

(16) 91-45

从啤酒废酵母泥中提取的 胞壁多糖的流变学特性

The Rheological Properties of the Cell Wall
Polysaccharides from Waste Yeast Paste of Beer

TS261.9

王光慈

Wang Guangci

(西南农业大学食品学院, 重庆, 630716)

刘焯新

Liu Langxin

(重庆大学生物工程研究中心)

陈宗道**

Cheng Zongdao

A 摘要 考察了从啤酒厂废酵母泥中提取的酵母胞壁多糖的溶液粘度与溶液浓度、酸碱度、温度、剪切速率、离子强度等因素的关系。结果表明:以上各因素对酵母胞壁多糖溶液粘度都有不同程度的影响,其流体表现为非牛顿假塑性。

关键词 酿造酵母; 细胞壁; 多糖; 粘度 / 废酵母泥

中国图书资料分类法分类号 TS261.9

ABSTRACT The rheology of the cell wall polysaccharides of yeast (CWPY), extracted from the waste yeast paste of beer factory, was studied. The results showed that the solution formed from CWPY exhibited as the non newtoniak pseudoplastic liquid and the viscosity of CWPY was affected by the solution concentration, pH, temperature, shearing rate, ionic strength etc. .

KEYWORDS brewers yeasts; cell wall; polysaccharides; viscosity / waste yeast paste

0 引 言

啤酒废酵母是啤酒生产中的主要副产物之一,有关从中提取蛋白质、核酸、谷胱甘肽的报道较多,而对利用其细胞壁多糖的研究甚少,对其性质更缺乏全面的资料。约占酵母细胞干重 20%~25%的细胞壁,主要含有 30%~34%β-葡聚糖(glucan)(内壁)和 31%α-甘露聚糖(mannan)(外壁)等多糖体,它们在人的消化道中难以被消化,可作为膳食纤维发挥作用^[1],并具有增强细胞免疫能力,提高巨噬细胞活性及治癌等功效^[2]。我们从啤酒废酵母泥中已提取出了胞壁多糖^[3],发现其水溶液具有粘性,笔者就其溶液流变性进行研究,旨在为控制产品质量、确定应用范围和为设计工艺及设备提供参考。

* 收文日期 1994-01-28

** 现在西南农业大学食品学院工作

1 方法

粘度测定 用稀释型乌式粘度计和 NDJ-1 型旋转计测量粘度^[4]。
每一条件下的实验结果均采用三个平行试样的平均值。

2 结果与分析

2.1 溶液浓度对粘度的影响

由图 1 可知,胞壁多糖溶液在 20℃ 时,随着多糖质量分数 w_2 升高,粘度 η 上升。这是因为胞壁多糖 b 含量增加,部分多糖分子相互联结,聚合程度增加。这一特性与高分子溶液粘度性质相似。经曲线回归统计分析,当多糖质量分数在 4% 范围内, η 随 w_2 变化的数学模型如下:

$$\eta = 5.8562e^{0.2356w_2} \quad (\text{相关系数 } r = 0.9728)$$

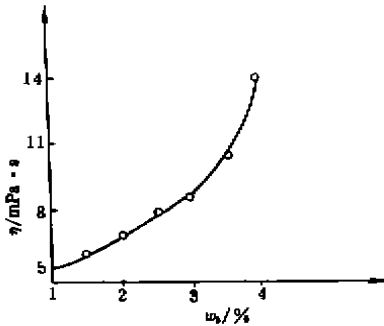


图 1 胞壁多糖溶液 η 与 w_2 的关系

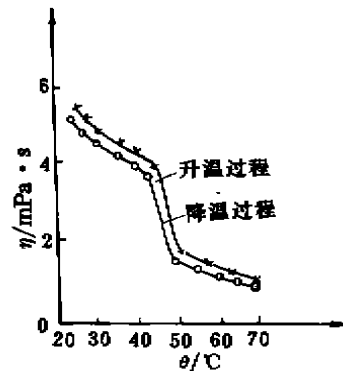


图 2 胞壁多糖溶液粘度与温度 θ 的关系

2.2 温度对粘度的影响

分别测定 1% 胞壁多糖溶液由 22℃ 逐渐升温至 70℃ (升温过程), 或从 70℃ 降至 22℃ (降温过程) 的粘度变化 (见图 2)。

图 2 表明,胞壁多糖溶液的粘度随温度升高而降低。这是因为溶液温度升高,促进了分子的运动,提高了分子之间的相互作用,增大了液体的体积,使每一分子所平均占有的体积也增大^[4]。由图 2 还看出,当温度在 40~50℃ 之间变化时,粘度变化剧烈;而且,升温过程和降温过程,其粘度变化不一样,这主要是因滞后现象引起的。

2% 胞壁多糖溶液升温至 100℃, 受热不同时间后,自然冷至室温 (20℃) 测定粘度,如图 3 所示。结果显示,随受热时间 t 延长,溶液粘度下降。这明显地表明对胞壁多糖加热会导致热解聚,其热解聚的数量与温度和时间二者有关。

2.3 剪切速率对粘度的影响

图 4 是 4% 胞壁多糖溶液在 18℃ 时,用 NDJ-1 型旋转粘度计 0 号转子测得的粘度与剪切速率 $\dot{\gamma}$ 的关系曲线。胞壁多糖溶液粘度随剪切速率增加迅速降低,表现出明显的剪切稀化现象。因此其溶液属于非牛顿假塑性流体 (pseudoplastic liquid)。

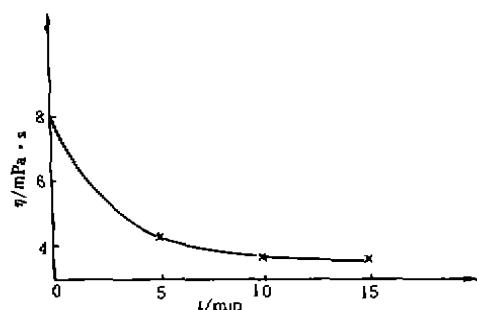


图3 胞壁多糖溶液粘度与加热时间的关系

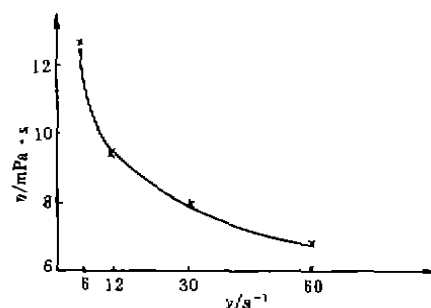


图4 胞壁多糖溶液粘度与剪切速率的关系

胞壁多糖的结构层次与蛋白质的基本相同,也可分为一级、二级、三级、四级结构^[6],分子间通过氢键、静电引力等作用形成无规则的线团,彼此之间相互缠结^[2,6],因而对流动产生很大的粘性阻力。在剪切应力作用下,溶液内部卷曲缠结的分子结构被拉直取向,缠结点减少,从而表现为粘度降低^[4]。

2.4 pH 值对粘度的影响

20℃时,用稀 NaOH 或稀盐酸调节 2% 胞壁多糖溶液的 pH 值,测定各 pH 下溶液的粘度(见图 5)。可见,该多糖溶液粘度受 pH 影响较小,在酸性或碱性条件下,只略有下降。而据前人研究的结果^[7],海藻酸钠、瓜尔豆胶、刺槐豆胶、阿拉伯胶等几种食品胶水溶液的粘度对 pH 的变化很敏感,相比而言,啤酒酵母胞壁多糖溶液粘度的 pH 稳定性较上述几种胶好。

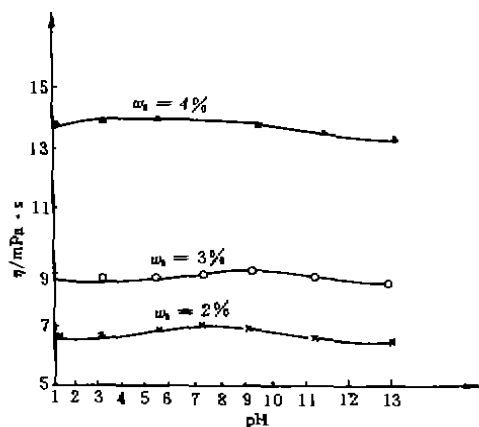


图5 胞壁多糖溶液粘度与 pH 值的关系

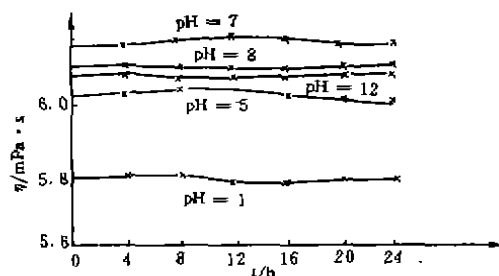


图6 胞壁多糖溶液粘度与放置时间的关系

在同一 pH 值条件下,2% 胞壁多糖溶液在 20℃ 时放置不同时间,测定其粘度值(见图 6)。显然,不论酸碱度如何,胞壁多糖溶液粘度受放置时间的影响都极小。表明胞壁多糖溶胀时间短,应用于食品工业不会影响加工时间。

2.5 无机盐对粘度的影响

在 20℃ 下,考察 NaCl, CaCl₂, AlCl₃, Na₂SO₄, Na₃PO₄ 等几种无机盐对 2% 胞壁多糖溶液粘度的影响。如图 7, 图 8 所示。

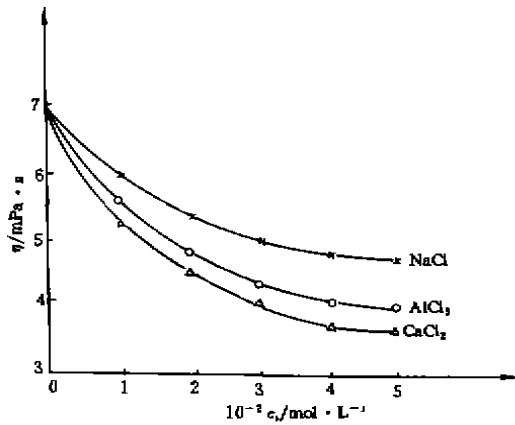


图 7 胞壁多糖溶液粘度与阳离子浓度的关系

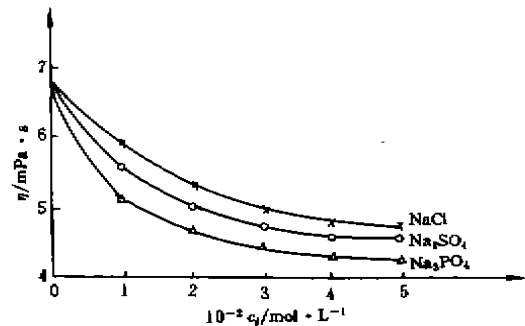


图 8 胞壁多糖溶液粘度与阴离子浓度的关系

由上图可见,盐能降低胞壁多糖溶液的粘度,且随离子浓度增加,粘度下降更明显。这可能是因为盐可降低多糖分子之间的静电引力^[6],从而导致粘度下降。阳离子*i*对粘度的影响能力顺序为 $Ca^{2+} > Al^{3+} > Na^+$,阴离子*j*的影响能力顺序为 $PO_4^{3-} > SO_4^{2-} > Cl^-$ 。经曲线回归统计分析,胞壁多糖溶液粘度随这几种盐浓度变化(浓度范围为 $0 \sim 5 \times 10^{-2} \text{ (mol/L)}$)的数学模型为:

$$\begin{aligned}
 NaCl: \quad \eta &= 6.5587e^{0.2068/c_i} & (r &= 0.9835) \\
 CaCl_2: \quad \eta &= 5.3866e^{0.3274/c_i} & (r &= 0.9787) \\
 AlCl_3: \quad \eta &= 5.7762e^{0.2962/c_i} & (r &= 0.9828) \\
 Na_2SO_4: \quad \eta &= 6.3407e^{0.1957/c_j} & (r &= 0.9924) \\
 Na_3PO_4: \quad \eta &= 6.0983e^{0.1893/c_j} & (r &= 0.9948)
 \end{aligned}$$

2.6 蔗糖及柠檬酸对粘度的影响

18℃时,分别测定4%胞壁多糖溶液中加入10%柠檬酸或50%蔗糖后,粘度随剪切速率的变化情况见图9。

加入柠檬酸后,胞壁多糖溶液仍具有假塑性流体的特性。而加入蔗糖后,粘度不受剪切速率影响,表现出牛顿流体(newton fluid)的性质。显然,蔗糖的存在改变了胞壁多糖非牛顿流体(non-newton fluid)的性质。

图10显示,4%胞壁多糖溶液的粘度随蔗糖*z*加入量的增加而逐渐升高。经回归分析,蔗糖溶液*η*随其质量分数*w_s*变化(质量分数范围在10%~40%)的数学模型为:

$$\eta = 0.4500 + 0.083w_s \quad (r = 0.9718)$$

而4%胞壁多糖的溶液*η*随蔗糖*w_s*变化(质量分数范围在10%~40%)的数学模型为:

$$\eta = 12.9000 + 0.087w_s \quad (r = 0.9742)$$

两条直线的斜率相近,其截矩之差12.5与4%胞壁多糖溶液的粘度大致相等。可见,胞壁多糖的糖溶液粘度具有叠加效果。

2.7 其它增稠剂对粘度的影响

分别测定1%魔芋精粉、4%阿拉伯胶、1%海藻酸钠溶液的粘度,然后在4%胞壁多糖

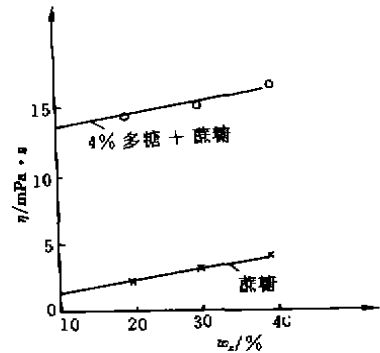
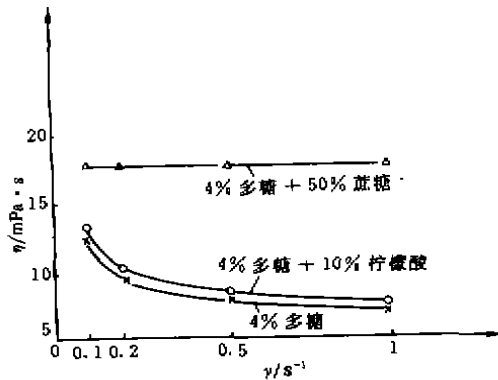


图 9 蔗糖及柠檬酸对胞壁多糖溶液粘度的影响

图 10 胞壁多糖溶液 η 与蔗糖 w_2 的关系

溶液中,仍按 1%,4%,1% 的浓度分别加入上述几种物质,测定粘度,结果见下表。

4% 胞壁多糖溶液与其它多糖参合后的粘度 $\eta/\text{mpa} \cdot \text{s}$			
被参合的多糖粘度 η	1% 魔芋精粉	4% 阿拉伯胶	1% 海藻酸钠
参合后的多糖粘度理论值 η^0	39.4	4.5	21.6
参合后的多糖粘度实测值 η	48.9	14.0	31.1
参合后的多糖粘度实测值 η	84.1	21.5	50.4

注: 粘度是在 18 °C, 12 r/min 下测得, 4% 胞壁多糖溶液的粘度为 9.5 mpa · s

由表中可知, 这些物质对胞壁多糖溶液粘度的影响不是简单的相加, 相互合用具有明显的增效作用。

3 结 论

酵母胞壁多糖溶液为粘稠胶体, 表现为非牛顿假塑性, 其溶液粘度随浓度增加而增大; 随温度升高、受热时间延长而下降; 在 pH1~12 范围内胞壁多糖溶液的粘度保持相对稳定; 阴、阳离子对其粘度的影响能力顺序分别为 $\text{PO}_4^{3-} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$, $\text{Ca}^{2+} > \text{Al}^{3+} > \text{Na}^+$; 与某些增稠剂合用, 表现出协同增效作用, 可望作为一种新型添加剂应用于食品工业。

参 考 文 献

- 1 王治权. 啤酒酵母实用技术. 上海: 上海科学普及出版社, 1990. 215~216
- 2 方积年. 多糖研究的现状. 药学学报, 1986, (2): 944~950
- 3 刘焯新. 啤酒酵母胞壁多糖提取工艺的研究. 重庆大学学报, 1994, 17(6): 43~48
- 4 陈克复. 食品流变学及其测量. 北京: 轻工业出版社, 1989. 37~41
- 5 张翼仲. 多糖的结构与功能. 生物学通报, 1992, (1): 3~4
- 6 石勇民, 苏凤岩. 猴头多糖的初步提取及分析. 微生物学杂志, 1989, (6): 47~48
- 7 华侨大学化工系. 食品胶和工业胶手册. 福州: 福建人民出版社, 1987. 183~196