晓玲, 王璋, 许时婴. 辛烯基琥珀酸酯化淀粉在微胶囊化桔油中的应用[J]. 无锡轻工大学学报, 2004, (3): 21-25.
- [6] 顾惕人, 朱步瑶, 李外郎, 等. 表面化学[M]. 北京: 科学出版社, 2003. 162-190.
- [7] Matt Gol di ng, Arjen Sei n. Surface rheol ogy of aqueous casei n-mono glyceri de di spersi ons[J]. Food Hydrocol l oids, 2004, 18: 451-461.
- [8] Reka Borbas, Brent S Murray, Eva Kiss. Interfaci al shear rheol ogi cal behavi our of proteri ns i n three-phase parti ti oni ng systems[J]. Col l oids and Surfaces, 2003, 213: 93-103.
- [9] Ceci l i o Carrera Sanchez, Ma Rosari o Rodri guez Ni no, Juan M. Rodri guez Pati no. Dynami c phenomena i n casei nate-mono glyceri de mi xed fi l ms at the ai r-water i nterface[J]. Food Hydrocol l oids, 2005, 19: 395-405.
- [10] Ceci l i o Carrera Sanchez, Ma Rosari o Rodri guez Ni no, Ana Lucero Caro. Bi opol ymers and emul si fi ers at the ai r-water i nterface. Impl i cati ons i n food col l oid formul ati ons[J]. Journal of Food Engi neeri ng, 2005, 67: 225-234.
- [11] 张燕萍. 变性淀粉制造与应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001. 336-337.
- [12] 夏树华, 王璋. 螺螄中几种类糖物质的提取与分析[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(8): 107-111.
- [13] 秦蓝, 许时婴. 南瓜浓缩汁的流变性质[J]. 食品科学, 2005, 26(2): 33-37.
- [14] Huang X, Kakuda Y, Cui W. Hydrocol l oids i n emul si ons: parti cl e si ze di stri buti on and i nterfaci al acti vi ty[J]. Food Hydrocol l oids, 2001, 15: 533-542.
- [15] Young D Ki m, Charles V Morr. Mi croencapsul ati on properti es of gum arabi c and several food protei ns: spray-dri ed orange oi l emul si on parti cl es [J]. Journal of Agri cul ture Food Chemi stry, 1996, 44: 1314-1320.
- [16] 朱卫红, 许时婴, 江波. 以改性淀粉为壁材制备微胶囊化薄荷油[J]. 食品与生物技术学报, 2006, (2): 60-65.
- [17] M Rosenberg, I J Kopel man, Y Tal mon. Factors affecti ng retenti on i n spray-dryi ng mi croencapsul ati on of vol ati l e materi als[J]. Journal of Agri cul ture Food Chemi stry, 1990, 38: 1288-1294.
- [18] L Baydoun, C C Mul l er-Goymann. Amphi phil i c starch: a stabi l i si ng agent for medi ci nal emul si ons[J]. Arch Pharm Pharm Med Chem, 2001, 334(Suppl. 2): 92.



## 玉米黑粉病基因研究新进展

当玉米感染上玉米黑粉病菌后,玉米棒上会长出大小不等的瘤状物。至今为止,科学家们还没有找到有效治疗玉米黑穗病的方法。但是,最近国际上的一个研究小组在解决这个问题上有了非常重要的研究进展。

来自德国马普所陆地微生物研究所的科学家们已经分析出玉米黑粉菌的基因组。在真菌的7000个基因中,他们发现一些基因致使真菌能够固定于活体植物,而不是使植物致病而死。这些基因也有可能帮助真菌躲避植物自身的防御系统而得以存活。研究人员希望能将这些理论应用于依赖于活体植物的玉米黑粉病菌研究。

在墨西哥,玉米黑粉瘤被当作一种观赏性的东西,但是世界其他国家的农民们都认为玉米棒上长出这种瘤状物是一件非常麻烦的事情。因为,长有这种瘤状物的玉米棒既不能再加工成玉米糊也不能制成爆玉米花,只能当作牲畜的饲料。美国的农业专家一直都在想办法对付这种黑粉菌,却一直没有什么实质性的进展。

来自德国马普所(Max Planck Institute for Terrestrial Microbiology)陆地微生物 美国麻省哈佛总医院(The Broad Institute of MIT and Harvard)等27个研究单位对U. maydis的基因组序列进行了测定,这是第一次对活体植物寄生虫进行基因组测序。研究人员识别出了为所分泌出的功能未知的蛋白编码的几个基因团:整个基因组范围的表达分析表明,这些成团基因的作用在患病期间被增强。这些基因团的突变经常影响到致病能力,其影响范围从致病能力完全丧失到致病能力超强不等。