

# 改性蛋白对可微波预油炸春卷脆性的影响 及其微波温升特性

范大明<sup>1</sup>, 陈卫<sup>1,2,\*</sup>, 赵建新<sup>1</sup>, 田丰伟<sup>1</sup>, 张灏<sup>1,2</sup>

(1. 江南大学食品学院, 江苏 无锡 214122 2. 江南大学 食品科学与安全教育部重点实验室, 江苏 无锡 214122)

**摘 要:** 冷冻预油炸春卷经微波加热后, 由于内部水分迁移, 产品脆性下降。分别考察了钙结合 11S 大豆蛋白、钙结合 7S 大豆蛋白、钙结合大豆蛋白对预油炸春卷皮脆性的影响, 得出钙结合 11S 大豆蛋白效果最佳。测定以上三种蛋白质变性温度和钙结合量, 对钙结合 11S 大豆蛋白的增脆机理做出初步解释。同时确定了采用 25ml/kg 的甘油加入量, 使内外层体系同时在 600W 加热 30s 达到 45℃, 达到消费者直接食用的最适温度; 研究了微波加热功率和时间对产品脆性的影响, 确定了采用 600W 加热 40s 的组合。

**关键词:** 微波加热; 脆性; 钙结合 11S 大豆蛋白; 预油炸

Effect of Modified Protein on Crispness of Pre-fried Springrolls with Microwave Drying Characteristics

FAN Da-ming<sup>1</sup>, CHEN Wei<sup>1,2,\*</sup>, ZHAO Jian-xin<sup>1</sup>, TIAN Feng-wei<sup>1</sup>, ZHANG Hao<sup>1,2</sup>

(1. School of Foods Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China;

2. Key Laboratory of Science and Safety, Ministry of Education, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

**Abstract:** Water transferring in springrolls on microwave reheating is a main factor that affects the crispness of frozen pre-fried springrolls. The effects of 11SCa-binding protein, 7SCa-binding protein and Ca-binding protein on the crispness were studied respectively. The results showed that 11SCa-binding protein affects better than others. Denaturation Temperature and calcium-binding capacity of these three proteins were determined. The results implied the crispness-improving mechanism by 11S Ca-combining protein. Twenty-five ml/kg glycerol was added into the outer coating of springroll for simultaneously reaching to 45℃. The effects of microwave reheating power and time on crispness of the product were also studied. A 600 W power and 40s reheating time are preferred.

**Key words** microwave reheating; crispness; 11S Ca-binding protein; pre-fried

中图分类号: TS213.22

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2007)10-0134-05

油炸食品深受消费者欢迎, 但由于其传统加工较繁琐, 使得可微波预油炸食品的研制成为当今食品工业的热点问题。其关键在于冷冻的预油炸食品经微波炉加热后, 产品内部的水分迁移而使表面脆性层产生“浸湿”现象, 丧失了油炸食品应有的酥脆口感<sup>[1]</sup>。针对这个问题, 国外研究主要集中在其中添加高直链淀粉、亲水胶体<sup>[2]</sup>或在内表面涂覆可食用涂层<sup>[3]</sup>阻止水分迁移, 以增强微波复热后产品的脆性。本实验以 Aw 最高值的馅心为原料, 研究在面皮中添加钙结合 11S 大豆蛋白、钙结合 7S 大豆蛋白、甘油等对产品脆性的影响, 寻找脆性保持的最佳条件, 并对成功产品的最佳微波复热功率和时间进行了初步研究。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

脱脂大豆粉 山东禹王实业有限公司; PROTEIN55 大豆分离蛋白 杜邦中国集团有限公司; CRISP FILM 天津顶峰淀粉开发有限公司; 三羟甲基胺基甲烷(TRIS) 上海生物工程有限公司; 其它为分析纯试剂。

### 1.2 仪器

高速冷冻离心机 德国 Hettich 公司; MWS-8 微波工作站 加拿大 Fiso 公司; 温控油炸锅 德国巴乔旅馆店业厨房设备有限公司; 原子吸收分光光度计 美国 Varian 公司; 差示量热扫描仪(DSC) 美国 PE 公司; 水

收稿日期: 2006-09-16

通讯作者

基金项目: 科技部农转资金项目(05EFN213200101)

作者简介: 范大明(1983-), 男, 硕士研究生, 主要从事食品科学的研究。

分活度检测仪 瑞士华嘉(香港)有限公司 春卷皮机 台北安口食品机械股份有限公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 11S 和 7S 大豆蛋白的制取方法

取 1000g 脱脂大豆粉, 加 8000ml 水, 溶解充分, 3000r/min 离心, 取上清, 加 NaCl 到 0.6mol/L, 搅匀后用浓盐酸调节 pH=2, 静置 30min, 3000r/min 离心, 沉淀物为 11S 大豆蛋白, 测定上清液中 NaCl 含量, 并补加 NaCl 到 1.0mol/L, 静置 30min, 3000r/min 离心, 取沉淀加水清洗, 3000r/min 离心 20min 两次, 得 7S 大豆蛋白<sup>[3]</sup>。

#### 1.3.2 钙结合大豆蛋白的制备方法

将上述制得的蛋白沉淀加适量水混匀, 用 NaOH 调 pH7.0, 充分溶解, 加热到 100℃ 后直接加入 50mg/g 干基蛋白的 CaCl<sub>2</sub> 保温 10min 后, 冷却至 65℃, 再加入 8mg/g 干基蛋白的 CaCl<sub>2</sub>, 离心清洗两次, 得钙结合大豆蛋白<sup>[5]</sup>, 加水均质后, 喷雾干燥成粉备用。

#### 1.3.3 蛋白质变性温度的测定

采用差示量热扫描仪(DSC)测定, 扫描速率 10.0℃/min; 起始温度 0℃; 终止温度 120℃。

#### 1.3.4 钙的含量测定

采用 SpectraAA220 系列原子吸收分光光度计测定。

#### 1.3.5 微波加热温度曲线的测定

选择五个大小相近的样品放入微波工作站中, 将温度探针预先放入不同部位, 选取不同加热功率和时间复热, 实时记录样品不同部位温度的变化, 重复三次, 取平均值。

#### 1.3.6 春卷的制作方法

取 1000g 原料加入 18g 食盐、1000ml 水于和面机中搅拌, 到面浆用手拉起能自然下垂即可, 一般为 5~8min。将打好的面浆倒入胶体磨, 重复两次, 室温下静置醒面 30min。在春卷皮机上 154℃ 制皮, 取 10g 馅, 包制春卷。

#### 1.3.7 产品的感官评定

采用评分检验法, 组织 7 名感官评定人员, 采用打分的方法评定产品的脆性, 脆性指标最高分为 9 分, 最低分为 1 分(9 分表示外表松脆, 1 分表示表皮软无脆性)<sup>[6]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 馅心水分活度对春卷脆性的影响

在冷冻预油炸春卷微波复热过程中, 由于水分的迁移, 致使春卷产生不同程度的浸湿, 其中馅心的 A<sub>w</sub> 对脆性影响最大, 所以测量常用馅心的 A<sub>w</sub>, 选择其中最

高 A<sub>w</sub> 的馅心为实验标准。以市售芝麻、豆沙、菜猪油和纯青菜四种馅心为实验对象, 测得 A<sub>w</sub> 如表 1。

表 1 不同馅心 A<sub>w</sub>  
Table 1 A<sub>w</sub> of different stuffing

品种	芝麻	豆沙	菜猪油	青菜
A <sub>w</sub>	0.834	0.897	0.921	0.952

由表 1 得出市售青菜馅心 A<sub>w</sub> 最大, 以此值为以后实验标准, 但由于青菜组织的破碎不均匀, 且其不耐储存性等缺点, 非常不利于开展重复性实验, 所以本实验通过加水调节豆沙馅的水分活度来达到模拟不同馅心的目的。现对不同加水量的豆沙馅进行水分活度的测量, 结果统计如图 1。

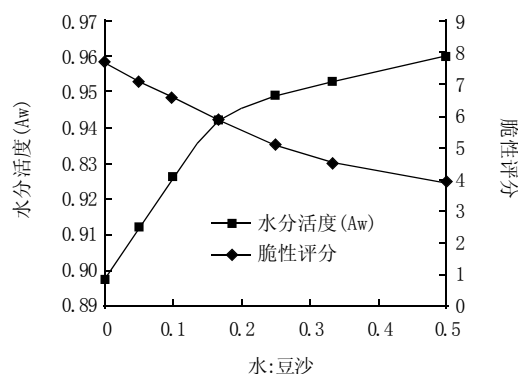


图 1 水与豆沙的不同比例 A<sub>w</sub> 和春卷脆性评分  
Fig.1 A<sub>w</sub> of water and sweetened bean paste with different proportion, crispness evaluating of springroll

由图 1 可知 A<sub>w</sub> 值在 0.952 的水与豆沙的比例为 60:20, 相应产品脆性很差, 浸湿粘牙, 下面就从此水分活度出发, 进行春卷皮体系保脆性研究, 以达到微波复热后保脆的目的。

### 2.2 不同钙结合大豆蛋白对春卷脆性的影响

大豆蛋白作为一种功能型食品添加剂, 本身具有促进体系凝胶的特性, 本实验以 Ca<sup>2+</sup> 作为共致凝胶连接剂, 促使不同蛋白在面皮中构建更加坚固的复合体系<sup>[4]</sup>, 以保持产品脆性。

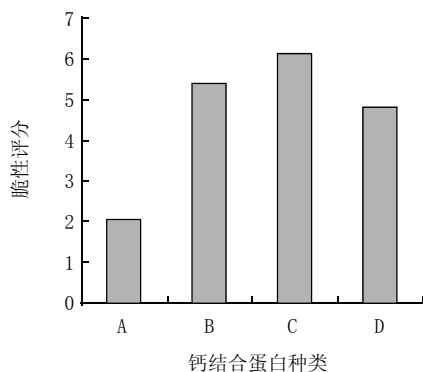
在大豆蛋白溶液中加入钙离子会屏蔽掉蛋白表面的电荷, 使蛋白沉降下来, 而且不同类型的蛋白对钙的结合程度不同, 蛋白质性质也有差异, 对春卷皮体系的影响也会不同, 因此考察三种钙结合大豆蛋白对春卷皮脆性的影响, 在面浆中均添加 10mg/g 干基各蛋白, 并均添加 10mg/g CRISP FILM, 相比较, 结果见图 2。

由图 2 得出钙结合 11S 大豆蛋白在同样添加量下脆性最好, 钙结合大豆蛋白和钙结合 7S 大豆蛋白相对次之, 空白最差。因为 7S 和 11S 凝胶作用比较强, 易形成网络状三维空间结构, 而大豆蛋白成膜机理与蛋白胶

表2 各种蛋白的变性温度

Table 2 Denaturation temperature of different proteins

	大豆分离蛋白	钙结合大豆蛋白	11S 球蛋白	钙结合 11S 大豆蛋白	7S 球蛋白钙	结合 7S 大豆蛋白
蛋白质变性温度(℃)	125.500	125.666	119.370	126.833	123.883	112.000



A. 空白; B. 钙结合大豆蛋白; C. 钙结合 11S 大豆蛋白; D. 钙结合 7S 大豆蛋白。

图2 不同钙结合蛋白对春卷脆性的影响

Fig.2 Effects of different Ca-binding protein on crispness of pre-fried springroll

凝性有关,即蛋白质受热后分子间通过氢键,二硫键以及其他化学键联结成大分子凝胶体。由 11S 组分形成的热  $-Ca^{2+}$  共致凝胶比由 7S 形成的硬度高,这一差别主要因为 11S 凝胶中的二硫键比 7S 凝胶中的二硫键数目多。因为加热处理时 11S 中发生变化的自由巯基数目比 7S 中发生变化的数目多,由 11S 所得钙凝胶的硬度明显高于由 7S 所得凝胶<sup>[4]</sup>,且 11S 凝胶的剪切力更高,脆性就越好。

2.3 钙结合 11S 大豆蛋白不同添加量对可微波春卷脆性的影响

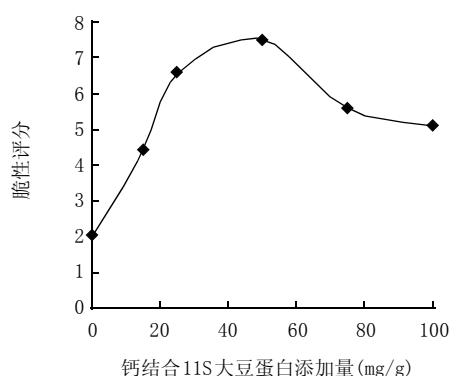


图3 钙结合 11S 大豆蛋白的添加量对产品脆性的影响

Fig.3 Effects of 11S Ca-binding protein content on crispness of pre-fried springroll

图3表明了少量添加钙结合 11S 大豆蛋白对春卷皮脆性影响不大,而过量添加钙结合 11S 大豆蛋白反而会降低脆性。原因可能是过量钙结合 11S 大豆蛋白会改变

面糊的 pH 值,导致油炸过程中油脂的水解以及产生游离脂肪酸。同时在实验中发现过量添加会增加春卷皮的韧性,原因主要是由于 11S 凝胶的持水能力较 7S 和脱脂大豆粉高,吸水率的增加导致韧性的增加<sup>[4]</sup>。综合考虑,钙结合 11S 大豆蛋白添加量以干粉重量的 40~50mg/g 为宜。

2.4 钙结合 11S 大豆蛋白对提高预油炸春卷脆性原因的探讨

#### 2.4.1 各种蛋白质的变性温度

凝胶的硬度与蛋白质构型变化以及解离成亚基和亚基的聚集程度密切相关。蛋白质的变性温度越高它的凝胶性能就越强<sup>[7]</sup>,凝胶性能强解离成的亚基就少,硬度就大、脆性就好<sup>[9]</sup>。从表2看出空白样中添加钙结合 11S 大豆蛋白的蛋白质变性温度高于添加其它蛋白质变性温度,因此显示出更好的脆性。

表2得出不同蛋白的变性温度存在差异,它们在与惰性参比物连续升温的同时,向样品和参比物补充维持两者等温所需的热量存在较大差异<sup>[8]</sup>,这是由于钙的存在引起蛋白质构象发生不同变化的结果。

#### 2.4.2 钙结合量对蛋白增脆的原因

在相关文献中,探讨金属离子对大豆蛋白功能性质的影响方面,Scilingo 等人<sup>[10]</sup>通过 DSC 研究了钙和热处理对大豆分离蛋白稳定性的影响。结果表明钙离子优先与 11S 成分相互作用。大豆球蛋白的活化能  $E_a$  值在钙含量为 6.51mg/g 蛋白质时最小(51.12kJ/mol),且  $E_a$  值随着  $Ca^{2+}$  水平的增加或减少而增加。

表3 钙在不同蛋白中的含量

Table 3 Calcium-binding capacity of different proteins

原料种类	脱脂大豆粉	钙结合大豆蛋白	钙结合 11S 蛋白	钙结合 7S 蛋白
钙含量(mg/g)	1.313	22.536	27.875	5.192

由表6得出钙在脱脂大豆粉中的含量很少,通过钙结合的方法能大量聚集 11S 蛋白,而 7S 蛋白与钙结合的能力明显差距很大,故 11S 对钙有很强的吸附能力。并且钙有增加面团结构硬度的作用<sup>[12]</sup>,所以钙的结合量也是产生脆性的因素之一。

由原子吸收测定出钙结合 7S 大豆蛋白的钙结合量为 5.192mg/g,钙结合 11S 蛋白的钙结合量 27.875mg/g,如果从大豆球蛋白的活化能  $E_a$  值与钙含量分析,5.192mg/g < 6.51mg/g,钙结合 7S 蛋白处于下降区,故 7S 球蛋白

变性温度高于钙结合 7S 大豆蛋白。相反  $27.875\text{mg/g} > 6.51\text{mg/g}$ , 钙结合 11S 蛋白处于上升区, 故 11S 蛋白变性温度低于钙结合 11S 蛋白。通过分析与上一节中 DSC 实验结果正好相符, 进一步辅助证明了钙结合 11S 大豆蛋白可以增加微波预油炸春卷的脆性。

## 2.5 冷冻预油炸春卷微波重制的温升曲线

微波加热食品时, 透过物料内部的微波能量被物料吸收转换成热能对物料加热, 不存在温度梯度, 但由于表层水分不断蒸发, 引起物料表层温度低于里层温度, 所以引起物料加热表面温度不高, 因此在微波加热过程中内部蒸汽压引起“微波泵”现象, 加速内部水分向较低温的表面转移, 而微波炉的冷空气限制了表层水分的进一步的散失, 导致表层含有大量的水分, 因此解决这种问题需要选择合理的配料、微波加热功率以及时间组合。

因此, 我们在春卷皮中添加具有高微波感受能力的甘油, 来考察其对面皮升温的影响, 结果见图 4 和图 5。

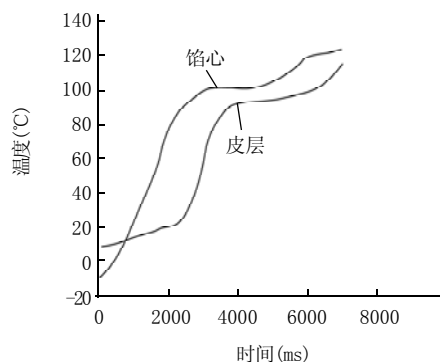


图 4 未添加甘油春卷的微波复热升温曲线  
Fig.4 Microwave reheating curve of springroll without glycerol

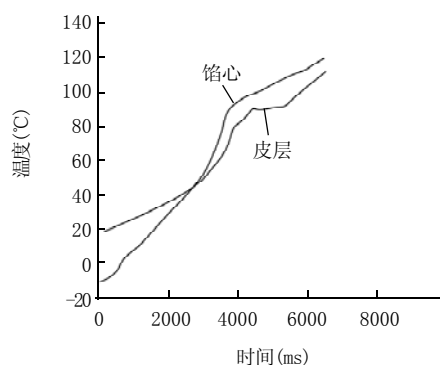


图 5 添加甘油(干粉 50mg/g)春卷的微波复热升温曲线  
Fig.5 Microwave reheating curve of springroll with glycerol (dry power 50mg/g)

通过图 4 和图 5 的比较, 看出甘油在春卷皮体系中作用明显, 内外曲线接近程度高。因为甘油分子中含有三个羟基, 极化作用强, 通常分子极性较强的液体,

其介电常数(45.8)也较大, 吸收微波能力强<sup>[12]</sup>。

图 5 可以看出控制在 600W 加热 30s, 可以使春卷体系同时达到交汇点  $45^{\circ}\text{C}$ , 恰好为人能接受的温度, 这样内心与表皮同时升温, 不仅可以直接加热到进食温度, 而且避免了春卷在加热后回温过程中内部水分迁移产生的浸湿感。确定甘油添加量的影响, 在面浆中均添加  $5\text{mg/g}$  钙结合 11S 大豆蛋白和  $10\text{mg/g}$  CRISP FILM, 再添加相应甘油, 测定脆性结果如图。

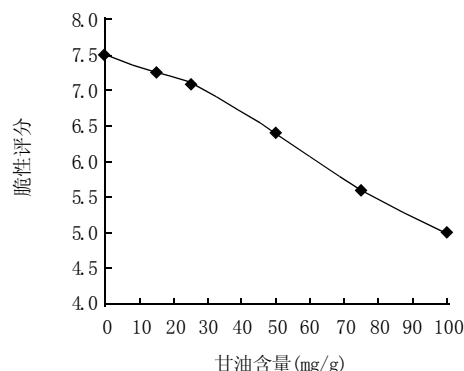


图 6 甘油加入春卷皮脆性评分  
Fig.6 Crispness evaluation of springroll peel with glycerol

由图 6 得出随着甘油的添加春卷脆性受到很大的影响, 主要是由于甘油作为一种保湿剂能帮助控制水分获得与失去的速度。在春卷皮中加入甘油后, 由于它的软化效果和增塑效应, 使食品具有一个柔软的稠密度, 这个效应至少部分地与甘油地保持水能力有关。甘油在含水食品中具有形成氢键的趋势, 因此在较低水分含量下的甘油能产生软化效果, 所以加入过多会产生脆性的降低。有效地控制甘油的添加可以达到同时升温的目的, 从图 6 得出控制在干粉质量的  $25\text{mg/g}$  为宜。

## 2.6 功率对提高冷冻预油炸春卷的影响

实验中通过 FISO 微波工作站的温度探针分别测定在不同功率和时间区间下的样品的内层温度, 绘制不同温度下实时监控的温度曲线, 实验中设计在 900、600、

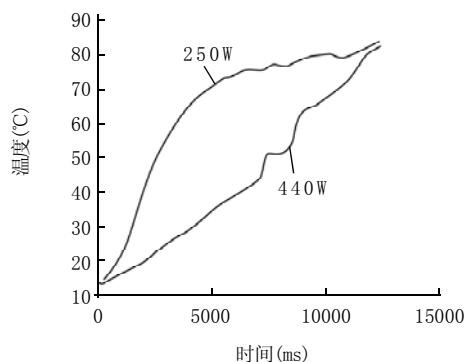


图 7 250、440W 加热温度曲线  
Fig.7 Time course of temperature increase on 250, 440W

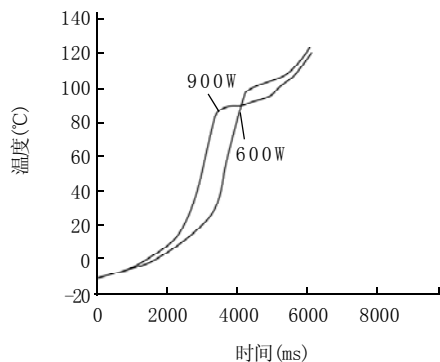


图7 600、900W加热温度曲线

Fig.8 Time course of temperature increase on 600, 900W

440、250W 加热这四种功率以及时间范围内完成产品在微波炉中温度变化的监测。

根据图7和图8分析,微波加热过程中产品的内层温度呈现S型曲线,先是缓慢加热,然后是急速升温,最后在上升到最高温度的时候有一段平缓期。根据分析,在温度平缓期这段时间,内部温度达到沸点温度,水分不断迁移,导致外层不断浸湿,因此认为达到每条曲线的拐点处的时间为不同功率下加热的最佳时间。并且在此设定条件下,分别测定样品的水分含量以及脆性。实验结果如表4。

表4 不同微波加热功率时间组合对产品脆性的影响

Table 4 Effect of different combination on microwave heating power and time

功率(W)	900	600	440	250
时间(s)	32	40	68	80
脆性评分	6.8	8.0	7.5	6.2

表4表明,用微波炉600W加热40s,脆性比较好,440W加热68s的时候,表面比较干,表现出的口感比较硬,900W加热32s由于加热时间比较短,表层水分没有足够的时间蒸发,表现出表层水分含量偏高,250W加热80s的情况下,加热时间比较长,水分迁移比较充分,因此也表现出表层水分含量偏高。微波加热过程中,产品表面存在一个水分平衡过程,即表面

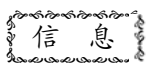
的水分蒸发至空气和内部的水分迁移至表面两个过程的平衡。因此应该选择合适的微波加热的功率和时间,使得水分迁移速度小于表面蒸发速度,这样会减少表面的浸湿程度。采用600W加热40s的组合,可以达到上述的效果。

### 3 结论

通过研究各种蛋白质的蛋白质变性温度和钙结合量,可知钙结合11S蛋白增脆作用比大豆蛋白、钙结合7S大豆蛋白强;采用25mg/g甘油加入春卷皮体系,能使内外层体系同时在600W加热30s达到45℃,最为适当的一个消费者直接食用温度;微波炉加热的功率和时间对产品的脆性产生很大的影响,采用600W加热40s的组合,可以获得比较好的脆性。

### 参考文献:

- [1] PHILIPS S H. Coating: the microwave challenge[J]. Food Manufacture, 1991 (7): 22-23
- [2] ZHANG S N. A golden and crispy solution[J]. Asia Food Industry, 2002 (1/2): 32-34.
- [3] MATSUNAGA K. Influence of physicochemical properties of starch on crispness of tempura fried batter[J]. Cereal Chemistry, 2003, 80 (3): 339-345.
- [4] 朱建华, 杨晓泉, 陈刚. 大豆7S和11S球蛋白的研究[J]. 粮油加工与食品机械, 2003 (8): 37-39.
- [5] 宫崎辰己, 胜丸裕子, 植野千鹤, 等. 食用涂料油炸食品和用微波加热的冷冻油炸食品: 中国, 1137869[P]. 1996-03-30.
- [6] 朱红, 黄以贞. 食品感官分析入门[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1993.
- [7] CLYDE E S. 大豆在烘烤食品中的应用[M]. ASA美国大豆协会, 2003.
- [8] 张红娟, 陈振昌, 周瑞宝. pH值对11S球蛋白结构与凝胶性的影响[J]. 食品科技, 2003 (5): 27-29.
- [9] 王箴著. 化学词典[M]. 3版. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [10] SCILINGO A A, ANON M C, et al. Calorimetric study of soybean protein isolates: effect of calcium and thermal treatments[J]. J Agric Food Chem, 1996, 44: 3751-3756.
- [11] 潘薇娜. 可微波冷冻预油炸面拖食品的研制[J]. 食品工业科技, 2005 (2): 62-65.
- [12] 黄正华. 油水混合介质相对介电常数的研究[J]. 油气田地面工程, 2000, 19 (2): 8-9; 16.



## 日本培育出新型辛香料植物

日本培育出一种用葱头和大蒜杂交的新型辛香料植物。这种新作物从外表看酷似大蒜,但其鳞茎却有着像葱头那样的旋涡状组织,并同时兼备葱头和大蒜两种辛香料的味。葱头与大蒜虽同属大葱科植物,但由于葱头中没有大蒜黏性,两者为种间隔离的“远亲”植物。因而,此次培育成功的这种植物在世界上尚是首创。