

超微粉碎、挤压和蒸煮对燕麦胶黏度及形态的影响

张氏¹, 梁漪¹, 裴颖¹, 高薇薇¹, 王会来²

1(天津科技大学食品工程与生物技术学院, 天津, 300457) 2(天津知味斋食品科技有限公司, 天津, 300201)

摘要 测定了超微粉碎、挤压和蒸煮3种前处理方式对燕麦胶黏度的影响, 采用原子力显微镜(AFM)观测了3种前处理方式对燕麦胶团聚物形态和大小的影响。结果表明: 燕麦胶溶液不存在屈服应用; 3种前处理方式对燕麦胶影响的顺序是, 挤压>超微粉碎>蒸煮; 3种前处理方式均可显著地($P < 0.05$)改变燕麦胶团聚物的高度和直径。

关键词 超微粉碎, 挤压, 蒸煮, 黏度, 原子力显微镜

燕麦中的水溶性膳食纤维——燕麦胶具有多种生物活性, 因而受到广泛关注。研究表明, 对燕麦麸皮进行挤压和超微粉碎等处理可提高燕麦胶的得率^[1,2]。但上述处理对燕麦胶物理特性的影响报道较少, 本论文旨在探讨挤压、超微粉碎和蒸煮3种原料处理方法对燕麦胶流变特性的影响, 为燕麦胶应用提供技术参数。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

JSPM-5200 原子力显微镜, 日本 JEOL; RE-52CS-1 旋转蒸发器, 上海亚荣生化设备仪器有限公司; LGJ0.5 冷冻干燥机, 北京四环科学仪器厂; DV-III 流变仪, Brook Field; DS56-X 双螺杆挤压机, 济南赛信机械有限公司; LWF-350 超微粉碎机, 廊坊市中通机械有限公司。

燕麦麸皮, 产于河北省张北县; α -淀粉酶, 食品级, 北京奥博星生物技术责任有限公司; β -淀粉酶, 食品级, 北京奥博星生物技术责任有限公司; 乙醇, 分析醇, 天津市北方天医化学试剂厂。

1.2 方法

1.2.1 原料处理方法

蒸煮处理: 调节燕麦麸皮水分含量到60% (湿基湿含量), pH 7.8, 于0.1 MPa下蒸煮1 h。超微粉碎: 燕麦麸皮连续超微粉碎3次。挤压处理: 调节燕麦麸皮水分含量到40% (湿基湿含量), 于180℃下挤压。

1.2.2 燕麦胶提取方法

经前处理的燕麦麸皮用乙醇溶液80℃下处理3次, 除去乙醇, 加水100℃下提取3次, 合并提取液, 依次加入 α -淀粉酶和 β -淀粉酶水解淀粉, 调pH至7.0, 离心, 取上清液真空浓缩, 冷冻干燥, 得燕麦胶。

1.2.3 燕麦胶的流变学特性研究

选定转子RV2, 室温下测定浓度为30 g/L的燕麦胶溶液的剪切力和10、20、30 g/L浓度下的黏度。

测定程序: SSN (set speed), 160 r/min; DCI (data interval), 10 s; WDP (wait for points), 5; SSN, 180 r/min; DCI, 10 s; WDP, 5; SSN, 200 r/min; DCI, 10 s; WDP, 5; SSN, 220 r/min; DCI, 10 s; WDP, 5; SSN, 240 r/min; DCI, 10 s; WDP, 5。

1.2.4 原子力显微镜(AFM)对燕麦胶形态的观察

样品制备参考文献方法^[3]: 配制燕麦胶溶液1 mg/mL, 通过加热可使样品溶解完全且减少大聚集体的存在, 冷却后逐级稀释, 直至浓度为0.01 mg/mL。分别取5 μ L样品溶液滴在新鲜解理的盖玻片上, 空气中自然挥干后用大量水冲洗去除未吸附的燕麦胶, 挥干, 无水乙醇固定, 干燥, 置于AFM下测试, 图像均在轻敲模式下获得, 测试在室温和大气环境中进行, 探针为Si₃N₄。

盖玻片解理方法: 盖玻片用2%的HCl浸泡4 h以上, 蒸馏水多次冲洗以去除酸液, 自然干燥备用。

2 结果与分析

2.1 屈服应力测定结果

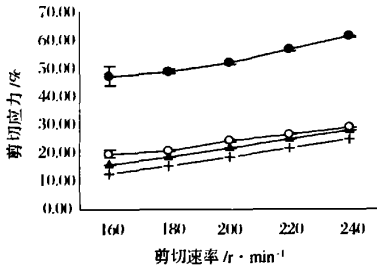
食品中的流体多为非牛顿流体, 可用经验公式表示: $\sigma = k \cdot \epsilon^n$, 其中, k 为黏性常数 (也称为浓度系数); n 为流态特性指数。当 $n=1$ 时, 上式就是牛顿流体公式, 这时 $k=\eta$, 即 k 为黏度。设 $\eta_0 = k \cdot \epsilon^{n-1}$, 则非牛顿流体流动状态方程可写为 $\sigma = \eta_0 \cdot \epsilon$ 。称 η_0 为

第一作者: 博士, 副教授。

收稿日期: 2008-08-26, 改回日期: 2008-12-02

“表观黏度”，与 η 不同的是 η_0 与黏性常数 k 和流态特性指数 n 有关，且是剪切速率 $\dot{\epsilon}$ 的函数。因此， η_0 对应着一定的剪切速率。也就是说 η_0 是非牛顿流体在某一特定流速下的黏度。很多非牛顿流体，当施加应力时不会马上产生流动。只有当 σ 值大于某个定值 σ_0 时，才开始流动。对于这类流体可表示为： $\sigma = \sigma_0 + k \cdot \dot{\epsilon}^n$ ， $[\sigma_0$ 称为屈服应力(yield value)]。

由图1可知，本研究中，对于3.0%浓度的各前处理样品燕麦胶溶液，外加应力与产生的有意义的剪切速率是同步的，即溶液对外加应力的响应只是产生流动，不存在形变的过程，因此体系不存在屈服应力。



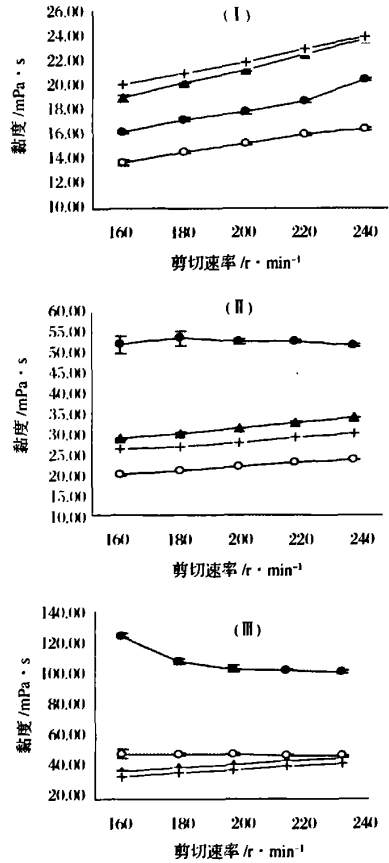
▲, 未处理; ○, 超微粉碎; ●, 挤压处理;
+, 煮沸处理; 溶液浓度为 3%; $n=5$
图1 燕麦胶溶液屈服应力测定结果

2.2 不同浓度和剪切速度下前处理对黏度的影响

不同浓度和剪切速度下前处理对黏度的影响结果见图2。由图2可知，当样品浓度为1.00%时，各样品的黏度均随剪切速率的增大而增大，相同剪切速率下，各样品的黏度由大到小依次为：煮沸处理>未处理>挤压处理>超微粉碎处理。当浓度为2.00%时，除挤压处理样品外，其余样品的黏度均随剪切速率的增大而增大，相同剪切速率下，各样品的黏度由大到小依次为：挤压处理>未处理>煮沸处理>超微粉碎处理。当浓度为3.00%时，挤压处理样品和超微粉碎处理样品溶液的黏度随剪切速率的增大而减小，而未处理样品和煮沸处理样品溶液的黏度随剪切速率的增大而增大，相同剪切速率下，各样品的黏度由大到小依次为：挤压处理>超微粉碎处理>未处理>煮沸处理。

2.3 AFM对燕麦胶结构观察结果

AFM对燕麦胶形态的观察结果见图3和表1。由图3和表1可见，经前处理的燕麦胶在水溶液中的团聚物的高和直径都有显著的变化。其中，煮沸和超微粉碎处理可以显著地($P < 0.05$)降低燕麦胶团聚



▲, 未处理; ○, 超微粉碎; ●, 挤压处理; +, 煮沸处理;
I, 浓度为 1%; II, 浓度为 2%; III, 浓度为 3%; $n=5$

图2 浓度和剪切速率对不同燕麦胶样品黏度的影响

物的高度，而显著地($P < 0.05$)提高燕麦胶团聚物的直径；但挤压则可同时显著地($P < 0.05$)提高燕麦胶团聚物的高度和直径。原因可能是挤压对燕麦胶分子颗粒的破坏作用较大，使分子间的相互团聚成为可能，因而形成了更大的分子团聚物。

3 讨论

燕麦胶是1种水溶性膳食纤维，其主体成分是 β -葡聚。 β -葡聚糖是一种线性大分子，分子间存在着相互缠绕或交连，在静止或低剪切速率下，将保持内部的不规则次序，因此具有相当高的内部阻力阻碍流动，此时黏度较大；但随着剪切速率的增大，悬浮于液体中的棒状颗粒将沿纵长轴的方向流动，链状分子沿驱动力方向解缠绕、拉伸和取向，排列后的颗粒或分子可以更容易的相互滑过，导致黏度迅速下降^[4]。因此大分子在溶液中的舒展程度则对其黏度起到重要

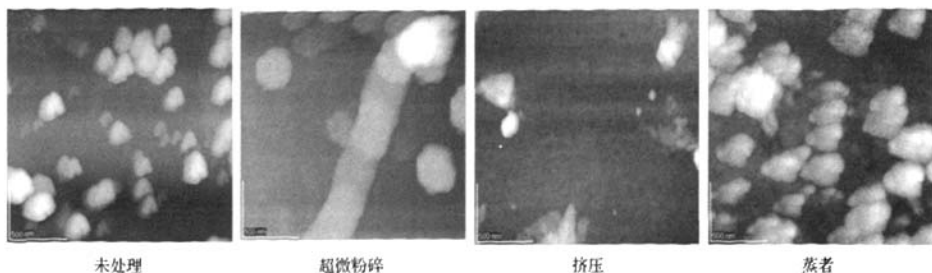


图3 AFM对燕麦胶形态的观察结果

表1 AFM对不同燕麦胶团聚物测量结果 (mean \pm standard deviation, $n=8$)

项目	未处理	蒸煮	超微粉碎	挤压
高/ μm	32.25 \pm 2.12 ^A	23.00 \pm 3.32 ^B	26.00 \pm 4.06 ^C	55.50 \pm 3.63 ^D
直径/ μm	0.199 \pm 0.011 ^a	0.362 \pm 0.095 ^b	0.346 \pm 0.053 ^b	0.226 \pm 0.017 ^c

注: A、B、C、D; $P<0.05$, 高度间相互比较; a、b、c; $P<0.05$, 直径间相互比较。

的影响。挤压可在很大程度上破坏大分子颗粒结构,使其在水溶液中具有较舒展的结构,因而具有较高的黏度,而当剪切速率超过一定值后,分子呈顺序排列,其黏度也随之下降。超微粉和蒸煮对分子颗粒结构的破坏较小,因而其黏度也就较低。

另外,原料经不同前处理后 β -葡聚糖分子中的亲水性基团含量有所改变。因为在静止或低剪切速率状态下,大量的亲水性基团能使溶质分子与水分子间相互包容,当剪切速率和浓度都增加到一定程度后,溶解的 β -葡聚糖分子会脱出一层溶剂,形成溶质分子外膜,于是引起流动阻力的分子间的相互作用减弱,从而导致黏度降低。

前处理对燕麦胶团聚物形态的改变可能与其黏度的改变间有一定的关系,但有关这方面的内容仍需

进一步深入探讨。

参考文献

- 1 Wu YV, Doehlert DC. Enrichment of β -glucan in oat bran by fine grinding and air classification [J]. Lebensm - Wiss u-Technolo, 2002, 35: 30~33
- 2 王常青,朱志昂. 挤压法生产可溶性燕麦纤维的研究[J]. 食品与发酵工业, 2002, 28(2): 45~48
- 3 孙润广,张静. 甘草多糖螺旋结构的原子力显微镜研究[J]. 化学学报, 2006, 64(24): 2467~2472
- 4 Doublier JL, Wood PJ. Rheological properties of aqueous solutions of (1-3)(1-4)- β -D-Glucan from oats (*Avena sativa* L.) [J]. Cereal Chemistry, 1995, 72(4): 335~340

Effects of Micro Smash, Extrusion and Steaming on the Viscosity and Configuration of Oat Gum

Zhang Min¹, Liang Yi¹, Pei Ying¹, Gao Weiwei¹, Wang Huilai²

1(College of Food Engineering and Biotechnology, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China)

2(Tianjin Zhiweizhai Food Science & Technology Company, Tianjin 300201, China)

ABSTRACT The effects of micro smash, extrusion and steaming on the viscosity and configuration were explored. The results showed that there was no yield stress in oat gum solution. The effects of these three kinds of treatment on the viscosity of oat gum were : extrusion > microsmash > steaming. All the treatments could change the height and diameter of oat gum conglomeration.

Key words microsmash, extrusion, steam heating, viscosity, AFM