

- 2 Kay, L. Franzen. Functional Properties of Succinylated and Acetylated Soy Proteins. J. Agric. Food Chem. 1976, 24: 788.
- 3 Sany, H. Y. Improvement of the Functionalities of Soy Protein Isoate Through Chemical Phosphorylation. J. Food Sci. 48: 716~21
- 4 Saito, L. Alkaline Hydrolysis for Meat Processing. U. S. Patent 3001875, 1961
- 5 Frederick F. Shih. Deamidation of Protein in a Soy Extract by Ion Exchange Resin Catalysis, J. Food Sci. 1987, 52: 1529~31.
- 6 Paulson, J. C. Hydrolysis of Proteins by Ion Exchange Resin Catalysis, J. Am. Chem. Soc. 1953, 75: 2039.
- 7 中山大学生物系编. 生化技术导论. 人民教育出版社.
- 8 涂泰. 花生蛋白的开发和利用. 山东烟台粮食局
- 9 无锡轻工业学院等合编. 食品分析. 轻工业出版社.
- 10 赵国玺. 表面活性剂物理学. 北京大学出版社.
- 11 Katsuharu Y. Whipping and Emulsifying Properties of Soy bean Products, Agric. Biol. Chem 1972, 36: 719.
- 12 陈克复. 食品流变学及其测量. 轻工业出版社.
- 13 J. R. Mitchell. Functional properties of Food Macromolecules ELSEVIER. Applied Science publishers, 1986.

魔芋胶的特征和魔芋凝胶食品

沈悦玉 杨湘庆 天津商学院食品工程系 300122

摘要 综述魔芋胶的理化性质, 提出新的结构, 深入探讨魔芋凝胶形成的最佳温度、最适合的膨化成熟时间和应用。

关键词 魔芋胶 魔芋凝胶 胶凝温度 胶凝 胶凝剂 流变性

Abstract This Paper discuss about the physicochemical properties, the new structure, the suitable jelling point, the swelling ripening time as well as the use of amorphophallus gum.

Key words Amorphophallus gum Amorphophallus jelly-glue Jelling point Jellification Jelling agent Rheological properties

魔芋胶(Amorphophallus gum)的成分为魔芋葡甘露聚糖(Amorphophalloglucemannan), 其质量优于魔芋精粉。由于魔芋本身的防癌、防肥胖、防糖尿病、降血中的脂肪、糖、胆固醇的食疗功能和我国魔芋的无污染生产使我国的魔芋精粉出口甚丰, 是我国山区创汇的拳头产品之一。

但是, 魔芋精粉的纯度、细度及粘度值均低于魔芋胶, 作为食品及食品添加剂, 生产绿色食品, 宜选魔芋胶。

魔芋胶及魔芋精粉的质量指标分别见表 1 及表 2。

1 魔芋胶的化学结构

魔芋胶的水解液中存在葡萄糖和甘露糖

(glucose & mannose), 有一部分甘露糖变为乙酸的酯, 也就是甘露糖的第六碳原子的伯醇基的氢原子被乙醇基所取代。魔芋胶的红外吸收光谱中的波数为 1726 cm^{-1} 的吸收带, 也显示

C=O 的存在。见图 1。

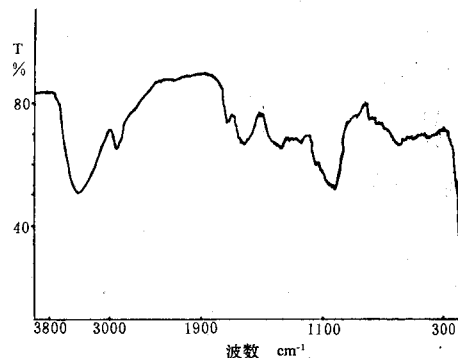


图 1 魔芋胶的红外吸收光谱

表 1 魔芋精粉的理化卫生指标

指 标	特级	一级	二级	三级
镜检 (放大 40 倍)	颗粒透明有光泽, 无 淀粉和杂物	颗粒透明, 有光泽, 无淀粉和杂物	颗粒较透明可见少 量淀粉和杂物	允许有少量淀粉和 杂物
粘度 CP	≥7000	5500~7000	3000~5500	2500~3000
粒度, % (40~100 目)	≥96.0	≥96.0	≥92.0	≥92.0
灰分, %	≤5.0	≤5.5	≤6.0	≤6.5
含砂量, %	≤0.04	≤0.04	≤0.04	≤0.04
水分, %	≤14	≤14	≤14	≤14
砷, mg/kg (以 As 计)	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5
铅, mg/kg (计 Pb 计)	≤1.0	≤1.0	≤1.0	≤1.0
二氧化硫, g/kg (以 SO ₂ 计)	≤0.9	≤0.9	≤0.9	≤0.9
黄曲霉毒素 B ₁ (μg/kg)	≤5	≤5	≤5	≤5
生物碱, %	≤0.1	0.1~0.15	≤0.20	≤0.25

表 2 魔芋胶的理化卫生指标

指 标	特级	一级	二级
外观	白色粉末 颗粒有光泽 无淀粉杂物	白色或淡黄色粉末 颗粒有光泽 无淀粉杂物	淡黄色粉末 颗粒光泽略差 无淀粉杂物
粘度, CP	≥8000	6000~8000	4000~6000
粒度, % 100~200 目	≥92	≥88	≥84
灰分, %	≤0.6	≤0.9	≤1.2
水分, %	≤8.0	≤8.0	≤8.0
砷, mg/kg (以 As 计)	≤0.5	≤0.5	≤0.5
铅, mg/kg (计 Pb 计)	≤1.0	≤1.0	≤1.0
二氧化硫, g/kg (以 SO ₂ 计)	≤0.4	≤0.4	≤0.4
黄曲霉毒素, B ₁ (μg/kg)	≤3.5	≤3.5	≤3.5
生物碱, %	≤0.05	≤0.10	≤0.10
1%溶液的 pH	7	7	7

糖 (G) 和甘露糖 (M) 的比例为 15 : 23 (此比例接近多数作者的 1 : 1.5), 其结构如下:

$$\text{---}(\text{---G---M---M---M---M---G---M---G---M---M---G---M---G---M---M---G---M---G---M---M---G---M---G---G---M---M---M---G---G---M---M---})_x$$

G
|
M

Ac
|

G
|
 Ac---M

X = 聚合度，一般在 110~305 之间

使用的设备为 NDJ-1 型旋转式粘度计和 501 型超级恒温器(控制 $25.0 \pm 0.1^\circ\text{C}$ 恒温)。方法是:各浓度的溶液在 25.0°C 的恒温下用粘度计在容器的四个不同部位测值;求其平均值列表,(对魔芋胶溶液,粘度值取对数)。

流动性魔芋胶溶液 (2%) $\xrightleftharpoons[\text{搅拌}]{\text{静置}}$ 魔芋凝胶

魔芋胶除具有一般聚糖的水解、酯化、醚化等化学反应以外，其最特殊的反应为脱乙酰基的反应。

天然魔芋胶大分子链节每 19 个糖残基就有一个乙酰基, 在皂化剂如 KOH 、 NaOH 、 K_2CO_3 或 Na_2CO_3 作用下皂化而脱去乙酰基。但在脱乙酰基的同时发生胶凝反应, 生成魔芋凝胶。根据这一点上述的皂化剂又可作为胶凝剂对待。

3.1 浓度对魔芋胶溶液粘度的影响

魔芋胶溶液具备非牛顿流体的特征。在浓度为 0.4%~2.0% 的范围内,其粘度的对数与浓度呈正相关,而阿拉伯胶溶液具备牛顿流体的特征,粘度与浓度呈正相关(见表 3、4)。

C, %	2.0	1.8	1.5	1.33	1.0	0.8	0.6	0.4
η , cp	2.0	1.7	1.5	1.3	1.0	0.8	0.6	0.4

C, %	2.0	1.8	1.5	1.33	1.0	0.8	0.6
lg η	4.96	4.82	4.52	4.30	4.00	3.62	2.95

因此,魔芋胶溶液的浓度在 0.8%~2.0% 范围内,可用下式粗略计算其中间值。

$$\lg \eta = 1.10C + 2.80$$

3.2 魔芋胶溶液的粘度与魔芋胶膨化温度和膨化熟成放置时间的关系

在一定的膨化温度下魔芋胶在水中表现的粘度随膨化熟成放置时间的增长而增加,直至达到最大值(表5)。

表 5 不同膨化温度下,魔芋胶放置时间与溶液粘度的关系

放置时		粘度对数 $\lg \eta$ (cp)					
间 min	30℃	50℃	60℃	70℃	80℃	90℃	
35	0.80	0.92	0.95	0.96	0.82	0.6	
45	0.85	0.94	0.96	0.98	0.85	0.7	
55	0.86	0.95	0.98	1.00	0.88	0.7	
65	0.85	0.96	0.99	1.02	0.92	0.8	
75	0.87	0.97	1.00	1.03	0.95	0.8	
85	0.87	0.97	1.00	1.03	0.95	0.8	
95	0.87	0.97	1.00	1.03	0.95	0.8	
105	0.87	0.97	1.00	1.03	0.95	0.8	

实验设备: NDJ-1 旋转式粘度计

501 超极恒温器

实验方法：分别称取 4g 魔芋胶倒入 200g 30℃、50℃、60℃、70℃、80℃和 90℃的水中，各搅拌 3min，按表列的放置时间分别测定其粘度值（CP），取其对数列入

表 5。

从表 5 的数据可知:

最佳膨化温度为 70℃;

最佳膨化成熟放置时间为 75~95min。

3.3 魔芋胶溶液的粘度与温度的关系

魔芋胶溶液的粘度随温度的升高而降低, 如表 6 所示。

表 6 魔芋胶溶液的粘度与温度的关系

温度, °C	0	5	10	15	20	25	30
绝对温度倒数 $\times 10^3$ $T^{-1} \times 10^3$	3.66	3.60	3.53	3.47	3.41	3.36	3.30
粘度对数 $\lg \eta$ (cp)	3.04	3.02	3.01	3.00	2.97	2.95	2.94
温度, °C	35	40	45	50	55	60	65
绝对温度倒数 $\times 10^3$ $T^{-1} \times 10^3$	3.25	3.19	3.14	3.10	3.05	3.00	2.96
粘度对数 $\lg \eta$ (cp)	2.92	2.91	2.90	2.89	2.87	2.85	2.83
温度, °C	70	75	80	85	90	95	
绝对温度倒数 $\times 10^3$ $T^{-1} \times 10^3$	2.92	2.87	2.83	2.79	2.76	2.72	
粘度对数 $\lg \eta$ (cp)	2.81	2.76	2.72	2.68	2.65	2.62	

实验设备: NDJ-1 旋转式粘度计 501 超级恒温器

实验方法: 1% 魔芋胶溶液测其不同温度下的粘度值 (cp), 再把相应的温度 (°C) 换算成绝对温度的倒数 $\times 10^3$, 最后取粘度的对数列入表 6。

以 $\lg \eta$ 为纵坐标, $\frac{1}{T} \times 10^3$ 为横坐标, 可得膨化过程的阿累尼乌斯动力学曲线如图 2 所示。

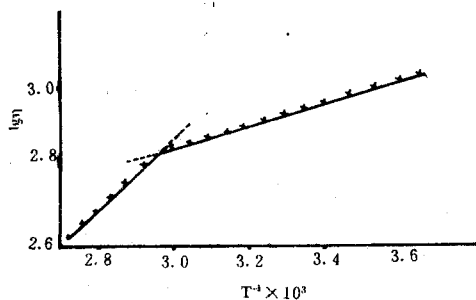


图 2 膨化过程的阿累尼乌斯动力学曲线

由阿累尼乌斯动力学曲线可求出两个膨化活化能数据:

1. $T = 273 \sim 343\text{K}$ ($0 \sim 70^\circ\text{C}$) 之间, 膨化活化能约为 1.3 Kcal/mol。

2. $T = 343 \sim 368\text{K}$ ($70 \sim 95^\circ\text{C}$) 之间, 膨化活化能约为 4.6 Kcal/mol。此值与氢键的键能接近。

图 2 转折点的温度为 70℃, 此温度处于高

膨化活化能 (4.6 Kcal/mol) 与低膨化活化能 (1.3 Kcal/mol) 的相交点。最有利于魔芋凝胶的形成。

3.4 魔芋胶溶液的胶凝

魔芋胶溶液的浓度在 2%~4% 时, 在强烈搅拌下切变稀化, 具有一定的流动性, 但在静置一段时间之后, 流动性变小凝成凝胶。此过程是可逆的。但如有胶凝剂 KOH、NaOH、 K_2CO_3 、 Na_2CO_3 或 Na_3PO_4 的存在, 可以变成弹性凝胶, 这种凝胶在水中不再溶解, 其弹性随温度的升高而增大, 随温度的降低而降低。因此, 胶凝剂是弹性凝胶形成不可缺少的条件。

魔芋胶溶液在形成魔芋凝胶过程中其粘度与时间的关系如图 3 所示:

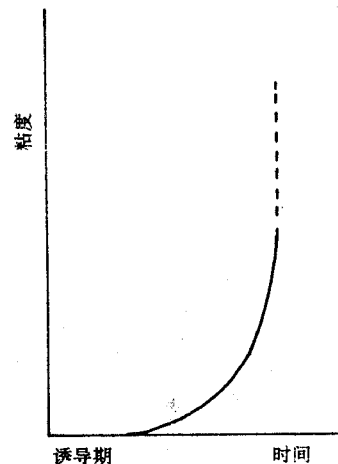


图 3 魔芋凝胶形成过程中粘度与时间的关系

胶凝剂可以认为是凝胶形成的诱导剂, 诱导反应的进行需要经过一定的诱导期, 诱导时间的长短与胶凝剂的 $[\text{OH}^-]$ 及胶凝剂的种类有关。

表 7

胶凝剂名称	κ	n
KOH	1.01	0.30
NaOH	1.12	0.33
K_2CO_3	0.96	0.35
Na_2CO_3	0.98	0.36
Na_3PO_4	1.00	0.34

根据前棍的资料 (1978), 凝胶形成的诱导反应速度可用下式表示

$$v = \kappa [\text{OH}^-]^n$$

式中 v = 诱导反应速度 (min^{-1})
 $[\text{OH}^-]$ = 胶凝剂在水中因电离或水解而生成的 OH^- 的浓度
 κ, n = 常数

常见的胶凝剂(食品级)的 κ 及 n 值见表 7。

4 魔芋凝胶的特性

魔芋胶溶液在胶凝剂存在下经过一定的诱导期,发生脱乙酰基的反应,形成魔芋凝胶。根据前文的资料,魔芋胶凝化形成凝胶的诱导反应活化能为 11.6Kcal/mol,与魔芋胶脱乙酰化反应活化能 11.8Kcal/mol 近似。因此,魔芋胶凝化形成凝胶的诱导反应为脱乙酰化反应。魔芋凝胶中大分子链节间的网状交联与分子间力和分子间的氢键相关。这一点可用氢键开裂剂(尿素或水杨酸钠)破坏大分子间氢键使魔芋凝胶解胶逆转为胶溶液而得到证明。魔芋凝胶的特性分述如下:

4.1 温度升高,魔芋凝胶的弹、韧性上升,使魔芋凝胶具备煮、炒、煎、炸、焖、熬时特有的口感,其软度、切齿良好度、脆度、咀嚼性均可调节到恰好的程度。

4.2 魔芋凝胶的凝胶强度与魔芋凝胶形成时魔芋胶的浓度、胶凝剂的种类及浓度,其他组分的存在有关。

4.3 魔芋凝胶是在碱性介质中脱除乙酰基之后形成的,形成后经水漂洗甚至用食用柠檬酸及醋酸中和余碱,凝胶的特有口感变化不大。这使魔芋凝胶进一步可加工成可口的人造果脯。

4.4 魔芋凝胶速冻后冰晶粒的增大,使魔芋凝胶变为海绵状泡沫气溶胶,生成的泡沫状食品不仅有特殊的口感,而且泡沫中的气孔可以储存各种风味物质,使魔芋凝胶食品多样化、风味化、典型化、生产机械化成为可能。

4.5 魔芋凝胶是一种热不可逆型凝胶,其弹韧性高于褐藻酸钙凝胶(Calcium alginate jelly glue)但脆性却低于褐藻酸钙凝胶。前者可作为人造海参、人造牛肉脯、人造水果脯,后者可作人造海蜇皮,动物软骨仿制品。这两种凝胶均为热不可逆型凝胶,和热可逆的明胶凝胶

(如琼胶凝胶,赛琼胶凝胶,卡拉胶凝胶和弹性琼胶凝胶)完全不同。

4.6 魔芋凝胶的脱液收缩“脱水”受很多因素的影响。魔芋胶的浓度愈高,含水量相对减少,脱水量相应减少;凝胶形成的 pH 值由 10 增加到 12 时,脱水量由 17% 减少到 8%;贮存温度由 3℃ 增加到 40℃ 时,温度愈高则脱水量愈大;凝胶形成的温度由 40℃ 升高到 90℃,脱水量由 17% 减少到 8%。

4.7 魔芋凝胶加协同增稠剂,其各种特性均有明显的变化。

5 魔芋凝胶食品

利用魔芋凝胶的上述特性,可以制造一系列魔芋凝胶食品。

5.1 魔芋凝胶

取魔芋胶(100目)50g,加冷水2kg,搅拌加热到70℃,膨化熟成1.5h后加入100g5%的 Na_2CO_3 溶液,搅拌均匀后装入不锈钢浅盘内,用蒸汽蒸熟定型,用木筷子垂直插入检查凝胶是否已完全成型。如筷子插入后垂立不倒,拔出后留孔不闭合,筷子上不粘胶状物,说明凝胶已全部成型。产品切成片状、丁状或丝状,用清水漂除余碱。用沸水焯煮除去余碱,再冷水漂,反复2~3次得多孔性魔芋凝胶。

若将整块的凝胶用流动水浸漂除去余碱后,沥干,速冻后再解冻,可得弹韧性更好的多孔性魔芋凝胶。

可采用高压锅煮切好的魔芋胶片、丁或丝,待出气孔冲出蒸气时,盖上加压,待温度达到121℃,加压阀处喷气嘶叫时停止加热,采用瞬间减压法,使凝胶形成多孔组织。

5.2 魔芋牛肉干

魔芋凝胶在确认除碱完毕之后可拌入焦糖色、食盐和味精的混合物,烘至含水量25%,然后乘热拌芝麻油、辣椒油、花椒油、味精粉(牛肉风味)及茶多酚抗氧化剂。

5.3 魔芋仿生果脯

片状凝胶除碱之后以1:1重量混合的柠檬酸钾和柠檬酸混合物冷拌,用量为魔芋凝胶

的 2%。再加魔芋凝胶重量 50% 的砂糖和 70% 的淀粉糖浆。(必要时混入 0.2% 的山梨酸防腐剂)。混合均匀后烘干到含水量 20%。最后拌入各种不同类型的粉末香精。如在淀粉糖浆中拌入甘草提取的甜味剂,则生成的果脯后味更佳。

5.4 魔芋牛奶热可逆凝胶

鲜牛奶 250g、魔芋胶(100 目) 2.5g 和糖 50g 搅拌均匀防止结块; 1.25g 凝固剂、20g 糖和 100g 水搅拌均匀防止结块,两者共置于水浴中加热到 95℃,保温 10min 后均匀混合任其冷却即得魔芋牛奶凝胶。

5.5 魔芋凝胶粘结剂

魔芋切面、魔芋粉丝、魔芋挂面、魔芋春卷皮、魔芋拉面、魔芋刀削面、魔芋馄饨皮和魔芋烧麦皮等食品。按 0.1~0.5% 的比例将用魔芋胶: $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 10:1$ 制成的混合物膨化浆料调入上述食品的原料粉中,使上述食品不浑汤,口感及食品的咀嚼性均有提高。

6 结束语

魔芋胶为魔芋精粉的高质量产物,有一定的社会效益和经济效益,由于纯度的提高,使

魔芋胶的防癌、防肥胖、防糖尿病、降血脂、降血糖和血胆固醇的食疗功能更加安全可靠。以魔芋胶生产的凝胶食品有更高的质量。

参 考 文 献

- 1 U. K. Patent Application 2084844 (1981).
- 2 日本《特许公报》84 年—1457 号.
- 3 日本《特许公报》81 年—33069 号.
- 4 日本《特许公报》83 年—213001 号.
- 5 日本《特许公报》80 年—45173 号.
- 6 日本《特许公报》82 年—166965 号.
- 7 陶薇薇等译. 魔芋食品的加工. 食品科学, 1986, (10): 15~17.
- 8 李德远等. 魔芋仿生牛肉干的研究. 食品科学, 1993, (9): 27~29.
- 9 吴贤聪等. 魔芋甘露聚糖的提取、鉴定及其应用的研究. 食品科学, 1987, (3): 20~22.
- 10 李家文. 魔芋面条的研制. 食品科学, 1993, (9): 72.
- 11 杨湘庆等. 魔芋甘露聚糖的流变性及其在食品工业中的应用. 杭州食品科技, 1990, (4): 19.
- 12 杨湘庆等编译. 食品胶与工业胶手册. 福建人民出版社, 1987.

食品的带电特性及其应用 (2)

——谷物的带电特性及其应用 (续)

董怡为 江苏省农机鉴定站 210017

随着生活水平的提高,人们对高品质的谷物和谷物制品的需求也随之增加,这就给我们提出一个新的课题,如何对谷物进行有效的清选分级?近年来,农业上首先提出了按种子内部品质进行电力清选分级。

所谓电力清选分级是利用谷物在电场中带电量的差异进行的清选分级。由此可见,谷物在电场中带电特性是我们首要的课题。下面就谷物带电的特性进行探讨。谷物的带电方式主要有三种:极化带电、摩擦带电、吸附带电。本