

螺杆挤压工艺对米粉品质的改良作用

Improvement on quality of rice noodles by screw extrusion technology

唐汉军^{1,2} 李林静³ 朱伟³

TANG Han-jun^{1,2} LI Lin-jing³ ZHU Wei³

(1. 湖南省农业科学院, 湖南 长沙 410125; 2. 湖南省农产品加工研究所, 湖南 长沙 410125;

3. 克明面业股份有限公司, 湖南 长沙 410000)

(1. Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha, Hunan 410125, China;

2. Hunan Agricultural Product Processing Institute, Changsha, Hunan 410125, China;

3. Kemin Noodle Manufacturing Co., Ltd., Changsha, Hunan 410000, China)

摘要:对螺杆挤压工艺的圆条米粉(TDM、XMM)和土豆粉丝(TFS),以及传统工艺圆条米粉(WFM)的品质特性进行比较分析,并观察其煮熟后的微观组织结构。结果表明:从煮熟前的质构特性看,TDM、XMM 的硬度、压缩功、断裂变形等主要指标介于 TFS 与 WFM 之间,但 TDM 几乎接近 TFS;从煮熟后的理化特性看,TDM 与 XMM 具有相似性,且与 TFS 相近,离 WFM 较远。煮熟米粉(或粉丝)的微观组织均表现为无规则多边形的蜂窝状微室结构,微室直径约为 0.5~2.0 μm 。说明螺杆挤压工艺不仅仅是简便、节能、高效,且对米粉的品质特性有较大的改良作用。

关键词:米粉;挤压;加工工艺;组织结构;品质特性

Abstract: The treatments of screw extrusion technology on rice noodle (TDM, and XMM) and Fensi (TFS), and traditional craft rice noodles (WFM) were compared in the characteristics of quality, and the microstructure was observed after cooked. Physicochemical properties of TDM and XMM were between TFS and WFM before cook, and TDM was almost close to the best strength of TFS. Physicochemical properties after cook were the similarities between TDM and XMM, and close to TFS, further away from the WFM. Their microstructure characterized by irregular, polygonal honeycomb cellular structure, micro-Chamber diameter approximately 0.5~2.0 μm . The results showed that the screw extrusion technology was not just convenient, energy-saving, high performance, and had a larger role in the improvement of quality of rice noodle.

Keywords: rice noodle; screw extrusion; processing technology; organizational structure; quality characteristic

米粉,也叫米线,主要以稻米为原料制成条状或丝状的传统主食米制品。在湖南、江西、广东、广西等省份有着广阔

的市场^[1,2],是中国南方代表性的传统主食加工产品。米粉种类繁多,可分为排米粉、方块米粉、波纹米粉、银丝米粉、湿米粉、干米粉等,其中干制米粉以其耐贮运和较好口感等特点,成为产量高和消费地域广的大众品种。尽管各地域和厂家的传统生产工艺有各自的特点,但基本流程是:原料稻米→淘洗→浸泡→磨浆→脱水→蒸(煮)粉→捣揉→挤丝→复蒸(煮)→冷水漂洗→干燥→包装→成品。传统米粉的生产工艺比较复杂,且对原料的选择有一定要求。原料稻米的成分组成,特别是主成分淀粉的特性,对米粉品质具有决定性作用^[3]。

最近,一种新型螺杆挤压米粉加工技术被开发应用,该技术既适用于小作坊式生产,也适用于规模化生产的需要,具有工艺流程简单、节能、生产效率高、适用原料广泛、品质好等特点,是一项应用前景广阔的新技术。

食品的品质评价包括主观评价和客观评价,主观评价以感官评定为主,能直接反应消费者的感官需要,具有一定权威性,但易受人为因素的影响;客观评价主要是借助仪器设备进行物理或化学的定量检测,获得更为客观的技术参数^[4-6]。近年,精密仪器(如:质构仪等)在果蔬食品、肉类食品、水产类食品及各类加工食品^[7-9]的研究上被广泛地应用。

本研究拟利用质构仪、扫描型电子显微镜(SEM)等手段,对螺杆挤压米粉及著名传统产品(桂林米粉)的结构特性、膨润势、煮液可溶性成分等客观品质特性进行比较研究,以为米粉的品质改良提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

小米米粉(XMM):主原料为籼稻米,添加小米粉辅料 5%,螺杆挤压工艺产品,直径为 2.157 ± 0.066 ($n=15$) 的圆条形,克明面业股份有限公司;

土豆米粉(TDM):主原料为籼稻米,添加土豆全粉辅料

作者简介:唐汉军(1964—),男,湖南省农业科学院副研究员,博士。
E-mail: tanghanjun@yeah.net

收稿日期:2015-03-25

5%,螺杆挤压工艺产品,直径为 $2.185\pm0.089(n=15)$ 的圆条形,克明面业股份有限公司;

土豆粉丝(TFS):原料为纯土豆淀粉,螺杆挤压工艺产品,直径为 $1.920\pm0.222(n=15)$ 的圆条形,湖南省农产品加工研究所;

桂林米粉(WFM):原料为籼稻米,传统工艺产品,直径为 $1.611\pm0.085(n=15)$ 的圆条形,江西省五丰食品有限公司。

1.2 仪器与试剂

多功能米粉机:6MFD25型,娄底市乐开口实业有限公司;

质构仪:CT3-4500型,美国 Brookfield 公司;

扫描型电子显微镜:JSM-6380LV型,日本电子光学株式会社;

冷冻干燥机:FD-1D-80型,北京博医康实验仪器有限公司;

高速冷冻离心机:TGL-20M型,长沙平凡仪器仪表有限公司;

葡萄糖、苯酚:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

乙醇:分析纯,安徽安特食品股份有限公司;

浓硫酸:分析纯,衡阳凯信化工试剂有限公司。

1.3 方法

1.3.1 生粉质构特性分析 随机抽取一条生粉,固定在支点距离为2 cm的支架上,采用TA-SBA探头,触发点负载2 g,探头推进速度0.2 mm/s,压缩距离1 cm的条件进行分析。每个样品任意测定6条,所有数据以生粉直径为2 mm的标准进行修正。

1.3.2 米粉煮熟处理及分析 从XMM、TDM和TFS生粉中分别随机抽取25条(长度约10 cm),称取重量后,按产品说明提供的煮熟方法,在200 mL开水中泡20 min,从WFM生粉中随机抽取30条(长度约10 cm),称取重量后,按产品说明提供的煮熟方法,在200 mL开水中煮沸8 min,然后立刻用陶瓷过滤器(孔径约1 mm)分离熟粉与汤液,将熟粉用100 mL冷水(20℃)淋洗3次后,平摊在3层滤纸上放置5 min除去余水,称取熟粉重量。

收集上述汤液与淋洗液一起进行离心分离(40℃, $10\,000\times g$, 5 min),将上清液定容至500 mL,作为可溶性成分分析试样。收集沉淀物于加有硅藻土的干燥皿中,在105℃下干燥至恒重,按式(1)计算不溶物重量百分比。取20 mL上清液放入加有硅藻土的干燥皿中,在105℃下干燥至恒重,按式(2)计算可溶物重量百分比。

不溶物重量 = $\frac{\text{总恒重} - \text{总容器重}}{\text{干粉重}} \times 100\%$ (1)

可溶物重量 = $\frac{(\text{总恒重} - \text{总容器重}) \times 25}{\text{干粉重}} \times 100\%$ (2)

1.3.3 熟粉感官分析 按产品说明提供的煮熟方法煮熟后,对硬度和爽滑度两个指标,用高、偏高、适中、偏低、低5个级别,由5人进行感官评定。

1.3.4 熟粉质构分析 随机取刚制作的熟粉3条,平整地贴在不锈钢板上,采用TA18探头,触发点负载1 g,探头推进速度0.2 mm/s,压缩距离2 mm,循环2次的分析条件测

定,每条熟粉任意选两处测定。

1.3.5 熟粉结构 SEM 观察 根据文献[3]修改如下:随机取刚制作的熟粉若干,在液氮中充分冻结, -80℃下真空干燥后,作为SEM观察样品,保存在干燥器中备用。SEM观察时,将冻干样品折断,小心防止观察面受损,在样品台上固定好,经离子溅射喷金(30 s)等前处理后,在10~30 kV加速电压下进行观察。

1.3.6 可溶物中淀粉含量分析 取1.3.2中的上清液试样1 mL,加无水乙醇3 mL,充分搅拌,5℃下静置2 h后,离心分离(5℃, $10\,000\times g$, 5 min)。将上清液去除干尽,加蒸馏水2 mL,使沉淀物充分溶解后,溶液定容至20 mL,作为可溶性淀粉分析试样。采用葡萄糖作标准物,苯酚硫酸法测定[3]。

1.3.7 米粉膨润势的测定 米粉膨润势按式(3)计算:

膨润势 = $\frac{\text{熟粉重量}}{\text{生粉重量} - \text{不溶物重量} - \text{可溶物重量}}$ (3)

1.3.8 数据统计处理 采用Excel 2007和SPSS 19.0软件进行数据统计处理。

2 结果与分析

2.1 生粉质构特性

硬度是指到达指定形变所需的力,压缩功是反映样品的内部键力,二者都是反映面制品品质的重要指标,在图谱中硬度代表正峰值,压缩功代表正峰总面积。由图1可知,XMM和TDM的曲线上升速度相对较快,而WFM和TFS的曲线上升速度相对缓慢。反映韧性的断裂时间分别为:XMM约8.5 s,TDM约10.5 s,WFM约12.5 s,TFS约14 s。由表1可知,4个样品间的质构特性差异显著。硬度、断裂性、压缩功和断裂功的大小关系均为TFS>TDM>XMM>WFM;而断裂形变值,XMM与TDM、WFM与TFS较为接近。

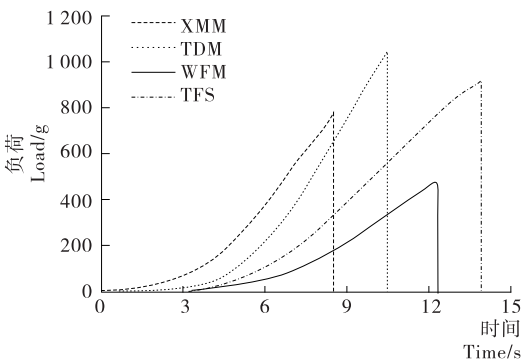


图1 生粉质构图谱

Figure 1 Textural spectra of raw rice noodles

表1 生粉质构特性

Table 1 Textural characteristic of raw rice noodles (n=6)

样品	硬度/ g	压缩功/ mJ	断裂性/ g	断裂功/ mJ	断裂形 变/mm
XMM	686.0±9.3	3.9±0.2	686.0±68.0	3.7±0.2	5.4±0.1
TDM	831.8±50.6	5.1±0.2	816.5±55.1	4.9±0.4	5.1±0.3
WFM	606.5±17.1	3.7±0.3	627.1±17.2	3.5±0.3	7.6±0.6
TFS	892.7±61.1	9.4±0.9	862.2±58.1	9.0±0.9	7.5±0.5

研究^[6,7]表明,10%以下的玉米粉、麦麸添加量对面条、面团、面包等的质构特性没有产生明显的负面影响。综上所述,纯淀粉成分的 TFS 结构强度最好;WFM 的韧性优于 XMM 与 TDM,而硬度明显较低,综合表现结构强度最差。5%的辅料添加在米粉制品煮熟前的质构特性上表现了一定的影响,但螺杆挤压工艺对米粉组织结构的影响作用是正面的,且相对显著。

2.2 熟粉感官评价

对硬度和爽滑度两个指标的感官评定结果为,TFS 硬度低、爽滑度高;WFM 硬度偏高、爽滑度低;XMM 和 TDM 类似,硬度和爽滑度都适中。

2.3 熟粉质构特性

由图 2 可知,各样品第 1 循环完成时间均为 10 s 左右,第 2 循环完成时间均为 25 s 左右,差异很小。XMM 与 TDM 比较,第 1 正峰表示了类似的大小,但 TDM 的第 2 正峰明显较大。TFS 表示了最小的正峰,且几乎没有负峰。WFM 表示了最大的正峰和负峰(表示粘附力)。表 2 列举了差异显著的正峰(硬度)、正峰面积(压缩功)、内聚性和胶着性等检测参数值。这些参数的大小关系都是 TFS<XMM<TDM<WFM。内聚性数值上,XMM 和 TDM 相同,与 TFS 相近,而与 WFM 有明显差异。

综上所述,煮熟后的评价结果与它们的感官评价几乎完全吻合,且在各项具体参数上表现了样品间的细微特性。XMM 与 TDF 只在第 2 正峰表现了明显差异。另外,它们的综合特性与 TFS 更近,而与传统工艺的 WFM 差异较大。这些结果进一步说明添加 5%辅料对米粉品质特性的影响作用比较小,而螺杆挤压工艺对米粉组织结构的影响作用相对显著。

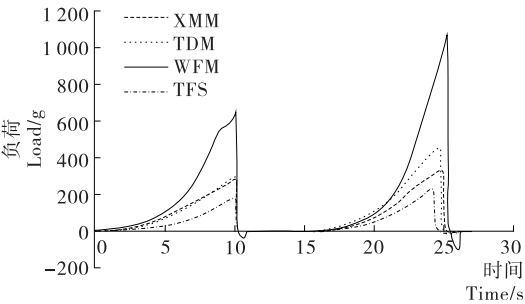


图 2 熟粉质构图谱

Figure 2 Textural spectra of cooked rice noodles

表 2 熟粉质构特性

Table 2 Textural characteristic of cooked rice noodles (n=6)

样品	硬度 1/g	压缩功 1/mJ	硬度 2/g	压缩功 2/mJ	内聚 性	胶着 性/g
XMM	283.3±14.1	1.9±0.1	381.5±16.5	2.5±0.2	1.3	447.6
TDM	330.4±14.9	2.0±0.2	444.0±16.2	2.7±0.3	1.3	520.3
WFM	651.8±14.6	3.6±0.2	1 069.5±97.0	5.6±0.5	1.6	1 412.3
TFS	210.3±14.5	1.2±0.1	247.2±13.6	1.4±0.1	1.2	268.8

2.4 熟粉结构 SEM 观察

米粉的制作过程中,淀粉、纤维、蛋白质等固形物成分在水中受热时,它们与水分子发生一系列复杂的相互作用^[3]。原有的组织结构被破坏、分子溶解甚至分解、重新排列,在常温下形成一种相对稳定的新结构。在干燥去除水分的工程中,网络结构相对均匀地整体收缩变成干制粉(生粉)。再煮熟时(复水过程),水分又进入到生粉组织的微空间结构中,生粉组织膨润、软化而变成熟粉,但进入的水分量受煮熟时间、成分特性、结构特性的制约。本研究将生粉在一定条件下煮熟,通过液氮瞬间冻结,冻干处理后进行了观察。

由图 3 可知,WFM 熟粉表面分布着密集的微孔,初步观测直径大约 0.1 μm 左右。其它 3 样品也表示了类似的形态和大小。也许米粉在制作过程中受机械或器具等的挤压、煮熟后的相互摩擦等影响,表面的组织结构发生了变形,不能观察到本来的结构特性。因此,必须观察米粉的内部组织。

由图 4 可知,熟粉断面呈现出直径大约 0.5~2.0 μm、无规则多边形蜂窝状微室结构。另外,还观察到米粉断面从边缘到中心部,微室尺寸逐渐变小的趋势,4 个样品都表示同样的规律。这可以理解为在煮熟时,水分进入粉条内部所要的时间较长,越靠近中心部进入的水分量越少,所以,形成的微室逐渐变小。同时还观察到与主体组织的微室结构明显不同的、大而圆的空洞。这也许是米粉制作过程,因粘稠的原料中封存了少量的空气造成的。因此,在制作过程中增加脱气处理工序或工艺,对提高米粉品质有重要的作用。由于试验条件的限制,本研究没有对样品间的微室结构、同一样品的不同部位的微室大小与室壁厚度等详细结构特性进行定量测量,有待今后进一步研究。

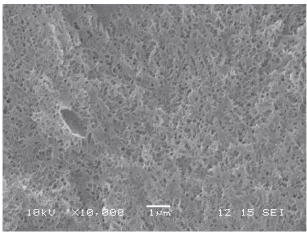


图 3 WFM 熟粉表面 SEM 照片

Figure 3 SEM photograph of surface of cooked rice noodles

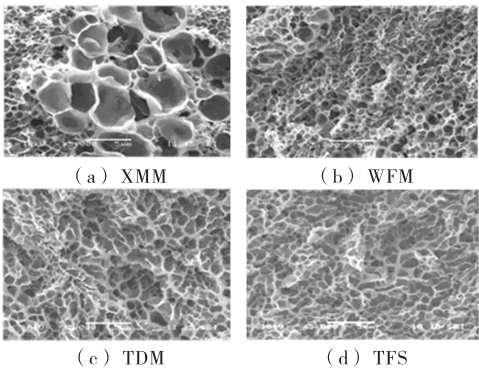


图 4 熟粉横断面 SEM 照片

Figure 4 SEM photograph of cross-section of cooked rice noodles(×5 000)

2.5 熟粉理化特性

由表 3 可知,熟粉的膨润势为 2.4~3.2 g/g;煮熟过程因粉条破损等原因产生的不溶物为 1.2%~2.6%;可溶物为 1.7%~5.6%;其中可溶性淀粉占生粉重量比为 1.6%~5.4%,样品间表示了明显的差异。4 个样品的膨润势的大小关系表示为 $WFM < TDM \approx XMM < TFS$,不溶物的大小关系表示为 $TFS < XMM < WFM < TDM$,可溶物与可溶性淀粉的大小关系都表示为 $TFS < WFM < XMM < TDM$ 。

米粉因工艺产生的品质差异与上述熟粉质构分析参数表现了较好的一致性 or 趋势对应关系。XMM、TDM、TFS 的可溶物几乎是来源于可溶性淀粉,这或许是在挤压、熟化、

结构重组过程中,一部分分子量较小的直链淀粉被挤出核心组织结构,变得相对自由的缘故。此外,XMM 和 TDM 的主要物性指标膨润势基本相同,高于传统工艺米粉 WFM。这些结果进一步证明了螺杆挤压工艺对米粉口感品质的改良作用。

2.6 米粉理化指标间的相互关系

为了把握米粉理化特性间的内在联系,分析了主要理化特性指标间的相关性见表 4。由表 4 可知,从生粉之间的关系看,断裂性与断裂功之间呈正相关($r=0.84$)。从生粉与熟粉的关系看,大多数指标之间呈负相关性。生粉断裂性与熟粉内聚性、胶着性之间相关系数绝对值大于 0.7;生粉断裂功与熟粉内聚性、胶着性、可溶物、可溶性淀粉之间相关系数绝对值大于 0.6;生粉断裂变形与可溶物、可溶性淀粉之间相关系数绝对值大于 0.8。但生粉断裂性($r=0.85$)、断裂功($r=0.90$)分别与熟粉膨润势之间表示了较大的正相关性。从熟粉之间的关系看,内聚性与胶着性之间具有绝对的正相关性($r=1.0$);膨润势与内聚性、胶着性、不溶物之间分别有较大的负相关性,相关系数绝对值大于 0.8。从成分之间的关系看,不溶物与可溶物之间($r=0.93$)、可溶物与可溶性淀粉之间($r=0.91$)分别表示了较大的正相关性。

表 3 熟粉理化特性

Table 3 Physicochemical properties of cooked rice noodles (n=6)

样品	膨润势/ (g · g ⁻¹)	不溶物(干 基)/%	可溶物(干 基)/%	可溶性淀粉 (干基)/%
XMM	2.7±0.2	2.0±0.1	4.1±0.3	3.9±0.2
TDM	2.7±0.0	2.6±0.1	5.6±0.3	5.4±0.3
WFM	2.4±0.1	2.3±0.1	3.6±0.2	2.0±0.1
TFS	3.2±0.2	1.2±0.0	1.7±0.1	1.6±0.0

表 4 米粉理化指标间的相互关系

Table 4 Relationship with physicochemical indicators

指标	生粉断裂性	生粉断裂功	生粉断裂变形	熟粉内聚性	熟粉胶着性	熟粉膨润势	不溶物	可溶物	可溶性淀粉
生粉断裂性	1.00								
生粉断裂功	0.84	1.00							
生粉断裂变形	-0.11	0.39	1.00						
熟粉内聚性	-0.84	-0.68	0.36	1.00					
熟粉胶着性	-0.78	-0.61	0.42	1.00	1.00				
熟粉膨润势	0.85	0.90	0.05	-0.91	-0.88	1.00			
不溶物	-0.44	-0.81	-0.54	0.53	0.49	-0.80	1.00		
可溶物	-0.21	-0.70	-0.81	0.19	0.14	-0.56	0.93	1.00	
可溶性淀粉	0.12	-0.43	-0.96	-0.22	-0.27	-0.18	0.70	0.91	1.00

3 结论

(1) 螺杆挤压工艺与传统工艺比较,不仅具有操作简便、节能、高效等优势,同时对米粉组织结构的形成和煮熟后的品质特性具有显著的改良作用。

(2) 添加 5% 的辅料对米粉的质构特性影响很小,而螺杆挤压工艺对米粉组织结构的影响作用相对较大。

(3) 米粉形成的无规则多边形蜂窝状水微室结构,与面包等粮食加工产品的气室结构在形态上明显不同,且尺寸小几个数量级。这种水室结构与气室结构的差异是由于形成原理不同造成的结果。

但本研究取得的数据有限,还不能对米粉品质形成机理进行较好的论述,有待今后进一步深入研究。

参考文献

1 梁兰兰,吴军辉,幸芳,等. 大米淀粉晶体特性对湿米粉质构的影响[J]. 中国粮油学报, 2013(6): 5~9.
2 周显青,张玉荣,李亚军. 植物乳酸菌发酵对米粉蒸煮和质构特性的影响[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2011(2):

15~18.
3 Tang Han-jun, Aado Hidomi, Mitsunaga Yieyasu, et al. Important role of starch in the freeze-thaw damage of Nama-An particles prepared from adzuki beans (*Vigna angularis*)[J]. Carbohydrate Polymers, 2005, 59(2): 197~204.
4 赵延伟,吕振磊,王坤,等. 面条的质构与感官评价的相关性研究[J]. 食品与机械, 2011, 27(4): 25~28, 39.
5 朱津津,潘治利,谢新华,等. 汤圆 TPA 质构特性测试条件的优化[J]. 食品科学, 2013(6): 171~174.
6 冯世德,孙太凡. 玉米粉对小麦面团和馒头质构特性的影响[J]. 食品科学, 2013(1): 101~104.
7 陈建省,郭启芳,崔金龙,等. 麦麸添加量和粒度对中国干面条质构特性的影响(英文)[J]. 食品科学, 2013(7): 92~98.
8 Godiksen H, Morzel M, Hyldig G, et al. Contribution of cathepsins B, L and D to muscle protein profiles correlated with texture in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)[J]. Food Chemistry, 2009, 113(4): 889~896.
9 贾艳华,杨宪时,许钟,等. 水分含量对软烤扇贝质构和色泽的影响[J]. 食品与机械, 2010, 26(3): 47~50.