

# 海藻酸盐凝胶抗冻性研究

邢晓亮<sup>1,2</sup>, 逢圣慧<sup>1,2\*</sup>, 范素琴<sup>1,2</sup>, 张美迪<sup>1,2</sup>, 王 斌<sup>1,2</sup>, 逢锦龙<sup>1,2</sup>, 丁玉龙<sup>1,2</sup>, 申培丽<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>青岛明月海藻集团有限公司海藻活性物质国家重点实验室, 山东 青岛

<sup>2</sup>青岛海藻生物科技创新中心, 山东 青岛

Email: \*psh@bmsg.com

收稿日期: 2021年3月18日; 录用日期: 2021年5月12日; 发布日期: 2021年5月19日

## 摘 要

目的: 为提高海藻酸盐凝胶抗冻性能。方法: 本实验采用罗望子胶、黄原胶、海藻糖、大豆蛋白、变性淀粉制作海藻酸钠凝胶。结果表明采用大豆蛋白、变性淀粉制作的海藻酸钠凝胶, 在 $-18^{\circ}\text{C}$ 下冷冻4小时后解冻, 解冻后凝胶质地仍较好, 保水较好。本研究为冷冻海藻酸钠凝胶性能提升的可能性提供了数据支撑, 为冷冻海藻酸钠产品的生产提供了理论参考。

## 关键词

海藻酸钠, 凝胶, 冷冻, 质构, 保水性

# Study on Freezing Resistance of Alginate Gel

Xiaoliang Xing<sup>1,2</sup>, Shenghui Pang<sup>1,2\*</sup>, Suqin Fan<sup>1,2</sup>, Meidi Zhang<sup>1,2</sup>, Bin Wang<sup>1,2</sup>, Jinlong Pang<sup>1,2</sup>, Yulong Ding<sup>1,2</sup>, Peili Shen<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>State Key Laboratory of Bioactive Seaweed Substances, Qingdao Brightmoon Seaweed Group Co., Ltd., Qingdao Shandong

<sup>2</sup>Qingdao Seaweed Biotechnology Innovation Center, Qingdao Shandong

Email: \*psh@bmsg.com

Received: Mar. 18<sup>th</sup>, 2021; accepted: May 12<sup>th</sup>, 2021; published: May 19<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

**Purpose:** To improve the antifreeze performance of alginate gel. **Methods:** The alginate gel was prepared by Tamarind polysaccharide gum, Xanthan gum, Seaweed sugar, Soybean protein and modified starch. The results showed that the alginate gel made from soybean protein and modified starch was frozen at  $-18^{\circ}\text{C}$  for 4 hours and thawed. After thawing, the gel quality remained good and water retention was good. This study provides data support for the possibility of im-

\*通讯作者。

文章引用: 邢晓亮, 逢圣慧, 范素琴, 张美迪, 王斌, 逢锦龙, 丁玉龙, 申培丽. 海藻酸盐凝胶抗冻性研究[J]. 食品与营养科学, 2021, 10(2): 87-92. DOI: 10.12677/hjfn.2021.102012

proving the performance of frozen sodium alginate gel, and provides a theoretical reference for the production of frozen sodium alginate products.

## Keywords

Sodium Alginate, Gel, Freezing, Texture, Water Holding Capacity

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

冷冻食品容易保藏，能防止食品腐败变质，具有营养、卫生、方便的特点。它的市场需求量大，在发达国家占有重要地位，在发展中国家的发展也十分迅速[1]。海藻酸盐素食凝胶食品已经越来越多的走进寻常百姓家，如海藻脆丝、海藻凉粉等，但包括素鲍鱼、素海参等冷冻凝胶产品无法使用海藻酸盐，目前多数如素海参素鱿鱼等高端冷冻素食食品仍然采用魔芋作为主要原料[2] [3] [4]，然而魔芋成本太高，因此，寻求新的高端素食原料势在必行。海藻酸盐凝胶作为替代魔芋的新兴胶体，具有物美价廉的优势，然而介于海藻酸盐凝胶抗冻性差，因此提高海藻酸盐凝胶抗冻性便是当务之急。近年来对海藻酸盐凝胶的常温制作储藏等研究的相对较多[5] [6] [7]，但对海藻酸盐凝胶的冷冻性研究很少。

本研究通过添加不同物质来研究海藻酸钠凝胶的冷冻性能，为海藻酸钠用于冷冻素食食品提供参考。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 材料与仪器

海藻酸钠，变性淀粉，大豆蛋白，黄原胶，罗望子胶，海藻糖，食用油，单双硬脂酸甘油酯等。  
TMS-Pro 质构分析仪，低温冷冻冰箱，电子天平，搅拌器，斩拌机，温度计等。

### 2.2. 实验方法

#### 2.2.1. 实验设计

Table 1. Design of experimental scheme

表 1. 实验方案设计

(300 ml)	对照	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
海藻酸钠	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	2.0%
罗望子胶	0	0.3%	0	0.3%	0	0	0	0	0
黄原胶	0	0	0.2%	0	0	0	0	0	0
海藻糖	0	2%	0	0	2%	0	0	0	0
大豆蛋白	0	0	0	3%	3%	3%	3%	3%	3%
变性淀粉	6%	6%	6%	3%	3%	3%	5%	10%	10%

#### 2.2.2. 凝胶制作工艺流程

##### 1) 胶液的配置

分别按表 1 配制海藻酸钠溶液, 再将罗望子胶、黄原胶等胶体加入海藻酸钠胶液中, 制成混合胶液待用, 对照组为 1.5%海藻酸钠不添加额外胶体。搅拌器搅拌均匀。

#### 2) 海藻糖预溶解

按表 1 所示称取一定质量的海藻糖, 使用少量水溶解均匀。

#### 3) 淀粉糊化

按称取一定质量淀粉, 加热至 80℃糊化后, 添加至胶液中, 使淀粉浓度达到 3%。对照组淀粉浓度达到 6%, 不再添加别的物质。

#### 4) 大豆蛋白预溶解

按表 1 称取一定质量的大豆蛋白用少量水溶解后加入胶液中, 使用搅拌器搅拌均匀。

#### 5) 辅料混合溶解成型

将上述辅料均加入海藻酸钠胶液中混合搅拌均匀, 然后称取复配增稠剂。

MY-C103 (根据海藻酸钠浓度高低适量添加), 提前加少量水溶解, 使用搅拌器或者斩拌机沿同一方向快速搅拌海藻酸钠溶液, 把溶好的复配增稠剂加入到胶液中, 快速搅拌 30~40 s 至均匀, 然后倒入长方形模具, 静置 4~6 h 左右, 成型后取出, 称取凝胶重量。

#### 6) 冷冻解冻试验

将凝胶放于-18℃低温冷冻冰箱中冷冻 4 h, 取出冷水解冻。观察质构、出水率、风味感官评价。

### 2.2.3. 解冻凝胶 TPA 测定

取 3 块同样大小并排放在平板上, 置于 P/25 探头下进行测定, 每个样品至少重复 3 次。参数设定: 力量感应元 500 N, 测试速率 60 mm/min, 回升速度 60 mm/min, 提升距离 30 mm, 压缩程度 70%, 最小力 0.2 N。记录解冻凝胶的硬度、弹性、粘附性、咀嚼性。

### 2.2.4. 解冻凝胶出水率测定

冷冻前称取凝胶重量计做 G1, 冷冻解冻后称取凝胶重量计做 G2, 出水率 =  $(G1 - G2)/G1 \times 100\%$

### 2.2.5. 解冻凝胶感官评价

采用九分嗜好评分法[8]进行评定。对解冻凝胶的外观、软硬、韧性、光滑性、切面平整性以及整体接受程度进行喜好评分, 1 到 9 分别代表极度不喜欢、非常不喜欢、适度不喜欢、轻微不喜欢、既不喜欢也不讨厌、轻微喜欢、适度喜欢、非常喜欢、极度喜欢。整个评定过程由 11 个培训过的感官评价员进行评定[1]。

## 2.3. 数据分析处理

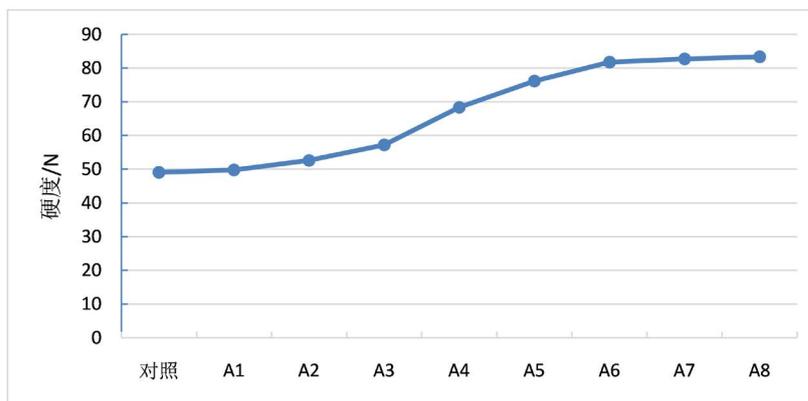
数据统计采用 SPSS 16.0 分析软件进行分析, 运用方差分析法(analysis of variance, ANOVA)进行显著性分析, 显著水平值为  $P < 0.05$ 。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 不同添加物对解冻凝胶质构的影响

#### 3.1.1. 不同添加物对解冻凝胶硬度的影响

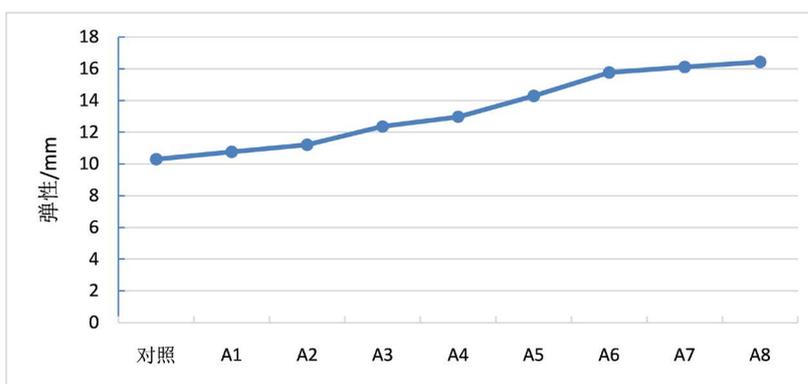
由图 1 可知, 对照组的硬度最低, 其次 A1 至 A8 的硬度变化是逐渐呈递增趋势, 可见, 添加大豆蛋白对解冻后凝胶的硬度提升明显; 后面 A5 至 A8 的变化趋势逐渐趋于平缓, 可知添加物不变, 只是改变含量, 硬度也略有提高但不明显。这与张中义等研究相似, 可能是大豆分离蛋白的水化作用阻碍了水分的迁移和重结晶, 改善了肉馅的凝胶结构和质构特性[9]。



**Figure 1.** Effect of different additives on the hardness of thawed gels  
**图 1.** 不同添加物对解冻凝胶硬度的影响

### 3.1.2. 不同添加物对解冻凝胶弹性的影响

由图 2 可知, 对照组弹性最低, 其次 A1 至 A8 的弹性变化是逐渐呈递增趋势, 可见, 添加大豆蛋白对解冻后凝胶的弹性提升明显; 后面 A6 至 A8 的变化趋势逐渐趋于平缓, 可知添加物不变, 只是改变含量, 弹性也略有提高但不明显。可能因为, 在范德华力、疏水相互作用和氢键作用下, 大豆蛋白吸附到体液中的冰核表面, 抑制冰核生长并降低冰点[10]。



**Figure 2.** Effect of different additives on the springiness of thawed gels  
**图 2.** 不同添加物对解冻凝胶弹性的影响

### 3.1.3. 不同添加物对解冻凝胶粘附性的影响

由图 3 可知, 对照组粘附性最低, 其次 A1 至 A8 的粘附性变化是逐渐呈递增趋势, 可见, 添加大豆蛋白、变性淀粉对解冻后凝胶的粘附性提升明显, 可能因为, 变性淀粉改性后性能更稳定; 后面 A6 至 A8 的变化趋势逐渐趋于平缓, 可知添加物不变, 只是改变含量, 粘附性也略有提高但不明显。

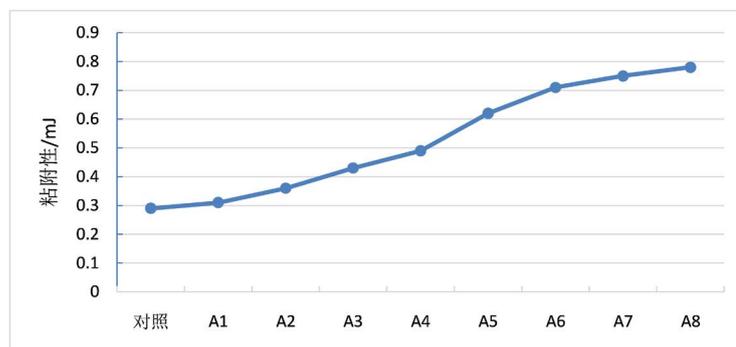
### 3.1.4. 不同添加物对解冻凝胶咀嚼性的影响

由图 4 可知, 对照组咀嚼性最低, 其次 A1 至 A8 的咀嚼性变化是逐渐呈递增趋势, 可见, 添加大豆蛋白对解冻后凝胶的咀嚼性提升明显; 后面 A5 至 A8 的变化趋势逐渐趋于平缓, 可知添加物不变, 只是改变含量, 咀嚼性也略有提高但不明显。

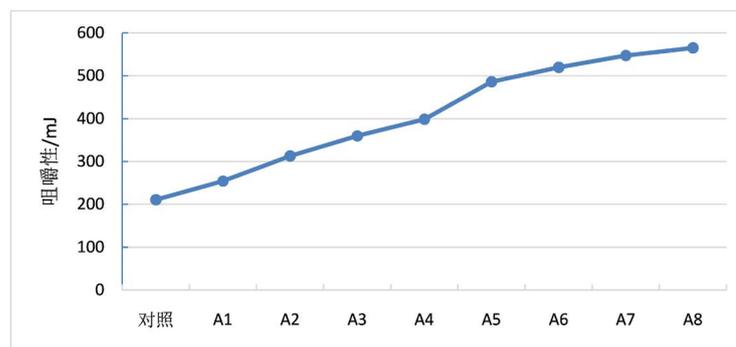
## 3.2. 不同添加物对解冻凝胶出水率的影响

由图 5 可知, 对照组出水率最高, 其次 A1 至 A8 的出水率变化是逐渐呈下降趋势, 可见, 添加大豆

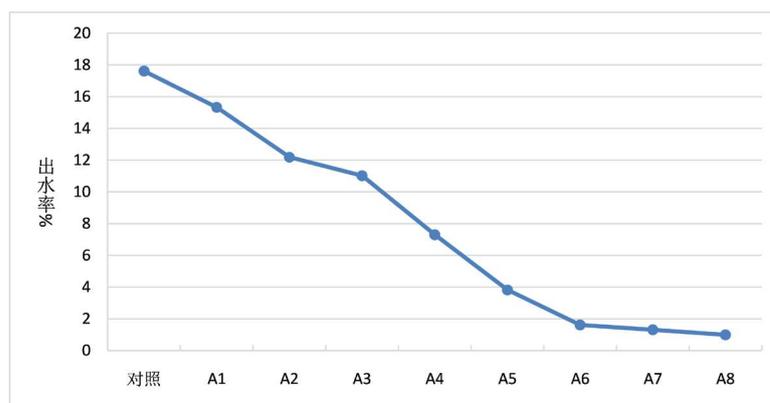
蛋白可明显降低解冻后凝胶的出水率；后面 A6 至 A8 的变化趋势逐渐趋于平缓，可知添加物不变，只是改变含量，出水率也略有降低但不明显。可能因为变性淀粉，使淀粉极性增强，亲水能力增大，使其具有较强的抗凝沉性，较高的膨胀度、透明度，使出水率降低，保水性增大[11]。



**Figure 3.** Effect of different additives on the adhesiveness of thawed gels  
**图 3.** 不同添加物对解冻凝胶粘附性的影响



**Figure 4.** Effect of different additives on the chewiness of thawed gels  
**图 4.** 不同添加物对解冻凝胶咀嚼性的影响



**Figure 5.** Effect of different additives on the water yield of thawed gels  
**图 5.** 不同添加物对解冻凝胶出水率的影响

### 3.3. 不同添加物对解冻凝胶感官评分的影响

由表 2 可知，从外观、软硬、韧性、光滑性、切面平整性和总体接受程度看，添加大豆蛋白后冷冻

凝胶,解冻后感官评分逐渐提高,A6至A8整体评分相对较高,三组无显著性差异( $P > 0.05$ );A1至A3和对照组,冷冻后,表面褶皱不光滑,切面出现大孔径间隙。总体来说,添加大豆蛋白后,冷冻凝胶解冻后品质较好,感官评分较高。

**Table 2.** Effect of different additives on the sensory score of thawed gels

**表 2.** 不同添加物对解冻凝胶感官评分的影响

组别	外观	软硬	韧性	光滑性	切面平整性	总体评分
对照	1.02 <sup>a</sup>	1.37 <sup>a</sup>	1.24 <sup>a</sup>	1.01 <sup>a</sup>	1.03 <sup>a</sup>	1.12 <sup>a</sup>
A1	1.32 <sup>a</sup>	1.48 <sup>a</sup>	1.42 <sup>a</sup>	1.47 <sup>a</sup>	1.26 <sup>a</sup>	1.41 <sup>a</sup>
A2	1.56 <sup>a</sup>	2.31 <sup>ab</sup>	1.76 <sup>a</sup>	2.51 <sup>b</sup>	1.35 <sup>a</sup>	2.01 <sup>ab</sup>
A3	3.46 <sup>b</sup>	2.58 <sup>b</sup>	2.37 <sup>ab</sup>	4.32 <sup>c</sup>	4.86 <sup>b</sup>	4.11 <sup>b</sup>
A4	6.32 <sup>c</sup>	4.85 <sup>c</sup>	4.67 <sup>c</sup>	6.84 <sup>d</sup>	7.13 <sup>c</sup>	6.14 <sup>c</sup>
A5	7.92 <sup>cd</sup>	6.52 <sup>d</sup>	5.74 <sup>c</sup>	8.14 <sup>e</sup>	8.32 <sup>cd</sup>	8.17 <sup>d</sup>
A6	8.11 <sup>d</sup>	7.25 <sup>d</sup>	7.68 <sup>d</sup>	8.74 <sup>ef</sup>	8.68 <sup>d</sup>	8.23 <sup>de</sup>
A7	8.63 <sup>de</sup>	8.12 <sup>e</sup>	7.89 <sup>de</sup>	9.13 <sup>f</sup>	9.24 <sup>e</sup>	8.95 <sup>e</sup>
A8	8.85 <sup>e</sup>	8.76 <sup>e</sup>	8.47 <sup>e</sup>	9.38 <sup>f</sup>	9.27 <sup>e</sup>	9.41 <sup>e</sup>

注:相同字母表示差异不显著,不同字母表示差异显著。

#### 4. 结论

随着添加大豆蛋白,提高海藻酸钠和变性淀粉的含量,冷冻凝胶解冻后的凝胶质构与冻前的差异越来越小,出水率明显降低,总体感官评分相对较高,说明大豆蛋白、变性淀粉对冷冻解冻后的凝胶的品质能够明显改善,因此,对海藻酸钠制作的凝胶的抗冻性具有明显的改善效果。

#### 基金项目

项目类别:青岛西海岸新区 2020 年度科技计划专项;项目编号:2020-3-15;项目名称:高品质海藻多糖研发及产业化。

#### 参考文献

- [1] 刘海燕,杨照悦,张强,等.海藻酸钠对冷冻面条品质的影响研究[J].粮食与饲料工业,2017,8(5):20-26.
- [2] 谢昌明.新一代食品添加剂——魔芋精粉[J].中国土特产,1994(5):24.
- [3] 钟刚琼,盛德贤,滕建勋,等.魔芋食品的开发利用与研究进展[J].食品研究与开发,2005,26(1):106-108.
- [4] 刘建伟.一种魔芋海参及其手工制作方法:中国,201710741982.3 [P].2017-08-25.
- [5] 鲁冬雪,徐倩倩,王稳航.海藻酸钠凝胶机制及其在食品中的应用研究进展[J].中国食物与营养,2014,20(5):43-46.
- [6] 马晓静.海藻酸钠的凝胶特性及其在乳化香肠中的应用[J].肉类工业,2017(10):44-46.
- [7] 汪龙飞,沈群.海藻酸钠凝胶包埋乳酸乳球菌沉淀绿豆淀粉的研究[J].食品科学,2017,28(1):147-150.
- [8] 李辉尚.不同大豆品种的北豆腐加工适应性研究[D]:[硕士学位论文].北京:中国农业大学,2005.
- [9] 张中义,柴颖,范雯,等.大豆分离蛋白对速冻饺子肉馅抗冻性能的改善[J].食品工业,2018,39(1):30-34.
- [10] Daley, M.E., Spyropoulos, L., Jia, Z., et al. (2002) Structure and Dynamics of a  $\beta$ -Helical Antifreeze Protein. *Biochemistry*, **41**, 5515-5525. <https://doi.org/10.1021/bi0121252>
- [11] 纵伟,常广双,张华.速冻食品稳定剂应用研究进展[J].食品加工,2008(1):33-36.