

DOI:10.3969/j.issn.1000-1298.2010.03.032

# 超高压改性谷朊粉对面条加工品质的影响<sup>\*</sup>

姜绍通 钟昔阳 潘丽军 但现龙 马道荣

(合肥工业大学生物与食品工程学院,合肥 230009)

**【摘要】** 采用扫描电镜、差示扫描量热仪、感官评价结合质构仪、粉质仪分析,初步研究了超高压改性谷朊粉(室温下 400 MPa,处理 10 min)的变性机理,并探讨了添加超高压改性谷朊粉(室温下 400 MPa,处理 10 min)对面条加工品质的影响关系。结果表明:超高压改性谷朊粉增强了谷朊蛋白间的交联作用,变性峰值温度由 117.02℃ 升至 119.76℃。在 0~3.5% 添加量范围,超高压改性谷朊粉和未经超高压改性的普通谷朊粉对面粉湿面筋含量都有显著提高,对面条感官评分、拉断力、硬度产生较大影响,且在相同添加量下,超高压改性谷朊粉对面条品质提升更为显著( $p < 0.05$ )。超高压改性谷朊粉制作面条的最佳添加量为 3%,在此添加量下,超高压改性谷朊粉对面粉的粉质特性增效作用强于未经超高压改性的普通谷朊粉。

**关键词:** 超高压技术 谷朊粉 面条 加工品质

**中图分类号:** TS211 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)03-0153-05

## Effect of Addition of Ultra-high Pressure Treated Wheat Gluten on the Quality of Noodle

Jiang Shaotong Zhong Xiyang Pan Lijun Dan Xianlong Ma Daorong

(School of Biotechnology and Food Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

### Abstract

The denaturalization mechanism of ultra-high pressure treated wheat gluten (room temperature, 400 MPa, 10 min) was studied by scanning electron microscope and DSC, and the effects of ultra-high pressure treated wheat gluten and ordinary wheat gluten on the quality of noodle were investigated by sensory evaluation, texture analyzer and farinograph. The results indicated that ultra-high pressure treatment increased the crosslinked extent of wheat gluten and the temperature of denaturalized peak was changed from 117.02℃ to 119.76℃. Ultra-high pressure treated wheat gluten and ordinary wheat gluten could improve the wet gluten content of flour, and greatly influenced the noodle's sensory evaluation score, breaking force and hardness under the addition amount from zero to 3.5%. The quality of noodles processed with ultra-high pressure treated wheat gluten was better than ordinary wheat gluten at the same addition amount ( $p < 0.05$ ), and the optimal addition amount of ultra-high pressure treated wheat gluten was 3%. Compared with ordinary wheat gluten, the farinograph property of flour added with 3% ultra-high pressure treated wheat gluten was also better.

**Key words** Ultra-high pressure technology, Wheat gluten, Noodle, Processing quality

### 引言

食品超高压技术是指将食品物料放置于超高压容器中,在静高压(一般不小于 100 MPa,常用的压

力范围是 100~1 000 MPa)和一定温度下处理适当的时间,以引起食品成分非共价键(氢键、离子键和疏水键等)的破坏或形成,从而使食品物料性质发生变化的一项新技术<sup>[1]</sup>。蛋白质是食品物料的重

收稿日期:2009-03-11 修回日期:2009-05-05

\*安徽省“十一五”科技攻关基金资助项目(08010302081)

作者简介:姜绍通,教授,博士生导师,主要从事农产品加工研究,E-mail:jiangshaotong@yahoo.com.cn

要组成成分。依据蛋白质自身结构、加压水平、温度、pH 值、离子强度、溶剂组成、蛋白质浓度等诸多因素影响,超高压加工可对蛋白质产生不同程度的改性作用,使其出现变性、凝聚或凝胶化现象,而在此过程中食品的颜色、风味和营养价值不受或很少受影响<sup>[2-3]</sup>。超高压加工蛋白质出现的性质变化完全不同于传统热加工方法对蛋白质改性的影响,食品蛋白超高压加工现已成为食品工业高新技术研究领域的热点之一。

谷朊粉俗称活性面筋粉,是以小麦面粉为原料,采用水洗、分离、干燥等物理手段而获得的一种高蛋白聚合物,主要由麦醇溶蛋白、麦谷蛋白组成<sup>[4]</sup>。与大豆蛋白、花生蛋白相比,小麦面筋蛋白溶解性、乳化性、起泡性等特性较差,不能满足食品工业以及其他行业的要求,限制了其应用范围<sup>[5]</sup>。超高压加工技术对食品蛋白质改性具有良好效果。研究表明,谷朊粉在超高压作用下,面团的粘弹性增大,且谷朊粉蛋白的双硫键交联作用增强,蛋白结构发生改变<sup>[6-7]</sup>。作者在研究中也发现超高压能显著改变谷朊粉的溶解度、乳化性、起泡性等理化性质,且在室温下 400 MPa 处理 10 min 时对物性的改善最佳。当前,国内外学者仅对超高压加工改善谷朊粉自身功能性质的影响开展了初步研究,而对超高压改性后的谷朊粉在具体食品加工中能否提高应用效果、扩大应用范围的研究未见报道。因此,本文在前期的基础上,选择最佳超高压改性条件下的谷朊粉为原料,且与未经超高压改性的普通谷朊粉(以下均称普通谷朊粉)作对比,研究超高压改性谷朊粉对面条加工品质的影响,探讨利用超高压技术加工谷朊粉,以实现其在实际食品加工中增效应用的切实可行性。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

谷朊粉,安徽瑞福祥食品有限公司,粗蛋白含量(77.30 ± 0.72)%、含水率(10.50 ± 0.06)%、粗脂肪(1.98 ± 0.58)%、碳水化合物(4.01 ± 0.67)%;营养小麦粉,安徽良夫面粉有限公司,湿面筋含量(28.60 ± 0.53)%、含水率(11.32 ± 0.07)%;食盐、纯碱,食品级。

### 1.2 试验仪器

UHP-700 型超高压实验机(内蒙古包头机械科技有限公司);JSM-6490LV 型扫描电子显微镜(日本电子株式会社);DSC-60 型差示扫描量热仪(日本岛津公司);TA-XTplus 型质构仪(英国 Stable Micro Systems 公司);JFZD2004-058 型电子粉质仪

(北京东方孚德技术发展中心);JM3102 型电子天平(上海民桥精密科学仪器有限公司);TDL-40B 型离心机(上海安亭科学仪器厂);100-1 型家用轧面机(永康市海鸥电器有限公司)。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 超高压改性谷朊粉的制备及显微结构观察

称取 80 g 谷朊粉,用两层聚乙烯塑料袋抽真空密封包装后放置于超高压设备的容器空腔中,室温下压力 400 MPa 处理样品 10 min。将处理后的样品粉碎,用 100 目标准筛过筛,收集筛下物置于冰箱中冷藏(4℃)保存备用。

将冷冻干燥的普通谷朊粉和超高压改性谷朊粉分别置于密闭容器盒中,用 2.5% 的戊二醛溶液固定,并用 pH 值 7.2 的磷酸盐缓冲液冲洗 3 次,然后用 50%、70%、90%、100% 乙醇梯度脱水,再用乙酸异戊酯冲洗 3 次(置换乙醇)后,经 CO<sub>2</sub> 临界干燥、离子溅射镀膜后,利用扫描电子显微镜进行观察并拍照。

#### 1.3.2 谷朊粉变性温度测定

参照文献[8]的方法,用 DSC-60 型差示扫描量热仪分别测定普通谷朊粉和超高压改性谷朊粉的变性温度。仪器操作条件为:He 气氛,升温速度 10℃/min。

#### 1.3.3 面粉样品面筋含量的测定

称取 100 g 营养小麦粉,按照 0%、0.5%、1.0%、1.5%、2.0%、2.5%、3.0%、3.5% 的添加量分别配制添加超高压改性谷朊粉和普通谷朊粉的营养小麦粉样品。

参照 GB/T 5506.2—2008 方法<sup>[9]</sup>,测定上述两大类营养小麦粉样品的面筋含量。

#### 1.3.4 面条的制作

参照 SB/T 10137—1993 方法<sup>[10]</sup>,称取 100 g 面粉样品,加入 35 mL 自来水(水温 30℃,水中加入 2 g 食盐,0.15 g 纯碱),手工和面 5 min 左右,使料坯手握成团,经轻轻揉搓仍能成为松散的颗粒面团状,静置醒发 20 min。调整压辊间距为 1 mm,在家用轧面机上经 3 次合片轧制后得到所需单片,将单片再静置醒发 20 min。将醒发好的面片经 2 次合片轧制,得到所需面片,将面片切成宽 3 mm、长 20 cm 的细长面条。

#### 1.3.5 面条的感官评价

参照 SB/T 10137—1993 面条煮制要求和评分标准(表 1)<sup>[10]</sup>、GB 10220—1988 感官分析方法总论<sup>[11]</sup>,选择 6 位评价人员组成实验品尝小组,按照标准要求,选择不同品质的面条对实验品尝小组人员进行先期培训 5 次,经培训合格、熟悉面条感官评

价项目及过程后开始实验面条样品的感官评价。按照面条感官评价评分标准所得面条的感官评分去掉

最高分和最低分,剩下得分加和平均即为面条的最终评价得分。

表1 面条感官评价评分标准  
Tab.1 Standard of sensory evaluation of noodle

项目	满分	评分标准
色泽	10	指面条的颜色和亮度。面条白、乳白、奶黄色,光亮为8.5~10分;亮度一般为6~8.4分;色发暗、发灰,亮度差为1~6分
外观状态	10	指面条表面光滑和膨胀程度。表面结构细密、光滑为8.5~10分;中间为6~8.4分;表面粗糙、膨胀、变形严重为1~6分
适口性(软硬)	20	用牙咬断一根面条所需力的大小。力适中得分为17~20分;稍偏硬或软12~17分;太硬或太软1~12分
韧性	25	面条在咀嚼时,咬劲和弹性的大小。有咬劲、富有弹性为21~25分;一般为15~21分;咬劲差、弹性不足为1~15分
粘性	25	指在咀嚼过程中,面条粘牙强度。咀嚼时爽口、不粘牙为21~25分;较爽口、稍粘牙为15~21分;不爽口、发粘为10~15分
光滑性	5	指在品尝面条时口感的光滑程序。光滑为4.3~5分;中间为3~4.3分;光滑程度差为1~3分
食味	5	指品尝时的味道。具麦清香味4.3~5分;基本无异味3~4.3分;有异味为1~3分

### 1.3.6 面条的硬度、拉断力测定

选取煮熟的面条用水冲洗3次,自然淋水,在滤网上静置15s后置于TA-XTplus型质构仪上测定面条的硬度、拉断力。重复测定3次,取其平均值。质构仪的参数设定为:测试前速度2mm/s;测试速度2mm/s;测试后速度2.0mm/s;测试距离75mm;数据获取速度200帧/s。

### 1.3.7 面粉粉质特性测定

参照GB/T14614—2006方法<sup>[12]</sup>,以形成时间、稳定时间、弱化度、粉质指数等为考察指标测定面粉的粉质特性。

### 1.3.8 统计分析

实验中所有数据都是3次测定的平均值,利用Microsoft Excel软件多重比较检验( $p < 0.05$ ),评价样品平均值之间的差异显著性。

## 2 结果与讨论

### 2.1 超高压对谷朊粉显微结构变化的影响

图1、2是普通谷朊粉、超高压改性谷朊粉放大500倍的电镜照片。由电镜照片易见:普通谷朊粉表面组织结构不均一,出现孔径不一的蜂窝状小孔,表明蛋白与蛋白、蛋白与淀粉间结合不是非常紧密。超高压改性谷朊粉表面组织结构较均一,出现撕裂状的纤维状结构,表明蛋白与蛋白、蛋白与淀粉间结合紧密,交联程度增大,超高压处理对谷朊粉的性质结构产生了显著影响。这也为添加超高压改性谷朊粉能够增加普通面粉的品质提供了一个有效佐证。

### 2.2 超高压对谷朊粉变性温度的测定

蛋白质的差示扫描热量法(DSC)是一种通过加热蛋白质,破坏其二级、三级、四级结构,测量变性过

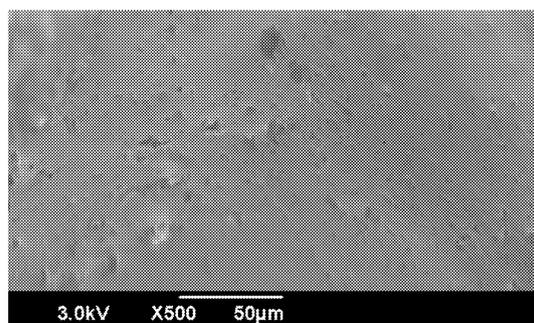


图1 普通谷朊粉电镜照片

Fig.1 Electron microscope photo of wheat gluten

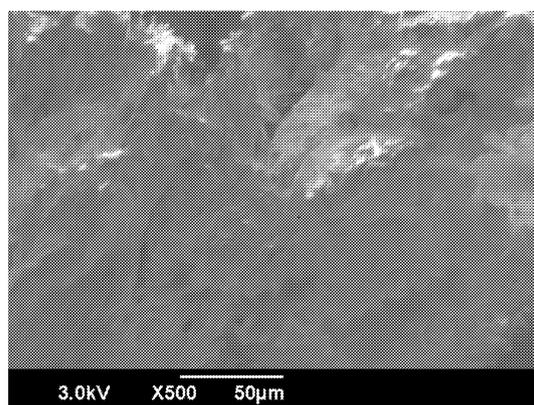


图2 超高压改性谷朊粉电镜照片

Fig.2 Electron microscope photo of ultra high pressure treated wheat gluten

程中的能量变化情况来反映蛋白质结构特征的分析方法。普通谷朊粉和超高压改性谷朊粉变性温度测定如图3所示,普通谷朊粉的起始变性温度为66.75℃,终止变性温度为169.43℃,变性峰值温度为117.02℃。超高压改性谷朊粉的起始变性温度为77.50℃,终止变性温度为170.59℃,变性峰值温度为119.76℃。通常,聚合物的热变性温度因交联

而提高<sup>[13]</sup>。比较普通谷朥粉和超高压改性谷朥粉DSC曲线可知,超高压改性谷朥粉的变性峰值温度比普通谷朥粉的变性峰值温度升高了2.74℃,这说明谷朥粉经超高压处理后,其蛋白交联程度增大,这也与普通谷朥粉、超高压改性谷朥粉显微照片所得结果相一致。

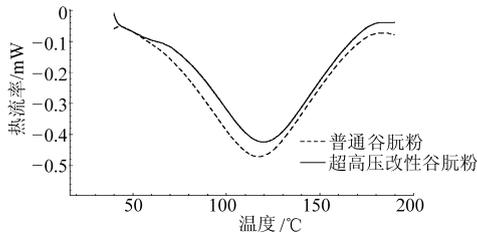


图3 谷朥粉DSC图谱

Fig.3 DSC curves of wheat gluten

### 2.3 面粉样品湿面筋含量的变化

湿面筋是反映面粉蛋白质含量和持水力大小的一项重要指标。向普通营养小麦粉中分别添加超高压改性谷朥粉和普通谷朥粉,所得强化的营养小麦粉湿面筋含量变化与添加量的关系如图4所示。

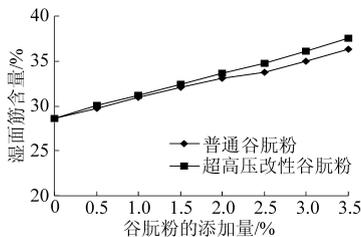


图4 谷朥粉添加量对湿面筋含量的影响

Fig.4 Effect of addition amount of wheat gluten on the wet gluten content

与未添加谷朥粉的小麦粉相比,添加超高压改性谷朥粉和普通谷朥粉均对营养小麦粉湿面筋的含量产生显著影响,湿面筋含量均随着谷朥粉添加量的增加而增大( $p < 0.05$ )。在添加量小于和等于1.5%时,添加超高压改性谷朥粉的面粉湿面筋含量略高,但影响不显著( $p > 0.05$ );在添加量大于1.5%时,与添加普通谷朥粉相比,添加超高压改性谷朥粉的面粉湿面筋含量略高,影响显著( $p < 0.05$ ),说明添加超高压改性谷朥粉的面粉增筋效果优于未经超高压处理的普通谷朥粉。

添加谷朥粉对面粉的增筋机理在于:谷朥粉的主要成分是蛋白质,添加到小麦粉中可增加其蛋白含量,湿面筋值增高。谷朥粉经超高压加工,谷朥蛋白结构中相邻的自由巯基相互作用,新增形成双硫键<sup>[6]</sup>,将其添加到小麦粉中,谷朥蛋白与蛋白、蛋白质与淀粉间交联作用比未经超高压处理的普通谷朥粉大,持水力强。因而,在相同添加量下,超高压改性谷朥粉对面粉湿面筋含量影响大于未经超高压处理的普通谷朥粉。

### 2.4 面条的感官评价

色泽、表观状态、适口性、韧性、粘性、光滑性、食味是感官评价面条质量的7个重要指标,以其为标准研究添加超高压改性谷朥粉和普通谷朥粉对面条质量的影响,所得结果如表2所示。

添加超高压改性谷朥粉和普通谷朥粉对面条感官评分影响为:随着谷朥粉添加量的增大评分先增大后减小。超高压改性谷朥粉添加量1.5%~3%时面条评分均超过90分,添加量3%时面条评分达

表2 谷朥粉添加量对面条感官评价得分影响

Tab.2 Effect of addition amount of wheat gluten on the noodle's sensory evaluation score

处理方法	谷朥粉添加量/%								
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
添加普通谷朥粉	72.3 ± 1.22	77.3 ± 0.45	77.5 ± 1.50	82.3 ± 2.11	86.4 ± 1.02	87.5 ± 0.32	86.1 ± 1.45	84.6 ± 1.35	
添加超高压改性谷朥粉	72.3 ± 1.12	79.8 ± 1.14	84.7 ± 0.93	90.9 ± 1.78	91.1 ± 0.83	90.6 ± 1.21	91.5 ± 2.07	88.2 ± 1.68	

到最高91.5分,而添加量超过3%时,面条评分开始下降。普通朥粉添加量2.5%时面条评分达到最高87.5分,在添加量范围内,所有面条的得分均没有超过90分。在相同添加量下,超高压改性谷朥粉面条的感官评分均高于普通谷朥粉面条,且影响显著( $p < 0.05$ ),表明超高压改性谷朥粉对面条品质的提升影响大于普通谷朥粉。

超高压改性谷朥粉和普通谷朥粉对面条感官品质影响主要在于,谷朥粉添加量的增大增加了面条中蛋白质含量,面条筋力增强,口感提高,感官评分升高。但在添加量超过一定比例后,蛋白质含量过

高对面条品质产生负面影响,感官评分降低。谷朥粉经超高压处理,双硫键的变化增加了湿面团的粘弹性<sup>[6]</sup>,在相同添加量下,对面条感官品质影响高于普通谷朥粉。

### 2.5 面条硬度、拉断力测定

面条的拉断力反映了面条的韧性和延展性,硬度则表示面条达到一定变形时所必须的力,反映了在感官上用牙咬断面条所用力的大小。利用TA-Xtplus型质构仪测定添加超高压改性谷朥粉和普通谷朥粉制作面条的拉断力、硬度情况如图5、6所示。

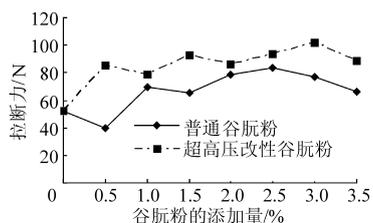


图5 谷朥粉添加量对面条拉断力的影响

Fig.5 Effect of addition amount of wheat gluten on the breaking force of noodle

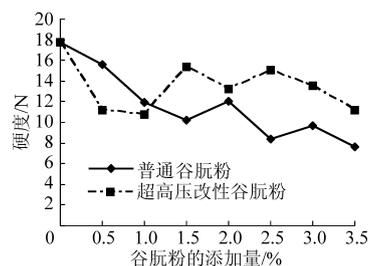


图6 谷朥粉添加量对面条硬度的影响

Fig.6 Effect of addition amount of wheat gluten on the hardness of noodle

由图5可以看出,超高压改性谷朥粉添加量3%时,面条拉断力达到最大值101.477 N;普通谷朥粉添加量2.5%时,拉断力达到最大值83.369 N。在相同添加水平下,超高压改性谷朥粉面条的拉断力普遍大于普通谷朥粉面条的拉断力,且影响显著( $p < 0.05$ ),这与超高压改性谷朥粉能显著增大湿面团粘弹性的结论相吻合<sup>[7]</sup>。由图6可以看出,添

表3 谷朥粉对面粉粉质特性的影响

Tab.3 Effect of wheat gluten on the farinograph property of flour

处理方法	粉质特性指标			
	形成时间/min	稳定时间/min	弱化度/FU	粉质指数/mm
未添加谷朥粉	5.4	6.6	89	95
添加3.0%普通谷朥粉	6.6	8.4	86	115
添加3.0%超高压改性谷朥粉	6.7	8.7	61	129

加3.0%超高压改性谷朥粉和普通谷朥粉的面粉的形成时间、稳定时间、粉质指数均得到较大提高,而弱化度指标减小,这表明添加3.0%超高压改性谷朥粉和普通谷朥粉对面粉品质具有较好的增效作用。而在3.0%的相同添加量下,超高压改性谷朥粉对面粉品质的增效作用强于普通谷朥粉,这也为添加超高压改性谷朥粉对面条感官评价得分、拉断力、硬度的影响强于普通谷朥粉提供了解释。

### 3 结论

(1)超高压加工谷朥粉增强了蛋白间的交联作用,谷朥粉变性峰值温度由117.02℃变为119.76℃,超高压改性谷朥粉的变性峰值温度比普

通谷朥粉的变性峰值温度升高了2.74℃。加超高压改性谷朥粉、普通谷朥粉,面条硬度均比未添加谷朥粉的面条硬度小。在添加量超过1%时,添加超高压改性谷朥粉面条硬度大于添加普通谷朥粉面条硬度。在相同添加水平下,超高压改性谷朥粉对面条的硬度影响大于普通谷朥粉,且影响显著( $p < 0.05$ )。添加超高压改性谷朥粉对面条硬度的影响规律与面条在感官评价中适口性的评分基本一致。面条硬度的增大说明面条中蛋白质构成的空间骨架更为坚固、稳定,实验所得结果与Apichartsrangkoon<sup>[6]</sup>、Kieffer<sup>[7]</sup>等研究结果相吻合,也与普通谷朥粉和超高压改性谷朥粉显微结构变化结果相统一。

### 2.6 面粉粉质特性测定

形成时间、稳定时间、弱化度、粉质指数是考察小麦粉品质高低的4个主要指标。其中,形成时间、稳定时间、粉质指数越大,表示面粉的筋力越强,面筋网络越牢固,面粉质量越好。而弱化度越大,表示面团筋力越差,面团过度搅拌后面筋衰减程度越大,面粉的质量越不好<sup>[14]</sup>。

综合考虑添加超高压改性谷朥粉、普通谷朥粉对营养小麦粉面筋含量、面条感官评价得分、拉断力、硬度的影响,选择超高压改性谷朥粉最佳添加量为3%的营养小麦粉为对象,研究其粉质特性,具体结果如表3所示。

与未添加谷朥粉的营养小麦粉相比较,分别添

通谷朥粉的变性峰值温度升高了2.74℃。

(2)在0~3.5%添加量范围内,超高压改性谷朥粉和普通谷朥粉对面粉湿面筋含量都有显著提高,且在相同添加量下,超高压改性谷朥粉对面粉湿面筋含量的提高作用更为显著( $p < 0.05$ )。

(3)添加超高压改性谷朥粉和普通谷朥粉对面条感官评分、拉断力、硬度产生较大影响,相同添加量下,超高压改性谷朥粉的影响更大( $p < 0.05$ );超高压改性谷朥粉添加量为3%时,所得面条质量最佳。

(4)添加量3%下,超高压改性谷朥粉对面粉的粉质特性增效作用强于普通谷朥粉。

- Liu Hui, Wang Maohua, Wang Yuexuan, et al. Development of farmland soil moisture and temperature monitoring system based on wireless sensor network[J]. Journal of Jilin University: Engineering and Technology Edition, 2008, 38(3): 605 ~ 606. (in Chinese)
- 5 Heinzelman W R, Chandrakasan A, Balakrishnan H. An application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks[J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2002, 1(4): 660 ~ 670.
- 6 Vivek Mhatre, Catherine Rosenberg. Design guidelines for wireless sensor networks: communication, clustering and aggregation[J]. Ad. Hoc. Networks, 2004, 2(1): 45 ~ 63.
- 7 Holger Karl, Andreas Willig. 无线传感器网络协议与体系结构[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- 8 Min R, Chandrakasan A. MobiCom poster: top five myths about the energy consumption of wireless communication[J]. ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, 2003, 7(1): 65 ~ 67.
- 9 Zhang Yan, Luo Jijun, Hu Honglin. 无线网状网: 架构、协议与标准[M]. 郭达, 张勇, 彭晓川, 译. 北京: 电子工业出版社, 2008.
- 10 肖德琴, 周权, 王景利, 等. 基于精细化梯度的水分传感器网络能量高效查询算法[J]. 农业机械学报, 2009, 40(12): 169 ~ 176.  
Xiao Deqin, Zhou Quan, Wang Jingli, et al. Energy-efficient query algorithms for moisture sensor networks based on fine-grain gradient[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(12): 169 ~ 176. (in Chinese)
- 11 张喜海, 张长利, 房俊龙, 等. 面向精细农业的土壤温度监测传感器节点设计[J]. 农业机械学报, 2009, 40(增刊): 237 ~ 240.  
Zhang Xihai, Zhang Changli, Fang Junlong, et al. Smart sensor nodes for wireless soil temperature monitoring systems in precision agriculture[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(Sup.): 237 ~ 240. (in Chinese)

(上接第 157 页)

#### 参 考 文 献

- 1 陈复生. 食品超高压加工技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- 2 Boonyaratanakornkit B B, Park C B, Clark D S. Pressure effects on intra- and intermolecular interactions within proteins[J]. Biochimica et Biophysica Acta, 2002, 1595(1~2): 235 ~ 249.
- 3 Lullien-Pellerin V, Balny C. High-pressure as a tool to study some proteins' properties: conformational modification, activity and oligomeric dissociation[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2002, 3(3): 209 ~ 221.
- 4 Gianibelli M C, Larroque O R, MacRitchie F, et al. Biochemical, genetic and molecular characterization of wheat glutenin and its component subunits[J]. Cereal Chemistry, 2001, 78(6): 635 ~ 646.
- 5 Day L, Augustin M A, Batey I L, et al. Wheat-gluten uses and industry needs[J]. Trends in Food Science and Technology, 2006, 17(2): 82 ~ 90.
- 6 Apichartsrangkoon A, Ledward D A, Bell A E, et al. Physicochemical properties of high pressure treated wheat gluten[J]. Food Chemistry, 1998, 63(2): 215 ~ 220.
- 7 Kieffer R, Schurer F, Köhler P, et al. Effect of hydrostatic pressure and temperature on the chemical and functional properties of wheat gluten: studies on gluten, gliadin and glutenin[J]. Journal of Cereal Science, 2007, 45(3): 285 ~ 292.
- 8 Valérie Micard, Stéphane Guilbert. Thermal behavior of native and hydrophobized wheat gluten, gliadin and glutenin-rich fractions by modulated DSC[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2000, 27(3): 229 ~ 236.
- 9 GB/T5506.2—2008 小麦和小麦粉 面筋含量 第2部分: 仪器法测定湿面筋[S].
- 10 SB/T10137—1993 面条用小麦粉[S].
- 11 GB/T10220—1988 感官分析方法总论[S].
- 12 GB/T14614—2006 小麦粉 面团的物理特性 吸水性和流变学特性的测定 粉质仪法[S].
- 13 Akinori Mizuno, Masata Mitsuiki, Masao Motoki. Effect of transglutaminase treatment on the glass transition of soy protein [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48(8): 3286 ~ 3291.
- 14 张先和, 任云丽, 高巍. 正确评价小麦品质[J]. 粮油食品科技, 2000, 8(1): 22 ~ 23.