

# 大豆 7S 和 11S 球蛋白对面团特性及馒头品质的影响

高雪丽<sup>1</sup>, 陈复生<sup>2</sup>, 张丽芬<sup>2</sup>, 布冠好<sup>2</sup>, 樊明涛<sup>1</sup>

(1. 西北农林科技大学食品学院, 陕西杨凌 712100) (2. 河南工业大学粮油食品学院, 河南郑州 450001)

**摘要:** 本文研究了大豆浓缩蛋白 (CSP)、7S 和 11S 球蛋白的添加对小麦粉面团的粉质、糊化、水分分布、迁移等特性和对面团质地及感官品质的影响。结果表明: 添加 CSP 可使面团的稳定时间增加, 弱化度减小, 而添加 7S 和 11S 可使面团的稳定时间减小, 弱化度增加; 添加 CSP、7S 和 11S 混合粉面团的抗老化程度、持水性有强到弱依次为 11S、7S、CSP; 馒头的硬度、咀嚼性均有所降低, 由大到小依次为 CSP、7S、11S; 添加 3% 的 11S 球蛋白的馒头形态、质地、口感、风味良好, 感官评分最高 (90 分)。本研究可为 CSP、7S 和 11S 在馒头中的应用提供理论依据。

**关键词:** 7S 球蛋白; 11S 球蛋白; 面团; 水分迁移; 馒头

文章编号: 1673-9078(2014)10-13-18

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2014.10.003

## Effects of 7S and 11S Soy Protein on the Qualities of Dough and Chinese Steamed Bread

GAO Xue-li<sup>1</sup>, CHEN Fu-sheng<sup>2</sup>, ZHANG Li-fen<sup>2</sup>, BU Guan-hao<sup>2</sup>, FAN Ming-tao<sup>1</sup>

(1. College of Food Science and Engineering of Northwest A&F University, Yangling 712100, China)

(2. College of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

**Abstract:** This study was devised to evaluate the effect of the soy protein, 7S and 11S soy protein on farinograph of wheat dough, pasting, the distribution and migration of the water behaviour and texture quality attributes of Chinese steamed bread (CSB). The results showed that flour mixtures with CSP was able to increase the soy/wheat dough stability (S) and decrease the degree of softening (DS), while with 7S or 11S separately was able to decrease the soy/wheat dough stability (S) and increase the degree of softening (DS); The anti-aging degree and water holding capacity of mix flour dough decreased in the order of 11S>7S>CSP. The hardness, chewiness, and cohesiveness of CSB decreased in the order of CSP>7S>11S soy protein. Therefore, The CSB made of adding 3% 11S soy protein wheat flour have the highest sensory score (90 point). These results provide theoretical basis for the application of soy protein, 7S, and 11S in the CSB.

**Key words:** 7S soy protein, 11S soy protein, wheat dough, migration of the water, Chinese steamed bread

馒头是我国特有的传统主食食品, 据史书记载, 已有 1700 多年的历史。近年来在东南亚各国也比较流行。在我国北方, 一年约有 70% 的小麦用于制作和生产不同类型的馒头。由于小麦面粉加工精度的提高, 导致了大量 B 族维生素、膳食纤维及矿物质的流失, 更严重的是由于小麦蛋白质缺乏赖氨酸, 如长期食用, 会引起人们体内营养素的不平衡。因此将蛋白质含量及质量高的原料与小麦粉搭配是最合适的营养互补方法之一<sup>[1~3]</sup>。Martínez-Villaluenga 等研究表明将豌豆粉加入小麦粉中制作意大利面可以提高意大利面中蛋白

质的营养价值<sup>[4]</sup>。Shfali Dhingra 等将大豆粉以 5% 和 10% 的比例加入到小麦粉中, 小麦粉蛋白含量由原来的 12.1% 提高到 13.7%, 蛋白质中赖氨酸含量由原来的 2.74% 提高到 3.02%<sup>[5]</sup>。将豆制品与小麦粉复配来改善小麦产品的品质已成为国内外学者研究的热点, 但这些研究主要集中在面包<sup>[6~9]</sup>和意大利面<sup>[10~12]</sup>上。最近有一些报道将豆制品加入到小麦粉中, 研究其对小麦面团及馒头品质的影响, 如豆渣粉<sup>[13]</sup>和白扁豆粉<sup>[14]</sup>。

大豆是主要的豆科植物, 大豆蛋白是植物性蛋白质中唯一含人体不能合成的八种氨基酸的完全蛋白质。大豆蛋白有四种主要组分: 2S、7S、11S 和 15S 球蛋白, 其中 7S 和 11S 球蛋白占了总含量的 70%<sup>[15~16]</sup>。大豆蛋白与小麦蛋白通过共价键和非共价键相互作用, 使小麦蛋白与大豆蛋白的性质紧密联系<sup>[17]</sup>。7S 和 11S 是大豆蛋白的两种主要组分, 它们与面筋蛋

收稿日期: 2014-04-12

基金项目: 国家 863 科技计划项目 (2013AA102208-5)

作者简介: 高雪丽 (1982-), 女, 博士, 主要研究方向: 食品蛋白质资源开发及利用

通讯作者: 樊明涛 (1962-), 男, 博士, 教授、博导, 主要研究方向: 低值蛋白质资源生物转化

白的相互作用对我们探讨大豆蛋白与面筋蛋白相互作用机理起关键的作用。López-Guel 等研究表明添加少量的大豆 7S 球蛋白对面包的品质没有太大影响<sup>[18]</sup>。杨春华等将 11S 以不同的比例加入到小麦粉中制作面包, 结果表明 11S 球蛋白添加量为 3% 的面包品质最好<sup>[19]</sup>。但是, 尚未见有关大豆 7S 和 11S 球蛋白对馒头品质影响的相关研究。

本文旨在研究大豆浓缩蛋白和大豆 7S、11S 球蛋白的添加对小麦粉面团的粉质参数、糊化、水分分布、迁移等特性和馒头的硬度、咀嚼性、内聚力及感官品质等的影响规律, 为馒头品质的改良和馒头专用蛋白粉的开发提供理论基础, 对改善面制食品的加工品质、扩大大豆蛋白在食品加工中的应用范围等都有较大意义。并为深入探讨大豆蛋白与小麦蛋白相互作用机理提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

脱脂豆粉 (TSF), 蛋白质含量 54.2%, 郑州同创益生食品有限公司; 小麦粉, 郑州天地人面粉实业有限公司 (三一粉); 高活性干酵母, 安琪酵母股份有限公司。化学试剂均购自郑州新风化学试剂有限公司, 纯度为分析纯。

### 1.2 主要仪器

D-37520 真空冷冻干燥机, 德国 Kendro 公司; 2300K 全自动凯氏定氮仪, 瑞典 FOSS TECATOR 公司; HWS 恒温恒湿培养箱, 北京中兴伟业仪器有限公司; LGJ-18 型核磁共振分析仪, 上海纽迈电子科技有限公司; Farinograph-AT 型粉质仪, 德国 Brabender 公司; TMB-Pro 型质构仪, FTC 仪器制造公司; AY120 型分析天平, 岛津国际贸易(上海)有限公司。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 大豆浓缩蛋白、大豆 7S 和 11S 球蛋白的提取

大豆浓缩蛋白、大豆 7S 和 11S 球蛋白分别参照 Ryan K J、Brewer M S<sup>[20]</sup>、Delwiche S R、Pordesimo L O、Panthee D R 等<sup>[21]</sup>和 Liu C、Wang H Cui Z 等<sup>[22]</sup>的方法进行提取。

#### 1.3.2 蛋白质含量的测定

蛋白质含量测定采用国标 GB 5009.5-2010 测定, 转换系数大豆蛋白为 6.25, 小麦蛋白为 5.7。

#### 1.3.3 混合粉的制备

将本试验所得 CSP (蛋白质含量 84.1%)、7S (蛋白质含量 83.2%) 和 11S (蛋白质含量 96.1%) 以 3% (以蛋白质计) 的比例加入到小麦粉中, 即在 1500.0 g 小麦粉中加入 CSP、7S 和 11S 的量分别为 53.6 g、54.2 g、46.9 g; 纯的小麦粉为对照粉。

#### 1.3.4 面团特性的测定

##### 1.3.4.1 混合粉面团粉质特性的测定

参照 GB/T 14614-2006, 采用 Brabender 粉质仪, 仿照小麦粉粉质特性分析法对混合粉粉质参数 (吸水率、稳定时间、弱化度等) 进行测定。

##### 1.3.4.2 糊化特性的测定

按照 GB/T 24853-2010 的方法, 利用快速黏度分析仪测定添加了 CSP、7S 和 11S 的混合粉的糊化特性。

##### 1.3.4.3 水分迁移特性的测定

制备添加了 CSP、7S、11S 的面团, 以不添加的样品为对照。方法参照吴酉芝等<sup>[23]</sup>, 并做修改。将适量样品置于直径为 15 mm 的 NMR 测试管底部, 利用 CPMG (Carr-Purcell-Meiboom-Gill) 脉冲序列测定样品的横向弛豫时间 ( $T_2$ )。将样品置于永久磁场中心位置的射频线圈的中心, 进行 CPMG 脉冲序列实验。CPMG 序列采用的参数: 采样点数  $T_D=100130$ , 回波个数  $C_0=5000$ , 重复扫描次数  $N_s=4$ , 弛豫衰减时间  $D_0=1500$  ms; 半回波时间  $T_E=100$  us。利用  $T_2$ -FitFrm 软件调用 CPMG 序列反演得到各样品的  $T_2$  分布图谱。研究 CSP、7S、11S 对面团水分特性的影响。

#### 1.3.5 馒头的制作

参照文献并作修改<sup>[24]</sup>, 对照及每个混合粉做 3 份平行试验, 每份 50 g, 在恒温条件下, 将各混合粉和对照加入适量水 (吸水率的 85%), 再按混合粉 1% 的比例加入酵母后, 以相同的力度进行揉和, 将揉好的光滑、不黏手的面团放入相对湿度 80%, 温度 38 °C 的恒温恒湿培养箱中发酵 40 min, 做好标记后放入蒸锅中蒸成馒头, 20 min 左右, 馒头出锅。将蒸好的馒头盖上纱布在室温条件下冷却 1 h, 进行体积、质量、宽高比和 TPA (texture profile analysis) 测试。3 份平行样品测试中, 每份平行样测 2 次, 每个测试参数去掉最大值和最小值后求平均值。

#### 1.3.6 馒头质构 (TPA) 的测定

将室温下冷却 1 h 的馒头切成 2.5 cm 厚的片状测定馒头的质构。使用的探头为 P/35R 型; 馒头的 TPA 测试的操作模式: 压力测定; 操作类型: TPA; 测试前速率: 2.0 mm/s; 测试速率: 1.0 mm/s; 测试后速率: 1.0 mm/s; 压缩率: 50.0%; 两次压缩之间的时间间隔: 5.0 s; 触发类型设置为: Auto; 起点感应力: 5 g; 数

据采集速率: 200 pps。从TPA实验曲线上可得到硬度、咀嚼性、内聚性等参数值。

### 1.3.7 馒头的感官评定

馒头由7位以上对馒头加工工艺和特性都比较了解的研究生进行评定, 评价过程在15 min内完成。进行感官评价的实验室光线良好, 馒头感官评分标准见表1<sup>[25]</sup>。

表1 馒头感官评分标准

项目	评分标准	满分/分
比容	比容 2.3 mL/g 为 20 分, 每少 0.1 扣 1 分	20
外观	形态完整, 色泽正常, 表面无皱褶、无塌陷、无斑点、无异物等, 21.1~25 分; 中等程度, 15.1~21 分; 表皮粗糙, 有斑点, 形状不对称, 1~15 分	25
结构	质构均一, 有弹性, 呈海绵状无粗糙大孔洞、局部硬块、干面粉痕迹等明显缺陷, 无异物, 30.1~35 分; 中等程度, 21.1~30 分; 气孔不均, 过大或过于紧密无蜂窝状结构, 1~21 分	35
口感	无生感, 不粘牙, 爽口, 13.1~15 分; 中等, 9.1~13 分; 不爽口、发黏, 1~9 分	15
	具有小麦经发酵、蒸制后特有的滋味和风味, 有豆香味, 无异味, 4.1~5 分; 中等程度, 3.1~4 分; 有异味, 1~3 分	5

### 1.3.8 统计分析

利用 GraphPad Prism 5 软件作图, 采用 SASV8 分析系统对数据进行统计分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 添加 CSP、7S、11S 对面团粉质特性的影响

影响

添加 CSP、7S、11S 对面团粉质特性的影响如表 2 所示。和普通小麦粉相比, 添加 CSP、7S 或 11S 之后, 形成面团的吸水率提高, 且添加 7S 或 11S 显著 ( $p<0.05$ ) 提高了面团的吸水率, 这是由于蛋白的亲水性导致。添加 CSP 可使面团的稳定时间增加, 弱化度减小, 而添加 7S 和 11S 可使面团的稳定时间减小, 弱化度增加。结果表明添加 CSP 对于面团的粉质特性有改良作用, 分别添加 7S 或 11S 对面团的粉质特性有弱化作用, 且弱化程度 11S>7S。这是因为 7S 与 11S 的分子组成结构不同, 它们与小麦蛋白的相互作用力也不同, 并且 7S 与 11S 的比例对大豆蛋白的性质也有重要的影响。杨春华等报道小麦粉中加入 11S 球蛋

白后提高了吸水率, 增加了面团形成时间和稳定时间, 使面团的耐搅打性增强, 面团的延伸性也增加<sup>[9]</sup>。这与本结论不一致, 可能是由于提取 11S 球蛋白的大豆原料、提取方法有所不同。

表2 粉质参数测定结果

	吸水率/%	稳定时间/min	弱化度(12 min)/FE
对照	60.3±0.5 <sup>b</sup>	6.9±0.5 <sup>b</sup>	73.0±1.0 <sup>c</sup>
CSP	60.7±1.3 <sup>b</sup>	8.2±0.2 <sup>a</sup>	65.0±1.0 <sup>d</sup>
7S	63.3±1.5 <sup>a</sup>	2.6±0.1 <sup>c</sup>	103.0±1.0 <sup>b</sup>
11S	61.9±1.3 <sup>ab</sup>	2.4±0.2 <sup>c</sup>	123.0±2.0 <sup>a</sup>

注: 同列数据后的不同上标字母表示差异显著 ( $p<0.05$ )。

### 2.2 添加 CSP、7S、11S 对面团糊化特性的影响

添加 CSP、7S、11S 对面团糊化特性的影响如表 3 所示。由表 3 可知, 随着 CSP、7S、11S 的添加, 糊化最高黏度、回升值与对照相比均降低, 且降低程度 CSP>7S>11S。最高黏度降低, 表示  $\alpha$ -淀粉酶活性升高, 面制品不易老化<sup>[9]</sup>。即添加 CSP、7S、11S 对面粉的  $\alpha$ -淀粉酶活性的改善作用有强到弱依次为 11S、7S、CSP。

表3 糊化特性参数

	最高黏度/cp	最低黏度/cp	衰减值/cp	最终黏度/cp	回升值/cp
空白	3253	2185	1068	3619	1434
CSP	2954	1925	1029	3182	1257
7S	2494	1724	761	2866	1142
11S	2485	1717	777	2852	1135

### 2.3 添加 CSP、7S、11S 对面团水分迁移特性的影响

面团在 32 °C 下的  $T_2$  分布曲线如图 1 所示。该条曲线可以分成两个部分: 第一部分  $T_2(1)$ , 它的  $T_2$  值约为 2 ms, 这是与蛋白质和淀粉内部结合的水质子; 第二部分  $T_2(2)$ , 它的  $T_2$  值约为 10 ms, 这也是与蛋白质和淀粉结合的水质子, 但其活性更高, 应该是结合在蛋白质与淀粉之间的水质子; 第三部分  $T_2(3)$ , 它的  $T_2$  值约为 105 ms, 这是面团中油性分子所表现出来的 NMR 信号。林向阳将面团中的水分分成了两部分, 一部分是深层结合水, 即  $T_2(1)$ , 其  $T_2$  值约为 2 ms; 一部分的半结合水, 即  $T_2(2)$ , 其  $T_2$  值约为 10 ms<sup>[26-28]</sup>。

添加 CSP、7S、11S 对面团水分迁移特性的影响如图 2 所示。由图 2 可知,添加 CSP、7S 或 11S 之后,和普通小麦粉相比,总质子信号均增大,且增大程度 11S>7S>CSP。说明添加 CSP、7S 或 11S 可使面团的吸水性增加,这与粉质结果一致。对于  $T_2(1)$  质子信号幅度 11S>7S>CSP,  $T_2(2)$  质子信号幅度 11S 与 7S 基本一样且均小于 CSP,  $T_2(1)$  质子信号幅度越大,  $T_2(2)$  质子信号幅度越小,表示结合水含量越大,且水分的自由度越低,结合越牢靠,面团持水性越好<sup>[29-30]</sup>。因此,添加 CSP、7S、11S 的面团的持水性由大到小依次为 11S、7S、CSP。

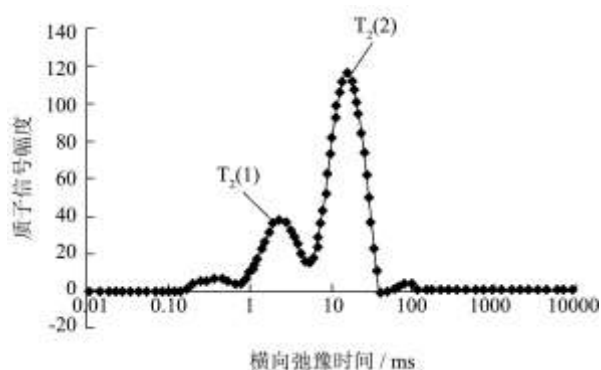


图 1 面团的  $T_2$  分布曲线

Fig.1  $T_2$  distribution curve of dough

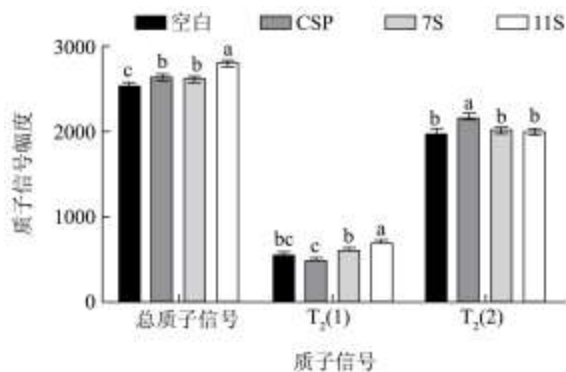


图 2 添加 CSP、7S、11S 对面团质子信号的影响

Fig.2 Effect of CSP, 7S, and 11S soy protein on proton signals of dough

注: 图上对同一种质子信号上标不同字母表示差异显著 ( $p < 0.05$ )。

#### 2.4 添加 CSP、7S、11S 对馒头质构特性的影响

添加 CSP、7S、11S 对馒头质构特性的影响规律如图 3 所示。由图 3 可知,添加 CSP、7S 或 11S 之后,与对照相比,馒头的硬度、咀嚼性均有所降低,由大到小依次为 CSP、7S、11S,馒头的内聚力均有所升高,但是内聚力的变化差异不显著。TPA 测试的指标

与大多数品尝试验指标具有显著相关性,其硬度、咀嚼性、内聚力等指标对馒头综合评分的影响较大。咀嚼性对馒头形成宽松的面筋网络结构有一定影响,与馒头的酥松口感相关联。馒头的内聚力与馒头的持气性正相关,内聚力过小,馒头的持气性不好,产品易塌陷,馒头品质下降。良好的馒头应该是硬度、咀嚼度适中,有一定的持气性,太大或太小都将影响馒头的品质。

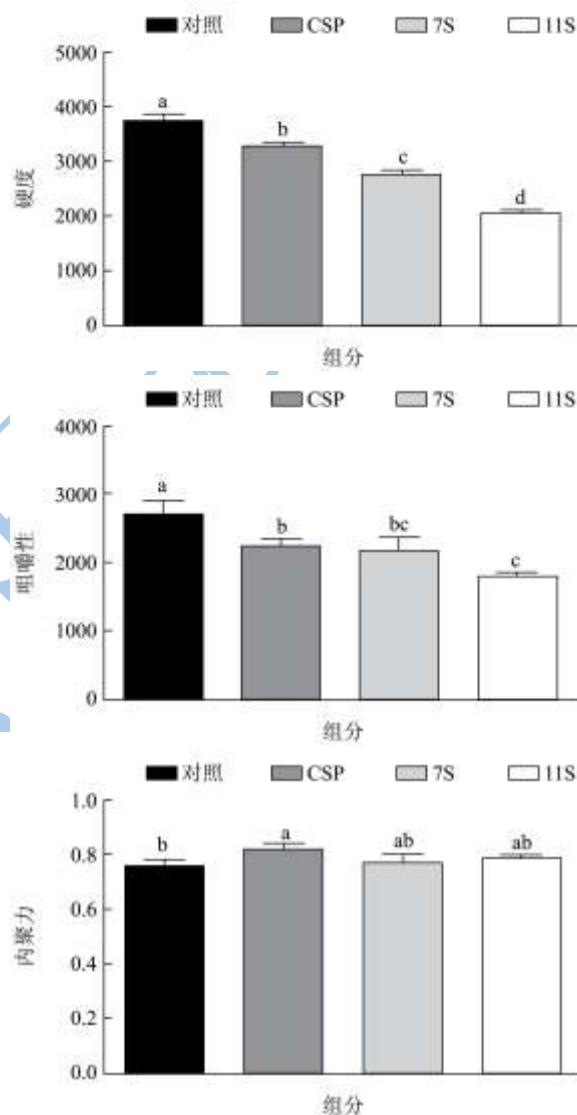


图 3 添加 CSP、7S、11S 大豆蛋白对馒头质构的影响

Fig.3 Influence of CSP, 7S, and 11S soy protein on texture of CSB

注: 图上标不同字母表示差异显著 ( $p < 0.05$ )。

#### 2.5 添加 CSP、7S、11S 对馒头感官评分的影响

添加 CSP、7S、11S 对馒头感官评分的影响如表 4 所示。由表 4 可知,添加 11S 的馒头感官评分最高,

且与对照相比达到显著水平 ( $p<0.05$ )。我国馒头专用粉的湿面筋含量为 25%~30%，稳定时间 3~10 min，弱化值 70~120 BU。面筋含量过低，面团筋力弱，面团的韧性和弹性过弱，馒头起发不大，制成的馒头体积小、弹性差、出品率低。面筋含量过高，吸水率高，面团筋力强，面筋结构牢固，虽然馒头的出品率提高了，但势必造成面团韧性和弹性过强，无法膨胀，起发不好，持气性过强，易收缩，导致成品体积小，表皮不光，易收缩，且内部组织粗糙，口感差。稳定时间太短，成品韧性差、体积小、无咬劲，成品不挺、扁平，似厚饼、塌陷。稳定时间太长，发酵时间就长，起发效果差，成品体积小、弹性大、易收缩。说明中等强度的面粉就能制作品质优良的馒头。馒头的感官分析与馒头的质构参数分析结果一致。表明添加 11S 尽管使面团的粉质特性降低，但适合做出优良品质的馒头。

表 4 感官评分

Table 4 Sensory score

	比容	外观	结构	口感	风味	总分
对照	15±1 <sup>ab</sup>	20±1 <sup>ab</sup>	30±0 <sup>a</sup>	15±0 <sup>a</sup>	5±0 <sup>a</sup>	85±2 <sup>ab</sup>
CSP	15±0 <sup>ab</sup>	20±2 <sup>ab</sup>	30±0 <sup>a</sup>	15±0 <sup>a</sup>	5±0 <sup>a</sup>	85±2 <sup>ab</sup>
7S	18±1 <sup>a</sup>	18±0 <sup>ab</sup>	30±0 <sup>a</sup>	15±0 <sup>a</sup>	5±0 <sup>a</sup>	86±1 <sup>ab</sup>
11S	18±1 <sup>a</sup>	22±1 <sup>a</sup>	30±0 <sup>a</sup>	15±0 <sup>a</sup>	5±0 <sup>a</sup>	90±2 <sup>a</sup>

注：同列数据后的不同上标字母表示差异显著 ( $p<0.05$ )。

### 3 结论

随着人们营养和健康意识的不断提高，将大豆蛋白添加到小麦粉中制成馒头，可以得到营养强化的主食馒头，满足大众消费者的需求。和普通小麦粉相比，添加 7S 或 11S 显著 ( $p<0.05$ ) 提高了面团的吸水率，添加 CSP 可使面团的稳定时间增加，弱化度减小，而添加 7S 和 11S 可使面团的稳定时间减小，弱化度增加，添加 CSP 对于面团的粉质特性有改良作用，分别添加 7S 或 11S 对面团的粉质特性有弱化作用，且弱化程度 11S>7S。随着 CSP、7S、11S 的添加，对面粉的  $\alpha$ -淀粉酶活性的改善作用有强到弱依次为 11S、7S、CSP。面团的持水性由大到小依次为 11S、7S、CSP。与对照相比，馒头的硬度、咀嚼性均有所降低，且 CSP>7S>11S，馒头的内聚力均有所升高，但是内聚力的变化差异不显著。总的来说，添加 3% 的 11S 的馒头形态、质构、口感、风味良好，感官评分最高（90 分）。本研究为馒头品质的改良和馒头专用蛋白粉的开发提供理论基础，并为深入研究大豆蛋白与小麦蛋白的相互作用机理奠定基础，具有重要的意义。

### 参考文献

- [1] Jiang Z, Cong, et al. Characterisation of a thermostable xylanase from *Chaetomium* sp. and its application in Chinese steamed bread [J]. Food Chemistry, 2010, 120(2): 457-462
- [2] Sim S Y, Noor Aziah, et al. Characteristics of wheat dough and Chinese steamed bread added with sodium alginates or konjac glucomannan [J]. Food Hydrocolloids, 2011, 25(5): 951-957
- [3] Sim S Y, Noor Aziah, et al. Quality and functionality of Chinese steamed bread and dough added with selected non-starch polysaccharides [J]. Journal of Food Science and Technology, 2013
- [4] Martínez-Villaluenga C, Torres, et al. Semolina supplementation with processed lupin and pigeon pea flours improve protein quality of pasta [J]. LWT-Food Science and Technology, 2010, 43(4): 617-622
- [5] Shfali Dhingra S J. Organoleptic and nutritional evaluation of wheat breads [J]. Food Chemistry, 2001, 77: 10
- [6] Ribotta P D, Pérez, et al. Optimization of additive combination for improved soy-wheat bread quality [J]. Food and Bioprocess Technology, 2008, 3(3): 395-405
- [7] Rosales-Juárez M, González-Mendoza B, López-Guel, et al. Changes on dough rheological characteristics and bread quality as a result of the addition of germinated and non-germinated soybean flour [J]. Food and Bioprocess Technology, 2007, 1(2): 152-160
- [8] Ribotta P D, Arnulphi, et al. Effect of soybean addition on the rheological properties and breadmaking quality of wheat flour [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2005, 85(11): 1889-1896
- [9] Sabanis D, Tzia, et al. Effect of rice, corn and soy flour addition on characteristics of bread produced from different wheat cultivars [J]. Food and Bioprocess Technology, 2007, 2(1): 68-79
- [10] Baiano A, Lamacchia, et al. Cooking behaviour and acceptability of composite pasta made of semolina and toasted or partially defatted soy flour [J]. LWT-Food Science and Technology, 2011, 44(4): 1226-1232
- [11] Gallegos-Infante J A, Rocha-Guzman, et al. Quality of spaghetti pasta containing mexican common bean flour (*Phaseolus vulgaris* L.) [J]. Food Chemistry, 2010, 119(4): 1544-1549
- [12] Petitot M, Boyer, et al. Fortification of pasta with split pea

- and faba bean flours: pasta processing and quality evaluation [J]. *Food Research International*, 2010, 43(2): 634-641
- [13] 崔丽琴,崔素萍,马平,等.豆渣粉对小麦面团和馒头质构特性及馒头品质的影响[J]. *食品科学*, 2013, 35(5): 85-88  
CUI Li-qin, CUI Su-ping, MA Ping, et al. Effect of soybean dregs powder addition on sensory evaluation of Chinese Steam Bread and textural properties of wheat dough and CSB [J]. *Food Science*, 2013, 35(5): 85-88
- [14] 宋莲军,石佳楠,张平安,等.白扁豆粉对面团特性及馒头品质的影响[J]. *农产品加工: 创新版(中)*, 2013, 10: 10-13  
SONG Lian-jun, SHI Jia-nan, ZHANG Ping-an, et al. Effects of dolichos lablab l. flour on the rheological behaviour of dough and properties of steamed bread [J]. *Academic Periodical of Farm Products Processing*, 2013, 10: 10-13
- [15] Tarone A G, Fasolin, et al. Influence of drying conditions on the gelling properties of the 7S and 11S soy protein fractions [J]. *Food and Bioproducts Processing*, 2013, 91(2): 111-120
- [16] Zhao X, Chen, et al. FTIR spectra studies on the secondary structures of 7S and 11S globulins from soybean proteins using AOT reverse micellar extraction [J]. *Food Hydrocolloids*, 2008, 22(4): 568-575
- [17] Lamacchia C, Baiano, et al. Study on the interactions between soy and semolina proteins during pasta making [J]. *Food Research International*, 2010, 43(4): 1049-1056
- [18] López-Guel E C, Lozano-Bautista, et al. Effect of soybean 7S protein fractions, obtained from germinated and nongerminated seeds, on dough rheological properties and bread quality [J]. *Food and Bioprocess Technology*, 2009, 5(1): 226-234
- [19] 杨春华,石彦国.大豆 11S 球蛋白对小麦粉流变学特性及面包品质的影响[J]. *食品科学*, 2013, 34(17): 131-135  
YANG Chun-hua, SHI Yan-guo. Effect of 11S globulin on flour rheological properties and bread quality [J]. *Food Science*, 2013, 34(17): 131-135
- [20] Ryan KJ, Brewer MS. In situ examination of starch granule-soy protein and wheat protein interactions [J]. *Food Chemistry*, 2007, 104(2): 619-629
- [21] Delwiche SR, Pordesimo LO, Panthee DR, et al. Assessing glycinin (11S) and  $\beta$ -conglycinin (7S) fractions of soybean storage protein by near-infrared spectroscopy [J]. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2007, 84(12): 1107-1115
- [22] Liu C, Wang H, Cui Z, et al. Optimization of extraction and isolation for 11S and 7S globulins of soybean seed storage protein [J]. *Food Chemistry*, 2007, 102(4): 1310-1316
- [23] 吴西芝,刘宝林,樊海涛.低场核磁共振分析仪研究添加剂对冷冻面团持水性的影响[J]. *食品科学*, 2012, 33(13): 21-25  
WU You-zhi, LIU Bao-lin, FAN Hai-tao. Effect of food additives on water-holding capacity of frozen dough examined by NMR [J]. *Food Science*, 2012, 33(13): 21-25
- [24] Hao M, Beta T. Development of Chinese steamed bread enriched in bioactive compounds from barley hull and flaxseed hull extracts [J]. *Food Chemistry*, 2012, 133(4): 1320-1325
- [25] Zhang P, He Z, Chen D, et al. Contribution of common wheat protein fractions to dough properties and quality of northern-style Chinese steamed bread [J]. *Journal of Cereal Science*, 2007, 46(1): 1-10
- [26] Assifaoui A, Champinon D, Chiotelli E, et al. Characterization of water mobility in biscuit dough using a lowfield 1H NMR technique [J]. *Carbohydrate Polymers*, 2006, 64(2): 197-204
- [27] Doona C J, Moo-Yeol Baik. Molecular mobility in model dough systems studied by time-domain nuclear magnetic resonance spectroscopy [J]. *Journal of Cereal Science*, 2007, 45(3): 257-262
- [28] 林向阳,张宏,林玲,等.利用核磁共振技术研究添加剂对面团持水性的影响[J]. *食品科学*, 2008, 29(10): 353-356  
LIN Xiang-yang, ZHANG Hong, LIN Ling, et al. Study of effects of additives on water holding capability of wheat dough by using NMR and MRI [J]. *Food Science*, 2008, 29(10): 353-356
- [29] 吴西芝,刘宝林. DMA 分析添加剂对冷冻面团玻璃化转变温度的影响[J]. *制冷学报*, 2013, 2: 90-95  
WU You-zhi, LIU Bao-lin. The effect of additives on the glass transition temperature of frozen dough using DMA [J]. *Journal of Refrigeration*, 2013, 2: 90-95
- [30] 林婉瑜,林晶晶,林向阳,等.利用核磁共振技术研究食盐对鱼糜加工的影响[J]. *食品科学*, 2013, 34(5): 105-109  
LIN Wan-yu, LIN Jing-jing, LIN Xiang-yang, et al. Effect of salt on surimi processing explored by nuclear magnetic resonance [J]. *Food Science*, 2013, 34(5): 105-109