

# 壳聚糖-蒲公英提取物的抑菌活性与稳定性研究

张强<sup>1</sup>, 胡维岗<sup>2</sup>, 金新文<sup>1\*</sup>

(1.新疆农垦科学院,农产品加工研究所,新疆石河子 832000;

2.新疆农垦科学院,农产品加工重点实验室,新疆石河子 832000)

**摘要:**研究天然抑菌剂壳聚糖和蒲公英提取物联用抑菌活性和抑菌稳定性。分别测定壳聚糖和蒲公英提取物对大肠杆菌、沙门氏菌、金黄葡萄球菌的抑菌最小浓度以及在最小抑菌浓度下的抑菌率和抑菌圈直径,并研究了壳聚糖和蒲公英提取物联用时的抑菌活性与抑菌稳定性。结果表明:单独使用壳聚糖与蒲公英提取物,均对大肠杆菌、沙门氏菌、金黄葡萄球菌有一定的抑菌活性。两者联用后,抑菌活性较单独使用有所提高。将联用抑菌剂通过不同温度、pH和紫外照射时间处理后测定可知,壳聚糖与蒲公英提取物联用抑菌剂在40~60℃、pH为5~7和紫外照射时间20~40 min的情况下仍具有较强的抑菌活性,抑菌稳定性良好。

**关键词:**壳聚糖,蒲公英,抑菌活性,抑菌稳定性

## Study on antibacterial activity and stability of chitosan and dandelion extract

ZHANG Qiang<sup>1</sup>, HU Wei-gang<sup>2</sup>, JIN Xin-wen<sup>1\*</sup>

(1.Institute of Agro-Products Processing Science and Technology, Xinjiang Academy of Agricultural and Reclamation Science, Shihezi 832000, China;

2.Key Laboratory of Agro-Products Processing Science and Technology, Xinjiang Academy of Agricultura and Reclamation Science, Shihezi 832000, China)

**Abstract:** The antibacterial activity and stability of the two natural antibacterial agents chitosan and dandelion extracts had been studied. The minimum antibacterial concentration of *E. coli*, *Salmonella*, *S. aureus* which were produced by chitosan and dandelion were determined, and the inhibition rate and inhibition zone diameter and at the MIC had been studied also. And antibacterial activity and stability of the two antibacterial mixtures had been determined too. The results showed that both chitosan and dandelion extract have some antibacterial activity to *E. coli*, *Salmonella*, *S. aureus*, and the mixtures of chitosan and dandelion extract have more antibacterial activity than the two substance had been used alone. The mixtures had been reduced in different temperature, pH and UV irradiation time, and antibacterial activity could be kept well in 40~60℃, pH5~7 and 20~40 minutes UV irradiation, the results showed that the antibacterial stability of the mixtures was very well.

**Key words:** chitosan; dandelion; antibacterial activity; antibacterial stability

中图分类号: TS254.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)20-0150-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.20.023

抗菌防腐对食品保鲜贮藏起着至关重要的作用,天然抑菌物质具有安全、无毒、无害的优点,近年来受到了国内外的广泛关注<sup>[1-2]</sup>。壳聚糖是一种无毒无味的天然物质,是甲壳质经脱乙酰反应后的产品,具有良好的生物相容性和可降解性,同时具有良好的抑菌活性<sup>[3-4]</sup>。壳聚糖的分子量从几千到几十万不等,有研究表明,粘均分子量在 $1.5 \times 10^5$ 左右的壳聚糖具有较强的抑菌活性<sup>[5]</sup>。目前,已应用于壳聚糖种衣

剂、壳聚糖杀菌、功能性纤维、农药缓释剂、植物生长促进剂、土壤改良剂、可降解壳聚糖地膜、壳聚糖果蔬保鲜剂等<sup>[6-8]</sup>。蒲公英属菊科多年生草本植物,蒲公英植物体中含有蒲公英醇、蒲公英素、胆碱、有机酸、菊糖等多种健康营养成分,具有广谱抑菌效果,对肺炎双球菌、脑膜炎球菌、白喉杆菌、绿脓杆菌、痢疾杆菌、伤寒杆菌等有较强的抑菌活性<sup>[9-10]</sup>。由于不同的抑菌剂有着不同的抑菌机理<sup>[11-12]</sup>,联合使用,能够发

收稿日期:2015-03-01

作者简介:张强(1977-),男,硕士,助理研究员,研究方向:农产品加工与贮藏保鲜,E-mail:821861127@qq.com。

\* 通讯作者:金新文(1970-),男,博士研究生,副研究员,研究方向:农产品加工与贮藏保鲜,E-mail:372557223@qq.com。

基金项目:新疆农垦科学院科技引导计划(50YYD201210)。

挥各自的抑菌特性,对不同微生物的抑菌活性形成互补,提高总体抑菌活性,目前复合抑菌剂的保鲜贮藏已有研究和应用<sup>[13-14]</sup>。因此,本课题研究了粘均分子量为 $1.5 \times 10^5$ 的壳聚糖和蒲公英提取物对大肠杆菌(*E. coli*)、沙门氏菌(*Salmonella*)、金黄葡萄球菌(*S. aureus*)的抑菌活性,并将两者联合使用,研究其抑菌效果,为开发新型的天然抗菌防腐材料与抗菌保鲜方法提供了参考和依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

壳聚糖 脱乙酰度96%,粘均分子量为 $1.5 \times 10^5$ ,上海紫一试剂厂;蒲公英 采摘于野外,全草晾干,经石河子华强医药公司鉴定;供试菌种:大肠杆菌(*E. coli*)、沙门氏菌(*Salmonella*)、金黄葡萄球菌(*S. aureus*) 由新疆农垦科学院农产品加工重点实验室提供;无水乙醇99.5%、醋酸 南京化学试剂有限公司;其他试剂 均为分析纯。

TDZ6B-W型离心机 上海卢湘仪离心机有限公司;HHS-11-4型水浴锅 杭州汇尔仪器设备有限公司;DH-500(303-3)AB恒温培养箱 北京科伟永兴仪器有限公司;V-1800型光度计 上海美普达仪器有限公司;KK25F55TI型冰箱 西门子公司;MLS-3780型高压蒸汽灭菌锅 杭州亚旭生物科技有限公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 壳聚糖抑菌溶液制备 实验采用粘均分子量为 $1.5 \times 10^5$ 壳聚糖,用2%的醋酸溶液溶解达到饱和后,再用0.1 mol/L的NaOH将溶液pH调节至6.0,用调节好的壳聚糖溶液进行抑菌实验<sup>[15]</sup>。

1.2.2 蒲公英浸提液的制备 取干蒲公英全草,粉碎至40目,将无水乙醇配制为70%体积浓度,作为浸提剂,按照料液比为1/25(m/v)投料,在水浴锅内100℃回流提取2 h。结束后进行过滤浓缩,制成浓度为1 g/mL的浸提液<sup>[16-18]</sup>。

1.2.3 菌株及其菌悬液的制备 将菌株大肠杆菌、沙门氏菌、金黄葡萄球菌,分别接种到LB固体培养基上,在37℃培养24 h,挑选单一菌落,置于MH培养基,在37℃培养,直至菌液达到所需浓度为止。

菌悬液的制备:将所培养的细菌调至0.5麦氏比浊单位<sup>[19]</sup>。

#### 1.2.4 抑菌活性的测定

1.2.4.1 壳聚糖、蒲公英浸提液最小抑菌浓度(MIC)的测定 采用微量二倍稀释法进行<sup>[20]</sup>,将待测菌液稀释至0.5麦氏比浊单位,加入96孔聚苯乙烯板中,取180 μL加入第一排孔,其余孔加入100 μL,取20 μL配制好的抑菌溶液加入第一孔,混匀,取100 μL加入第二孔,混匀,取100 μL加入第三孔,依次加样至第11孔,第十二孔加待测浸提混合液,作为对照,以浸提剂做阴性对照,重复2~4次,将平板置于37℃培养箱内培养24 h,观察结果。重复3次,取平均值。

1.2.4.2 抑菌圈直径的测定 采用滤纸片扩散法<sup>[20]</sup>。

制备药敏纸片:用滤纸制成直径为6 mm的圆形纸片若干,灭菌、烘干。取200 μL待测抑菌溶液浸泡滤纸片2 h,取出纸片置于培养基中,37℃下干燥3 h。

以浸提剂浸泡的滤纸片做空白对照。

接种培养:在无菌操作下,取200 μL菌悬液均匀涂布于无菌平皿,取6片药敏滤纸片等距离贴放,中心贴一片做对照,每个样品重复3次。于37℃培养24 h,用十字交叉法测定抑菌圈直径。

1.2.4.3 抑菌率的测定 采用比色法测定抑菌率<sup>[20]</sup>。将待测菌种进行活化至浓度为4.0 lg CFU/g的菌悬液<sup>[21]</sup>,以1/100稀释,配制为 $A_{600nm}$ 波长处吸光度为0.3~0.6的标准菌液,作对照组。取标准菌液,加入抑菌剂,配制为MIC的混合菌液,作为实验组。以无菌LB培养基作标准液,调节分光光度计的零点。在LB培养基中加入标准液300 μL,测吸光度( $A_{600nm}$ ),测定后于37℃培养3 h,测定 $A_{600nm}$ ,计算单位时间内 $A_{600nm}$ 变化(标示为 $\Delta A_{600nm}$ ),以此表示细菌的生长速率。按此方法测定含抗菌剂实验组菌液的 $A_{600nm}$ 变化值(标示为 $\Delta A'_{600nm}$ ),下降百分比作为抗菌剂的抗菌活性<sup>[22]</sup>。

$$\text{抑菌率}(\%) = [(\Delta A_{600nm} - \Delta A'_{600nm}) / \Delta A_{600nm}] \times 100$$

1.2.4.4 壳聚糖与蒲公英提取物联用时抑菌活性测定 联用抑菌液的配制:由于同一种抑菌剂对不同细菌有不同的MIC,若同时对三种细菌有抑菌作用,应当取三种细菌中MIC值的最大者。因此分别取壳聚糖组和蒲公英提取物组中三种细菌的MIC值最大者,浓度值分别记为 $C_1$ 和 $C_2$ 。根据 $C_1$ 和 $C_2$ 的值,分别将壳聚糖与蒲公英提取物配制成浓度为 $2C_1$ 和 $2C_2$ 的溶液,然后取等质量的两种溶液混合配制成壳聚糖与蒲公英提取物的联用抑菌剂,最后对联用抑菌剂进行抑菌活性的测定。

#### 1.2.5 抑菌活性稳定性的测定<sup>[22]</sup>

1.2.5.1 热处理对联用抑菌剂抑菌活性的影响 将联用抑菌剂分别置于40、60、80、100℃水浴处理30 min,对照组为20℃,测定联用抑菌剂的抑菌圈直径与抑菌率,实验重复3次,取平均值。

1.2.5.2 pH对联用抑菌剂抑菌稳定性的影响 用0.1 mol/L的HCl和0.1 mol/L的NaOH分别将联用抑菌剂溶液pH调至3、5、7、9、11,测定联用抑菌剂的抑菌圈直径与抑菌率,实验重复3次,取平均值。

1.2.5.3 紫外照射对联用抑菌剂抑菌活性的影响 将联用抑菌剂置于20 W的紫外灯下30 cm处分别照射20、40、60、80 min,分别测定抑菌剂的抑菌圈直径和抑菌率,重复3次。

## 1.3 数据处理

实验数据采用SPSS 17.0软件进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 壳聚糖与蒲公英提取物最小抑菌浓度以及抑菌活性的测定

采用微量二倍稀释法,分别测定了壳聚糖与蒲公英提取物的最小抑菌浓度,数据如表1所示,壳聚糖对大肠杆菌和金黄葡萄球菌最小抑菌浓度小于蒲公英提取物的。有研究表明,壳聚糖的浓度对其抗菌活性有重要影响,醋酸浓度和pH亦能产生影响,但影响较小<sup>[23]</sup>。

2.2 壳聚糖与蒲公英提取物联用与单独使用抑菌圈直径 壳聚糖在 $C_1$ 浓度(0.055 g/mL)下,蒲公英提取物

表1 壳聚糖与蒲公英提取物最小抑菌浓度  
Table 1 The MIC of chitosan and dandelion extract

抑菌物质	壳聚糖			蒲公英提取物		
	<i>E.coli</i>	<i>Salmonella</i>	<i>S.aureus</i>	<i>E.coli</i>	<i>Salmonella</i>	<i>S.aureus</i>
MIC (g/mL)	0.021±0.02	0.055±0.03	0.013±0.02	0.125±0.023	0.03125±0.015	0.0875±0.031
抑菌圈直径 (mm)	3.1±0.1	3.5±0.2	2.6±0.1	12.7±0.2	17.5±0.2	8.6±0.1
抑菌率 (%)	24.3±0.24	29.5±0.32	19.8±0.25	39.6±0.31	43.7±0.35	32.6±0.41

表2  $C_1$ 浓度下壳聚糖与 $C_2$ 浓度下蒲公英提取物及两者混合联用的抑菌圈直径

Table 2 The inhibitory zone diameters of chitosan in  $C_1$  and dandelion extract in  $C_2$  and the mixture of chitosan and dandelion extract

抑菌物质	抑菌圈直径 (mm)		
	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella</i>	<i>S. aureus</i>
壳聚糖 ( $C_1$ 浓度)	3.6±0.1 <sup>a</sup>	3.5±0.21 <sup>a</sup>	4.1±0.1 <sup>a</sup>
蒲公英提取物 ( $C_2$ 浓度)	12.7±0.1 <sup>b</sup>	18.7±0.2 <sup>b</sup>	9.1±0.1 <sup>b</sup>
壳聚糖与蒲公英联用	14.3±0.2 <sup>c</sup>	21.4±0.25 <sup>c</sup>	12.9±0.26 <sup>c</sup>

注:同列不同小写字母表示LSD检验在5%水平上差异显著;表3同。

在 $C_2$ 浓度下 (0.125 g/mL), 根据 $C_1$ 和 $C_2$ 值配制壳聚糖和蒲公英联用抑菌剂, 对以上条件下抑菌圈直径进行测定。由表2数据可知, 壳聚糖在 $C_1$ 浓度下较蒲公英提取物在 $C_2$ 浓度下产生的抑菌直径小, 两者存在显著性差异 ( $p < 0.05$ ); 壳聚糖和蒲公英联用制剂产生抑菌圈直径较 $C_2$ 浓度的蒲公英提取物有了显著增加 ( $p < 0.05$ )。

### 2.3 壳聚糖与蒲公英提取物联用与单独使用抑菌率

表3  $C_1$ 浓度下壳聚糖与 $C_2$ 浓度下蒲公英提取物及两者混合联用的抑菌率

Table 3 The inhibitory rate of chitosan in  $C_1$  and dandelion extract in  $C_2$  and the mixture of chitosan and dandelion extract

抑菌物质	抑菌率 (%)		
	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella</i>	<i>S. aureus</i>
壳聚糖 ( $C_1$ 浓度)	45.6±0.21 <sup>b</sup>	39.8±0.16 <sup>a</sup>	64.7±0.35 <sup>b</sup>
蒲公英提取物 ( $C_2$ 浓度)	39.7±0.18 <sup>a</sup>	73.5±0.25 <sup>b</sup>	43.2±0.27 <sup>a</sup>
壳聚糖与蒲公英联用	89.6±0.32 <sup>c</sup>	96.4±0.34 <sup>c</sup>	92.5±0.43 <sup>c</sup>

由表3所示, 壳聚糖-蒲公英提取物对大肠杆菌、沙门氏菌、金黄葡萄球菌的抑菌率均比壳聚糖和蒲公英单独使用时有所增加 ( $p < 0.05$ )。

由抑菌圈直径和抑菌率变化可知, 并且壳聚糖与蒲公英提取物联用比单独使用一种抑菌剂能够产生更强的抑菌活性。结合表2和表3分析可知, 在固体培养基中, 壳聚糖远比蒲公英提取产生的抑菌圈直径小, 相差2.5~5.3倍。而在液体菌悬液中的抑菌率差距则相对较小, 壳聚糖对大肠杆菌和金黄葡萄球菌的抑菌率反而较蒲公英提取物强。这是由于壳聚糖粘度较高, 在固体培养基中不易扩散, 而在菌悬液溶液中, 壳聚糖充分溶解分散, 抑菌活性得以充分发挥。

由于两种抑菌剂有着不同的抑菌机制, 壳聚糖的有效基因N可以与细菌细胞壁形成一个负电荷环境, 阻碍细胞内外物质的正常流通, 有些则通过渗

透作用穿过多孔细胞壁, 破坏细胞质中内含物的胶体状态<sup>[24]</sup>。蒲公英对细菌的细胞膜有强烈的破坏作用, 导致胞内物质渗出, 使细菌死亡<sup>[25]</sup>。因此, 两种抑菌剂联用后能够分别发挥自身的抑菌作用, 抑菌活性超过单独使用一种抑菌剂的抑菌活性<sup>[26]</sup>。

### 2.4 壳聚糖-蒲公英提取物的抑菌稳定性

2.4.1 热处理对联用抑菌剂抑菌活性的影响 食品生产过程中, 经常会使用巴士杀菌控制微生物数量, 这要求抑菌剂有较好的热稳定性, 能在尽量高的温度下保持较强的抑菌活性。

由图1、图2可知, 壳聚糖与蒲公英联用抑菌剂的抑菌活性在40 °C下保持良好, 无显著性变化 ( $p > 0.05$ ), 在60 °C的巴氏杀菌温度下略有下降, 但仍有较强的抑菌活性, 壳聚糖与蒲公英的联用抑菌剂热稳定性良好, 能够满足食品加工生产要求。在80 °C和100 °C高温下, 抑菌活性下降严重 ( $p < 0.05$ )。

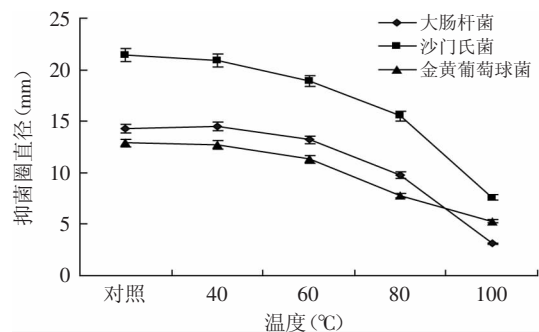


图1 温度对壳聚糖-蒲公英提取物抑菌圈直径的影响

Fig.1 The effect of temperature on the inhibitory zone diameters of chitosan and dandelion extract

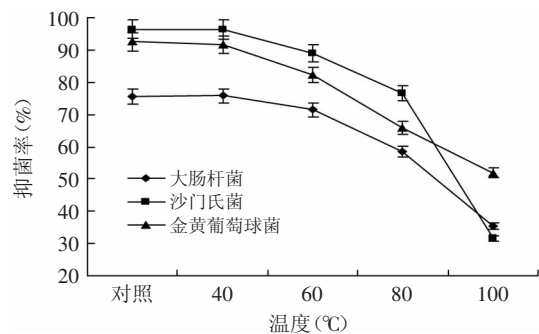


图2 温度对壳聚糖-蒲公英提取物抑菌率的影响

Fig.2 The effect of temperature on the inhibitory rate of chitosan and dandelion extract

2.4.2 pH对联用抑菌剂抑菌稳定性的影响 抑菌剂在使用时, 环境pH处在不断变化过程中。因此, 抑菌

剂对酸碱环境保持稳定性非常重要,能在较大pH范围内保持抑菌稳定性较为理想。

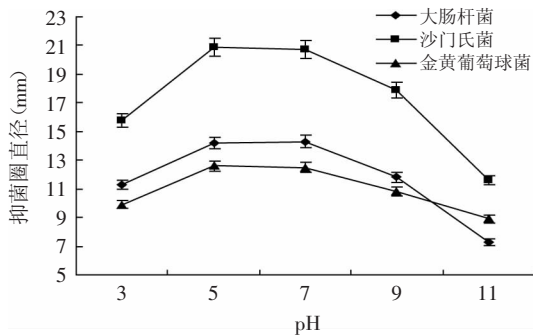


图3 pH对壳聚糖-蒲公英提取物抑菌圈直径的影响  
Fig.3 The effect of pH on the inhibitory zone diameters of chitosan and dandelion extract

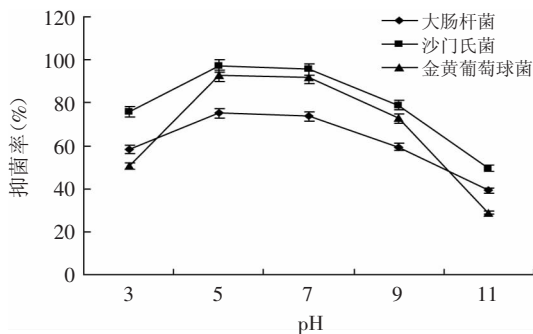


图4 pH对壳聚糖-蒲公英提取物抑菌率的影响  
Fig.4 The effect of pH on the inhibitory rate of chitosan and dandelion extract

由图3和图4分析可知,在pH<5时,壳聚糖与蒲公英联用抑菌剂的抑菌活性随pH的升高急剧升高( $p < 0.05$ ),当pH=5时,抑菌活性达到最高,在pH5~7时,抑菌活性随着pH增加缓慢下降,pH>7时,抑菌活性加速下降( $p < 0.05$ )。

2.4.3 紫外照射对联用抑菌剂抑菌活性的影响 许多种类的食品在生产及保鲜贮藏过程中,要进行紫外线照射灭菌处理,因此,理想的抑菌剂其抑菌活性受紫外线照射影响较小为好。

由图5和图6分析可知,壳聚糖与蒲公英的联用

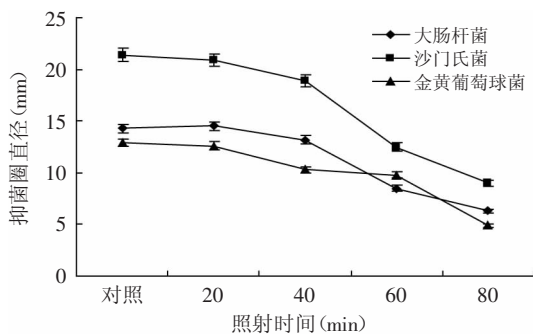


图5 紫外线照射时间对壳聚糖-蒲公英提取物抑菌圈直径的影响

Fig.5 The effect of UV irradiation time on the inhibitory zone diameters of chitosan and dandelion extract

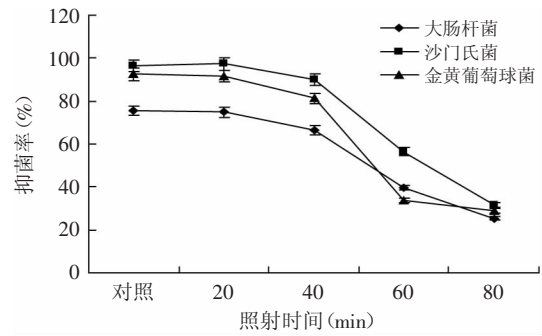


图6 紫外线照射时间对壳聚糖-蒲公英提取物抑菌率的影响  
Fig.6 The effect of UV irradiation time on the inhibitory rate of chitosan and dandelion extract

抑菌剂在短时间内受紫外线照射,如20 min,抑菌活性没有显著变化( $p > 0.05$ ),照射40 min以后,抑菌活性下降显著( $p < 0.05$ )。

### 3 结论

研究了粘均分子量为 $1.5 \times 10^5$ 的壳聚糖和干蒲公英全草提取物对大肠杆菌(*E. coli*)、沙门氏菌(*Salmonella*)、金黄葡萄球菌(*S. aureus*)的抑菌活性。结果表明,壳聚糖和蒲公英提取物均有一定的抑菌效果。在最小抑菌浓度时,蒲公英提取物比壳聚糖有较强的抑菌活性,而壳聚糖在充分溶解扩散的情况下能够产生较强的抑菌活性。将两种抑菌剂进行混合联用,抑菌活性进一步增强,对三种实验菌的抑菌率分别达到89.6%、96.4%和92.5%。虽然两种抑菌剂的抑菌机制不同,但两种抑菌剂联用后分别能够发挥自身的抑菌作用,抑菌活性较单独使用时显著加强。同时,联用后抑菌稳定性良好。由于壳聚糖与蒲公英提取物均是天然产物,具有安全无毒、自然资源丰富、易取材、生产成本低的优点,在开发安全健康的食品抑菌保鲜制剂和保鲜材料方面有着良好的应用前景。

### 参考文献

- [1] 王燕燕,努尔巴依·阿布都沙力克. 蒲公英的民族植物学研究及开发利用[J]. 中央民族大学学报:自然科学版,2011,20(2): 23-25,38.
- [2] 陈佳阳,陈实,乐学义. 壳聚糖抗菌膜的研究进展[J]. 广东农业科学,2012,39(12):122-126.
- [3] J Keaton Smith, Joel D Bumgardner, Harry S Courtney, et al. Antibiotic-loaded chitosan film for infection prevention: A preliminary *in vitro* characterization[J]. Biomedical Materials, 2010, 94(1):203-211.
- [4] Arun Ghosh, M Azam Ali. Studies on physicochemical characteristics of chitosan derivatives with dicarboxylic acids[J]. Journal of Materials Science, 2012, 47(3): 1196-1204.
- [5] Zh T Azimov, B L Oksengendler, N N Turaeva, et al. Effect of the structure of the biopolymer chitosan on its bactericidal activity[J]. Polymer Science Series A, 2013, 55(2):98-101.
- [6] 杨玲玉,孟祥红,刘成圣,等. 壳聚糖的抗菌性及其对果实病害的防治研究进展[J]. 中国农业科学,2009,42(2):626-635.
- [7] Riccardo A A Muzzarelli, Joseph Boudrant, Diederick Meyer, et al. Current views on fungal chitin/chitosan, human chitinases,

food preservation, glucans, pectins and inulin: A tribute to Henri Braconnot, precursor of the carbohydrate polymers science, on the chitin bicentennial[J]. Carbohydrate Polymers, 2012, 87(2): 995-1012.

[8] Mohsen M Mady, Mirhane M Darwish, Safaa Khalil, et al. Biophysical studies on chitosan-coated liposomes[J]. European Biophysics Journal, 2009, 38(8): 1127-1133.

[9] 杜军英, 姜东伯, 狄柯坪, 等. 蒲公英抑菌抗炎作用的研究进展[J]. 白求恩医学院学报, 2012, 10(2): 128-131.

[10] 孟静思, 袁进罡, 马辉. 中草药蒲公英的体外抑菌实验[J]. 河北化工, 2013, 36(3): 29-31.

[11] 林水森, 李明春, 辛梅华, 等. 壳聚糖及其衍生物抗菌机理研究进展[J]. 化学通报, 2014, 77(3): 220-226.

[12] 王晓英. 蒲公英总黄酮对假单胞菌抑菌机理的探讨[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(11): 18-21.

[13] 姜忠丽, 王俊伟. 丁香、苦荞麦及蒲公英的复配抑菌作用[J]. 粮食与饲料工业, 2011(8): 39-41.

[14] 任艳芳, 刘畅, 何俊瑜, 等. 黄连壳聚糖复合涂膜保鲜剂对夏橙保鲜效果的研究[J]. 食品科学, 2012, 33(16): 291-296.

[15] 廖爱琳, 吴晓萍, 易蜀婷, 等. 壳聚糖对金黄色葡萄球菌抑菌活性的研究[J]. 中国食物与营养, 2011, 17(4): 40-43.

[16] 刘利本, 平家奇, 高海飞, 等. 蒲公英不同部位提取物体外抑菌作用的比较[J]. 延边大学农学学报, 2010, 32(1): 65-68.

[17] 孙长霞, 童应凯, 黄亮, 等. 蒲公英不同溶剂提取物体外抑

菌效果的研究[J]. 食品科技, 2012, 37(1): 204-206.

[18] 梁引库. 巨大型蒲公英根脂溶性成分的抗氧化活性及抑菌实验研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(12): 153-156.

[19] 渊小春, 魏希颖, 张荣奎, 等. 两种培养基对蒲公英体外抑菌效果观察[J]. 陕西师范大学学报: 自然科学版, 2004, 32(2): 93-96.

[20] 柯德森, 王红星, 巫锦雄, 等. 乳清蛋白水解程度与抗菌能力的相关性[J]. 食品科学, 2013, 34(9): 61-65.

[21] 靳春秋, 迟海, 杨究时, 等. 复配抑菌剂对假单胞杆菌抑制效果的研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(20): 169-172.

[22] 游玉明, 黄琳琳. 山胡椒提取物的抑菌活性及其稳定性[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(5): 116-119.

[23] Magdy W Sabaa, Nadia A Mohamed, Riham R Mohamed, et al. Synthesis, characterization and antimicrobial activity of poly(N-vinyl imidazole) grafted carboxymethyl chitosan[J]. Carbohydrate Polymers, 2010, 79(4): 998-1005.

[24] Nadia A Mohamed, Nahed A Abd El-Ghany. Synthesis, Characterization, and Antimicrobial Activity of Carboxymethyl Chitosan-Graft-Poly(N-acryloyl, N'-cyanoacetohydrazide) Copolymers[J]. Carbohydrate Chemistry, 2012, 31(3): 220-240.

[25] 王晓英, 刘长蛟, 段连海, 等. 蒲公英总黄酮提取物在冷鲜猪肉涂膜保鲜中的应用[J]. 食品科学, 2014, 35(6): 214-218.

[26] 孙莎, 覃宇悦, 程春生, 等. 壳聚糖薄荷提取液复合保鲜剂对冷却肉保鲜效果的研究[J]. 科学技术与工程, 2011, 11(31): 7697-7700.

(上接第149页)

有略微的改善。蛋白质的弱化、淀粉的糊化、淀粉糊化胶的热稳定性及淀粉的回生特性方面两种胶体都可以达到减弱的作用, 并且ADP-CS在这些方面的减弱作用较ADP-PS更加明显。两种亲水性胶体和两种乙酰化二淀粉磷酸酯在青稞-小麦面团的流变学性质中表现出了不同的特点, 根据这些特点以及面条用粉的标准<sup>[5]</sup>可选用GG和ADP-CS作为改良剂用于青稞面条的制作中。

### 参考文献

[1] 臧靖巍, 阙建全, 陈宗道, 等. 青稞的成分研究及其应用现状[J]. 中国食品添加剂, 2004(4): 43-46.

[2] 洛桑旦达, 强小林. 青稞特有营养成分分析与开发利用现状调查研究报告[J]. 西藏科技, 2001, 100(8): 56.

[3] 陈运中, 李永明. 苦荞麦挂面的中试研究[J]. 食品工业科技, 食品工业科技, 1999, 20(6): 48-49.

[4] 陶锦鸿, 郑铁松. 变性淀粉在面制品中的应用[J]. 食品工业科技, 2009(10): 344-347.

[5] 何绍凯, 刘文娟, 曹余, 等. 蜡质玉米乙酰化二淀粉磷酸酯的制备及性能研究[J]. 中国食品添加剂, 2013(6): 99-103.

[6] 中华人民共和国卫生部. GB5009.3-2010-直接干燥法.

[7] 中华人民共和国国家标准. GB/T5506.1-2008-手洗法测定湿面筋.

[8] 闫舒琴, 周一虹, 沈群. 四种亲水胶体对小麦淀粉、面筋蛋白特性及面条品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(3): 63-67.

[9] 万金虎, 陈晓明, 徐学明, 等. 四种常见亲水胶体对面团特性的影响研究[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(11): 22-25.

[10] 丁瑞琴. 甘薯粉面团流变学性质及面条工艺的研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2009.

[11] 林莹, 辛志平, 古碧, 等. 不同变性淀粉对冷冻面团热力学特性的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(5): 59-62.

[12] Cristina M. Rosell, Concepcio'n Collar, Mo'nica Haros. Assessment of hydrocolloid effects on the thermo-mechanical properties of wheat using the Mixolab[J]. Food Hydrocolloids, 2007, 21(3): 452-462.

[13] Ribotta P D, Ausar S F, Beltramo D M, et al. Interactions of hydrocolloids and sonicated-gluten proteins[J]. Food Hydrocolloids, 2005, 19(1): 93-99.

[14] 丁士勇, 刘文豪, 熊善柏. 变性淀粉及谷朊粉对面团特性的影响研究[J]. 食品研究与开发, 2007, 28(7): 43-48.

[15] 中华人民共和国行业标准. SB/T10137-93-面条用小麦粉.

[16] 李丽, 牛黎莉, 王晓璇, 等. 醋酸酯变性淀粉对低筋面团热机械学特性的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34(11): 95-98.

[17] 王坤, 吕振磊, 王雨生, 等. 变性淀粉对面团流变学特性和面包品质的影响[J]. 食品与机械, 2011, 27(4): 20-24.

[18] D R Lineback, G E Inglett. Food carbohydrates[M]. Westport, CT: The AVI Publishing Company, 1982: 399-419.

[19] Alloncle M, Doublier J L. Viscoelastic properties of maize starch/hydrocolloid pastes and gels[J]. Food Hydrocolloids, 1991(5): 455-467.

[20] 于泓鹏, 朱婉怡, 高群玉. 食用醋酸酯淀粉制备和性质的研究[J]. 食品科学, 2003, 24(7): 70-74.

[21] 吕振磊, 王坤, 陈海华. 亲水胶体对面粉糊化特性和面条品质的影响[J]. 食品机械, 2010, 26(4): 26-31.