

# 胶糖配比对卡拉胶和明胶含糖凝胶体性能的影响

李汴生, 刘波, 李丹丹, 阮征

(华南理工大学轻工与食品学院, 广东广州 510640)

**摘要:** 本文以软糖加工中的基础原料卡拉胶、明胶、蔗糖、果葡糖浆为对象, 分别研究了胶体浓度、糖浆比例对含糖凝胶体的质构特性和水分活度的影响。结果表明: 在卡拉胶含糖凝胶体系中, 1~3%的卡拉胶可形成各种硬度范围的凝胶体; 对卡拉胶浓度为1%的含糖凝胶, 当总糖含量达到69.8%以上时, 水分活度即可降至0.75以下, 达到了保藏的要求。在明胶含糖凝胶体系中, 对明胶含量9.5%的含糖凝胶体, 含总糖64%时, 水分活度即可降至0.75, 可以安全保藏, 并且形成的凝胶体富有弹性。在复配胶含糖体系中, 随着明胶加入量的增大, 凝胶体的硬度在不断增大; 弹性则先增大, 到一定程度后有减小的趋势; 内聚性逐渐增大, 使得咀嚼性也相应增大; 卡拉胶浓度为0.8%, 总糖浓度为65%, 当明胶加入量达到6.4%时, 水分活度可降至0.75以下, 达到了保藏的要求。从糖体配比中可以看出, 单糖类降低水分活度的能力强于蔗糖。

**关键词:** 卡拉胶; 明胶; 质构; 水分活度

**文章编号:** 1673-9078(2013)8-1774-1778

## Properties of Sugar-contained Carrageenan and Gelatin Gel

LI Bian-sheng, LIU Bo, LI Dan-dan, RUAN Zheng

(College of Light Industry and Food Sciences, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** For development of soft candy, influence of colloid concentration and syrup proportion on the textural properties and water activity of sugar-contained gel were researched. Results showed that sugar-contained carrageenan gel formed with varied hardness when, 1% to 3% of carrageenan was used. For the sugar gel containing 1% carrageenan, higher than 69.8% of total sugar content resulted in the decrease of the water activity to 0.75. For 9.5% gelatin-contained gel system, 64% of the total sugar led to 0.75 of water activity of the gel and the gel formed was elastic. In the mixed gum sugary system, along with the increase in the amount of gelatin added, the hardness of the mixed gum gel increased, and its elasticity first increased but then decreased to a certain extent. The cohesion of the mixed gum gel gradually increased, thus making chewiness increased. The optimum content of carrageenan, total sugar and gelatin were 0.8%, 65% and 6.4%, under which the water activity reduced 0.75. It was also found that high-fructose corn syrup had higher capability in reducing the water activity than sucrose.

**Key words:** carrageenan; gelatin; texture; water activity

凝胶软糖是一种多水分、质地柔软、粘糯而有弹性的一类糖果<sup>[1]</sup>, 其中含有至少一种凝胶剂, 含糖量一般在50~80%之间, 属于低热值糖果<sup>[2]</sup>, 市场上主要以水果风味为主<sup>[3]</sup>。目前市面上的凝胶软糖主要以卡拉胶和明胶两种胶体为凝胶剂, 以蔗糖和淀粉糖浆<sup>[4]</sup>为甜味剂, 并通过加入一些果汁, 果肉等其他成分来丰富软糖种类<sup>[5]</sup>。凝胶软糖是一种含糖凝胶, 相关的研究报道国内主要在软糖新品种的研发和生产工艺改进上<sup>[3-5]</sup>, 而国外则集中在含糖凝胶的基本性能上含糖量高的凝胶体因与凝胶软糖生产有关, 也引起了人们的特别兴趣。

不同胶体能形成不同的口感特性, 卡拉胶、琼脂形成的凝胶脆而透明, 淀粉凝胶脆而不透明, 而明胶

凝胶透明而富有弹性, 不同胶体的复配使用可以克服单一胶体的不足, 利用不同种类的胶体进行复配更可以生产出具有多种胶体优良特性的新种类, 扩大了胶体的适用范围, 也给了消费者更多的选择。不同的胶体浓度更是直接影响糖果的质构特性, 高浓度胶体加工的糖果硬度大, 而低浓度胶体做成的糖果比较柔软。含糖凝胶体中的糖类物质除了作为甜味剂, 也影响着凝胶体的性能, 同时还起到降低水分活度的作用。与果冻类通过杀菌后包装来保藏不同, 凝胶软糖是依靠降低水分活度来抑制微生物生长, 因此含糖量明显要高于果冻类, 一般糖果的水分活度要小于0.75才能达到安全保藏的要求。

本研究以卡拉胶、明胶、蔗糖和果葡糖浆为原料, 探讨了不同种类和浓度的胶糖配比, 对凝胶体质构性能和水分活度的影响, 了解其变化规律, 从而为凝胶软糖的研发和生产提供理论指导。

收稿日期: 2013-04-13

基金项目: 粤港关键领域突破项目(2009A020700001)

作者简介: 李汴生(1962-), 男, 教授, 从事食品加工与保藏的研究

## 1 材料与方法

### 1.1 原料

卡拉胶, 食品级, 湛江市新台兴海洋生物食品有限公司; 明胶, 食品级, 广东大地食用化工有限公司; 蔗糖, 一级品, 广东省封开县蔗糖生产服务公司; 果葡糖浆, 一级品, 广州双桥股份有限公司公司

### 1.2 主要仪器设备

TA.XT plus 型质构仪, 英国 Stable Micro System 公司; 水分活度仪, 美国 Decagon Devices 公司。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 操作要点

称取一定量的蔗糖和果葡糖浆, 按比例混合, 然后加入总糖(固形物)30%的水并加热以促使蔗糖溶解, 得到呈均匀透明状态的蔗糖和果葡糖浆混合糖浆; 浓缩, 得到总糖含量为90%的不同组分比例的浓糖浆。

对于卡拉胶凝胶体, 为了避免溶解不完全, 粉状卡拉胶原料溶解时的加水量不宜低于25倍; 试验中加入卡拉胶质量25倍的水浸泡30 min后, 再在90℃水浴保持30 min, 制得浓度为3.85%卡拉胶液; 然后按预设的浓度(表1)加入卡拉胶液和90%浓糖浆, 两者的具体加量分别为:(凝胶体中卡拉胶浓度/0.0385)和(凝胶体中总糖含量/0.9), 混合均匀后, 稀释或浓缩至100 g, 趁热倒模(2 cm×2 cm×1.5 cm), 冷却后得到凝胶块。

对于明胶凝胶体, 先将颗粒状明胶原料与水以1:2的比例溶解, 制得浓度为33.3%明胶液。为防止高温的浓糖浆导致明胶分解, 加入90%的浓糖浆时, 糖浆的温度不宜高于100℃, 混均后的糖胶液趁热倒模(2 cm×2 cm×1.5 cm), 冷却后得到凝胶块。

对于复配胶凝胶体, 先按照卡拉胶凝胶体的制作方法, 浓缩后的糖胶液降温至100℃后加入明胶液, 混均后趁热倒模(2 cm×2 cm×1.5 cm), 冷却后得到凝胶块。

#### 1.3.2 质构性能的测定

通过TPA测试模式, 采用P/36R圆柱型探头, 测前、测试以及测后速度均为2 mm/s, 压缩率: 50%, 触发力: 5 g, 停留时间: 5 s。每块凝胶体经过倒模冷却后取平整均匀个体进行测定, 每组样品平行测定6次。

#### 1.3.3 水分活度的测定

将凝胶体切成细碎状态, 铺满水分活度仪的盖子

里, 每组样品平行测定6次, 测定水分活度后取其平均值。

#### 1.3.4 水分含量的测定

测定各主要物料的含水量, 计算得到在不同含水量情况下凝胶体的理论总重, 在试验过程中通过称重来控制凝胶体中的水分含量。

#### 1.3.5 数据分析

应用SPSS 17.0统计软件和Excel 2003对试验数据进行统计分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 卡拉胶含糖凝胶体的性能

#### 2.1.1 不同浓度卡拉胶溶液与糖浆混合的比较分析

不同浓度的卡拉胶主要影响凝胶体的质构特性, 我们的前期研究<sup>[3]</sup>表明: 对凝胶软糖而言, 凝胶体硬度的TPA测定值在5000 g以下时, 凝胶体比较柔软; 在5000~10000 g之间时, 凝胶体软硬适中; 在10000 g以上时, 凝胶体比较硬。本研究发现, 卡拉胶的浓度在1~3%时, 凝胶体的硬度即可满足不同硬度凝胶软糖的要求, 但凝胶体的水分活度与胶和糖的含量都有关。表1是不同浓度卡拉胶溶液对含糖凝胶体质构性能和水分活度的影响, 其中蔗糖与果葡糖浆的比例为1:1。

表1 不同浓度的卡拉胶对凝胶体性能的影响

Table 1 Influence of different carrageenan concentration on properties of gel

| 卡拉胶浓度/% | 糖浆总糖含量/% | 硬度/g           | 弹性        | 水分活度        |
|---------|----------|----------------|-----------|-------------|
| 1       | 65       | 3111.58±79.15  | 0.92±0.00 | 0.790±0.001 |
|         | 70       | 3163.35±88.82  | 0.93±0.01 | 0.751±0.001 |
|         | 75       | 3154.01±132.37 | 0.94±0.00 | 0.697±0.002 |
|         | 80       | 3095.84±44.38  | 0.89±0.02 | 0.632±0.000 |
|         | 85       | 2590.98±76.47  | 0.92±0.01 | 0.551±0.001 |
| 2       | 55       | 8637.24±229.37 | 0.78±0.02 | 0.830±0.001 |
|         | 60       | 8356.83±231.10 | 0.81±0.01 | 0.815±0.001 |
|         | 65       | 7868.76±272.60 | 0.82±0.01 | 0.786±0.002 |
|         | 70       | 7649.71±287.35 | 0.83±0.03 | 0.741±0.000 |
| 3       | 45       | 11912.4±366.90 | 0.70±0.01 | 0.896±0.001 |
|         | 50       | 11467.1±334.16 | 0.73±0.04 | 0.888±0.002 |
|         | 55       | 13490.7±233.91 | 0.74±0.02 | 0.862±0.001 |

注: 糖浆中蔗糖:果葡糖浆=1:1。

由表1可知, 不同浓度卡拉胶形成的凝胶体其硬度和弹性差别很大, 而相同浓度不同总糖含量的凝胶

体其硬度和弹性的差别很小,说明软糖的质构特性主要取决于胶体的浓度,与糖浆的浓度关系较小。1%的卡拉胶形成的凝胶硬度较低、弹性较高,可以添加的糖分也较多;2%的卡拉胶形成的凝胶硬度和弹性均适中,而当卡拉胶的浓度达到3%时,形成的凝胶硬度较高、弹性较低。总糖含量的高低主要影响凝胶体的水分活度,对同一浓度的卡拉胶凝胶体,在一定浓度范围内,随着总糖含量的增高,凝胶体的硬度略有下降,而弹性略有增加;同时,随着总糖含量的增高,凝胶体的水分活度明显降低;对卡拉胶浓度为1%的含糖凝胶体,其总糖和总固形物含量与水分活度的关系如图1所示。从图1中可以得知,当总糖达到69.8%(总固形物达到70.8%)以上时,凝胶体的水分活度可降至0.75以下,所制得的凝胶体无需干燥已可达到保藏的要求。

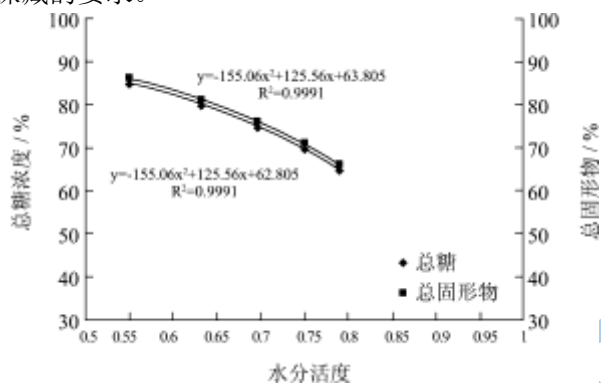


图1 总糖和总固形物含量与1%卡拉胶含糖凝胶体水分活度的关系

Table 1 The relationship of 1% water activity of carrageenan sugar gel with total sugar and total solids content

由于卡拉胶浓度的不大,故其对水分活度的影响不大;但随着卡拉胶浓度的增加,胶液的粘度明显增大;配制糖胶液时发现:1%的卡拉胶溶液混入超过75%的糖、2%的卡拉胶溶液混入超过60%的糖、3%的卡拉胶溶液混入超过50%的糖时,含糖胶液的粘度会变的很大,不利于后续的倒模等操作;当卡拉胶的浓度达到3%及以上时,由于胶液中可混入的糖浆量有限,这使得所得的凝胶体水分含量和水分活度均较高,如果做成凝胶软糖,还需进一步干燥。试验还发现,当卡拉胶浓度较高时,后续的干燥脱水过程很困难,干燥后凝胶体的硬度还将进一步增大。

### 2.1.2 不同糖浆比例对含糖凝胶体性能的影响

为了考察糖的种类对水分活度的影响,试验中研究了在同一胶液浓度和总糖含量的情况下,不同糖浆配比对卡拉胶凝胶体性能的影响,结果见表2。表2显示了当卡拉胶浓度为2%,总糖含量为60%,水分含量为38%时,不同糖浆比例所得凝胶体的质构性能

和水分活度。

表2 不同组分比例糖浆对卡拉胶凝胶体性能的影响

Table 2 Influence of different sugar proportion on properties of carrageenan gel

| 蔗糖:果葡糖浆 | 硬度/g          | 弹性        | 水分活度        |
|---------|---------------|-----------|-------------|
| 1:3     | 8105.63±53.97 | 0.87±0.01 | 0.795±0.002 |
| 1:2     | 8267.01±75.27 | 0.84±0.01 | 0.802±0.002 |
| 1:1     | 8356.42±35.27 | 0.82±0.01 | 0.815±0.001 |
| 2:1     | 8487.46±81.37 | 0.81±0.01 | 0.844±0.001 |
| 3:1     | 8574.12±46.56 | 0.79±0.03 | 0.853±0.002 |

注:卡拉胶浓度为2%,糖浆总糖含量为60%。

由表2看出,随着果葡糖浆含量的减少、蔗糖含量的增加,凝胶体的硬度逐渐变大、弹性略有降低,水分活度也随着增大。蔗糖为双糖,有较好的结晶性能,总糖中蔗糖的比例增高,会使得凝胶体的硬度增大、弹性下降,果糖和葡萄糖为单糖,同等浓度下,果葡糖浆含有的分子数多于蔗糖,分子上的羟基数量也较蔗糖多,束缚水分子的能力更强,所以凝胶体的水分活度会随着果葡糖浆含量的增加而降低。

## 2.2 明胶含糖凝胶体的性能

### 2.2.1 不同胶糖比对凝胶体性能的影响

在制作明胶含糖凝胶体时,为防止明胶在长时间高温和酸性条件下的分解,不把明胶液和糖浆一起熬煮浓缩,而是将明胶单独熬煮溶成胶液,当明胶业的温度降至低于100℃时,加入糖浆,直接倒模。研究中发现,随着配比中明胶液加量的增大,可加入的糖浆比例明显下降,导致所得凝胶体的总固形物显著降低。表3显示了浓度为33.3%的明胶液和总糖含量为90%的浓糖浆在不同比例配比下,所得凝胶体的质构性能和水分活度。

表3 不同胶液与糖浆比例对明胶凝胶体性能的影响

Table 3 Influence of different proportion of jelly and sugar on properties of gelatin gel

| 明胶液:明胶浓<br>糖浆 | 明胶浓<br>度/% | 总糖含<br>量/% | 硬<br>度/g       | 弹<br>性    | 水分<br>活度    |
|---------------|------------|------------|----------------|-----------|-------------|
| 1:3           | 8.3        | 67.5       | 1130.64±24.42  | 0.87±0.02 | 0.721±0.001 |
| 1:2           | 11.1       | 60.0       | 1931.99±46.73  | 0.99±0.00 | 0.781±0.001 |
| 1:1           | 16.7       | 45.0       | 3389.67±67.51  | 0.99±0.00 | 0.865±0.002 |
| 2:1           | 22.2       | 30.0       | 4389.31±91.47  | 0.98±0.00 | 0.927±0.001 |
| 3:1           | 25.0       | 22.5       | 4704.81±105.90 | 0.98±0.00 | 0.951±0.001 |

注:明胶液的浓度为33.3%,浓糖浆的总糖含量为90%,糖浆中蔗糖:果葡糖浆=1:1。

由表3可以看出,随着明胶液含量的增加,凝胶体的硬度显著增大,弹性也明显改善。当明胶浓度达

到 11% 以上时, 凝胶体已具有很好的弹性; 当胶糖比在 3:1 时, 尽管此时凝胶体的水分含量已经很高, 但硬度仍然可达 4700 g, 说明该含糖的凝胶体质构特性主要取决于胶体的浓度, 而与糖浆关系不大。由表 3 同时可以看出, 随着凝胶体中明胶液含量的增加和总糖含量的降低, 凝胶体的水分活度显著变大; 研究中也发现, 在表 3 中的各个配比, 随着混合液中明胶液含量的增加和总糖含量的减少, 混合液的粘度逐渐减小, 明胶液: 浓糖浆为 1:3 的明胶含糖液的粘度最大, 但与总固形物浓度相同的 1% 卡拉胶含糖液相比, 其粘度仍要小于卡拉胶含糖液<sup>[4]</sup>。对按表 3 比例配比的明胶含糖凝胶体, 其总糖和总固形物含量与凝胶体水分活度的关系如图 2 所示。从图 2 中可以得到, 当总糖达到 64.3% (总固形物为 73.8%) 以上时, 凝胶体的水分活度可降至 0.75。与卡拉胶含糖凝胶体相比, 明胶含糖凝胶体的水分活度也是主要取决于其中的总糖含量, 但由于凝胶体中明胶的浓度较高, 明胶成分对凝胶体水分活度降低的贡献相对也较大。

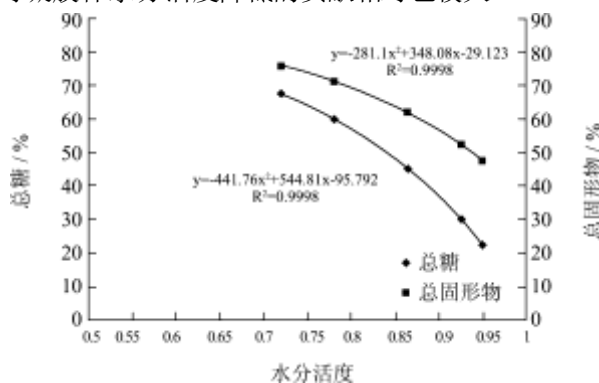


图 2 总糖和总固形物含量与明胶含糖凝胶体水分活度的关系

Table 2 The relationship of water activity of gelatin sugar gel with total sugar and total solids content

制作明胶软糖时, 明胶含糖凝胶体的干燥一般在 40 °C 以下进行, 此时过高的水分活度将给干燥带来很大困难, 而且, 长时间的干燥容易在凝胶体表面形成一个硬壳, 阻止水分的往外散失。

2.2.2 不同糖浆比例对明胶凝胶体性能的影响

表 4 显示的是控制明胶浓度为 11%, 糖浆总糖浓度为 60% 时, 不同糖浆比例对明胶凝胶体性能的影响。

由表 4 可以看出, 在明胶浓度和总糖含量一定的情况下, 随着果葡糖浆含量的减少和蔗糖含量的增加, 凝胶体的硬度明显增加, 但弹性几乎没有变化, 水分活度明显增大。硬度和水分活度的变化与表 2 的结果相似, 说明糖在含糖凝胶体中起的作用相同, 结晶性的蔗糖会增加凝胶体的硬度, 糖的浓度和种类决定着凝胶体的水分活度。对比明胶凝胶体和卡拉胶凝胶体的不同, 可以发现明胶凝胶体具有很好的弹性, 卡拉

胶凝胶体的硬度较大; 明胶凝胶体中由于明胶的浓度较卡拉胶凝胶体中由于卡拉胶的浓度高, 使得前者的水分含量较低、水分活度也较低。

表 4 不同组分比例糖浆对明胶凝胶体性能的影响

Table 4 Influence of different sugar proportion on properties of gelatin gel

| 蔗糖:果葡糖浆 | 硬度/g          | 弹性        | 水分活度         |
|---------|---------------|-----------|--------------|
| 0:1     | 1281.94±22.67 | 1.00±0.01 | 0.752 ±0.001 |
| 1:2     | 1661.05±29.56 | 0.99±0.00 | 0.771 ±0.002 |
| 2:3     | 1700.78±21.65 | 0.99±0.00 | 0.773 ±0.002 |
| 1:1     | 1931.99±46.73 | 0.99±0.00 | 0.781 ±0.001 |
| 3:2     | 2023.59±23.78 | 0.99±0.00 | 0.799 ±0.002 |
| 2:1     | 2089.48±31.35 | 0.99±0.00 | 0.800 ±0.001 |
| 1:0     | 2235.89±18.48 | 0.99±0.00 | 0.820±0.001  |

注: 明胶浓度为 11%, 糖浆总糖含量为 60%。

2.3 复配胶含糖凝胶体的性能

为了考察复配胶对凝胶体性能的影响, 将明胶以不同的比例加入到卡拉胶含糖凝胶体中, 测定其对复配凝胶体质构和水分活度的影响规律。表 5 是 0.8% 卡拉胶, 65% 总糖含量, 蔗糖和果葡糖浆配比为 1:1 时, 不同复配胶比例对凝胶体性能的影响。

表 5 不同复配胶比例对凝胶体性能的影响

Table 5 Influence of different proportion of hydrocolloids on properties of mixed gel

| 卡拉胶:明胶含量/% | 明胶含量/% | 硬度/g           | 弹性        | 内聚性       | 水分活度        |
|------------|--------|----------------|-----------|-----------|-------------|
| 1:0        | 0      | 2265.97±45.82  | 0.90±0.00 | 0.49±0.00 | 0.791±0.001 |
| 1:2        | 1.6    | 3297.44±117.00 | 0.94±0.00 | 0.47±0.07 | 0.788±0.002 |
| 1:4        | 3.2    | 4259.72±116.89 | 0.94±0.01 | 0.57±0.02 | 0.778±0.002 |
| 1:6        | 4.8    | 4364.67±119.83 | 0.94±0.03 | 0.63±0.01 | 0.758±0.001 |
| 1:8        | 6.4    | 4408.54±124.97 | 0.89±0.03 | 0.66±0.01 | 0.743±0.002 |
| 1:10       | 8.0    | 5338.70±75.05  | 0.82±0.01 | 0.69±0.01 | 0.729±0.001 |

注: 卡拉胶浓度为 0.8%, 总糖浓度为 65%, 蔗糖:果葡糖浆=1:1。

可以看出, 在表 5 研究的复配胶比例范围内, 随着明胶的添加比例不断增大, 复配胶含糖凝胶体的硬度在不断增大; 弹性则先增大, 到一定程度后有减小的趋势; 内聚性逐渐增大, 使得咀嚼性也相应增大, 说明混入明胶能有效地改变卡拉胶的脆性口感。水分活度也随着明胶加入量的增加而降低, 尤其在达到 1:4 以后 (明胶含量达 3.2% 以上), 复配胶凝胶体的水分活度的下降幅度越来越大, 这可能是随着明胶浓度增大, 胶体分子和水分子之间的相互作用增强, 对水分

的束缚能力也增大。要获得质构和水分活度均满意的凝胶体,通过改变胶体和糖的种类和比例完全可以实现。

### 3 结论

3.1 对于含糖凝胶体系,凝胶体的质构特性主要取决于胶体的种类和浓度,凝胶体的水分活度主要取决于糖的种类和浓度,小分子糖类能起到降低水分活度的作用。在研究糖糖配比对凝胶体性能的影响时可以发现,蔗糖含糖的减少,果葡糖浆含量的增加,含糖凝胶体系的水分活度都会降低,因此,单糖类降低水分活度的能力强于蔗糖。

3.2 卡拉胶含糖凝胶体系中,1~3%的卡拉胶可形成各种硬度范围的凝胶体,糖浆的含量决定了凝胶体的水分活度,对卡拉胶浓度为1%的含糖凝胶,当总糖含量达到69.8%以上时,水分活度即可降至0.75以下,从而达到保藏的要求。

3.3 明胶含糖凝胶体系中,明胶的用量相对较大,胶体和糖浆共同影响着水分活度的降低;对明胶9.5%含糖凝胶体,含总糖64%时,水分活度即可以降至0.75,可以安全保藏,并且形成的凝胶体富有弹性。

3.4 在复配胶含糖凝胶体系中,随着明胶加入量的增大,凝胶体的硬度在不断增大;弹性则先增大,到一定程度后有减小的趋势;内聚性逐渐增大,使得咀嚼性也相应增大;卡拉胶浓度为0.8%,总糖浓度为65%,当明胶加入量达到6.4%时,水分活度可降至0.75以内,达到了保藏的要求。

### 参考文献

- [1] 张克梅,李荣泽.生姜和金银花复合软糖的制备[J].食品科学,2006,27(10):661-664  
Zhang K M, Li R Z. Preparation of Compound Jelly Drops Made by Ginger and Honeysuckle [J]. Food Science, 2006, 27(10): 661-664
- [2] 张力田.果糖产品的发展[J].食品与发酵工业,1998,24(1):51-55  
Zhang L T. Development of Fructose Product [J]. Food and Fermentation Industries, 1998, 24(1): 51-55
- [3] 姚昕.雪莲果软糖的研制[J].江苏农业科学,2011,39(5):376-378  
Yao X. Development of Yacon Fudges [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2011, 39(5): 376-378
- [4] 沈彦昆.淀粉糖浆与糖果生产[J].食品工业,1997,6:8-9  
Shen Y K. Starch Syrup and Candy Production [J]. Journal of food industry, 1997, 6: 8-9
- [5] 陈洋泰,张织芬,樊亚鸣,等.岭南风味天然保健型凝胶软糖工艺优化[J].食品科学,2011,32(16):113-116.  
Chen Y T, Zhang Z F, Fan Y M. Optimization of Preparation Process for Natural Nutritional Jelly Sweets with Lingnan Flavor [J]. Food Science, 2011, 32(16): 113-116
- [6] Deszczynski M, Kasapis S, MacNaughton W, et al. Effect of sugars on the mechanical and thermal properties of agarose gels [J]. Food Hydrocolloids, 2003, 17(6): 793-799
- [7] Evageliou V, Kasapis S, Hember W N. Vitrification of karrageenan in the presence of high levels of glucose syrup [J]. Polymer, 1998, 39(17): 3909-3917
- [8] Kasapis S, Abeysekera R, Atkin N, et al. Tangible evidence of the transformation from enthalpic to entropic gellan networks at high levels of co-solute [J]. Carbohydrate Polymers, 2002, 50(3): 259-262
- [9] Loret C, Ribelles P, Lundin L. Mechanical properties of  $\kappa$ -carrageenan in high concentration of sugar solutions [J]. Food Hydrocolloids, 2009, 23(3): 823-832
- [10] Normand V, Aymard P, Lootens D L, et al. Effect of sucrose on agarose gels mechanical behaviour [J]. Carbohydrate Polymers, 2003, 54(1): 83-95
- [11] Evageliou V, Mazioti M, Mandala I, et al. Compression of gellan gels. Part II: Effect of sugars [J]. Food Hydrocolloids, 2010, 24(4): 392-397
- [12] Sharma D, George P, Button P D, et al. Thermomechanical study of the phase behaviour of agarose/gelatin mixtures in the presence of glucose syrup as co-solute [J]. Food Chemistry, 2011, 127(4): 1784-1791
- [13] 李丹丹,李汴生,阮征.凝胶软糖质构特性的感官评定与仪器分析研究[J].食品工业,2011,32(7):47-49  
Li D D, Li B S, Ruan Z. Study on Sensory Evaluation and Instrumental Measurement of Texture Characteristics of Gel Candies [J]. Journal of food industry, 2011, 32(7): 47-49
- [14] 刘波,李丹丹,李汴生,等.软糖用  $\kappa$ -卡拉胶与明胶溶液及其复配液的表现粘度研究[J].现代食品科技,2012,28(11):1466-1469  
Liu B, Li D D, Li B S. Study on Viscosity of  $\kappa$ -Carrageenan and Gelatin Solutions and Their Mixture Using for Candy [J]. Modern Food Science and Technology, 2012, 28(11): 1466-1469