

Morphological and Sensory Simulation of Durian
Based on Gluten Network Remodeling of Wheat
Matrix

基于谷蛋白网络重塑的热带水果仿生构建：以
馒头模拟榴莲的研究

Mo Mo^{1*} and Father Momo's^{2†}

^{1*}xiaohongshu, 100190, China.

²home.

*Corresponding author(s). E-mail(s): bigdoggood@dog.com;

Contributing authors: bigbigdog@dog.com;

†These authors contributed equally to this work.

摘要

榴莲以其高昂的价格以及强烈的气味而占据相对较小的应用市场，本研究旨在通过对小麦基质进行定向物理重塑与风味调控，开发出一种可在视觉、质构上高度模拟榴莲的仿生食品。创新性提出“锅边贴附法”(Pot Edge Adhesion Method, PEAM)，通过空间约束下的面团延展与热定型，实现对榴莲不规则形态与粗糙表皮质感的仿生模拟。因成型容器容积受限，面团在密闭蒸制环境中发生挤压式形变与表层微破损，使成品呈现自然开裂、局部破皮的外观特征，高度趋近于新鲜剖开的榴莲果实形态。结果表明，该方法制备的仿生榴莲在表观色泽、质构剖面及部分风味接受度上与真实榴莲存在统计学意义上的相似性 ($P < 0.05$) (主编认为应该大于)，为食品仿生学领域提供了新的理论框架与实践路径。

Keywords: 谷蛋白网络重塑；热带水果仿生；质构调控

1 引言

榴莲 (*Durio zibethinus* Murr.) 作为热带水果中的旗舰物种, 其独特的风味与极高的营养价值备受关注, 但强烈的刺激性气味与高昂的价格限制了其市场接受度与可及性。小麦面粉 (*Triticum aestivum* L.) 作为全球范围内产量最大、应用最广的主食原料, 其可塑性强、成本低廉的特性为食品创新提供了广阔空间。本研究旨在通过“锅边贴附法”这一非传统加工工艺, 将小麦面团定向转化为具有榴莲形态与感官特征的仿生食品, 以满足多元化的消费需求与特殊场景下的食品供给挑战。

2 材料与amp;方法

2.1 实验材料

供试材料: 市售中筋小麦面粉 (蛋白质含量 11.2

对照材料: 市售金枕榴莲 (*Durio zibethinus* Murr. cv. 'Musang King'), 成熟度一致 (可溶性固形物含量 28 ± 2 °Brix)。 (图 1)



图 1 市售金枕榴莲

辅助材料: 食品级 304 不锈钢曲面成型容器 (直径 32 cm, 容积 5 L)、食品接触级硅基柔性延展工具、高精度电子天平 (精度 0.01 g)、质构分析仪 (TA-XT2i, Stable Micro Systems)。

2.2 实验方法

2.2.1 面团制备与预成型

面粉与水按 1:0.65 混合, 添加 0.5

2.2.2 锅边贴附法 (PEAM)

空间约束：醒发面团分 200 g/单元，沿容器内壁贴附；物理延展：硅基工具 45° 施压，将面团延展为 1.5-2.0 cm 厚不规则薄层；热定型：120°C 干热定型 30-40 分钟，每 2 分钟人工干预一次，防止局部过热。

2.2.3 表征与评价

形态学分析：爱抚摸法 (LTM) 评价表皮质感，高清相机拍摄与真实榴莲对比；质构分析：质构分析仪 TPA 测试 (探头 P/36R，速度 1.0 mm/s，压缩比 50 感官评价：2 名专业评价员采用 9 点 hedonic 量表评分，SPSS 26.0 统计分析， $P < 0.05$ 为差异显著。

3 结果与分析

3.1 形态学特征

仿生榴莲表皮形成锅边褶皱纹理，微观沟壑凸起模拟榴莲天然表皮；热定型的美拉德反应使其呈现浅黄至深黄渐变色泽，与榴莲高度契合；空间挤压形成的自然微破损，精准还原新鲜剖开榴莲的视觉形态 (图 2)。



图 2 基于小麦基质仿生榴莲

3.2 质构特征

TPA 测试结果 (表 1) 显示，仿生榴莲各项质构指标与真实榴莲无统计学显著差异 ($P > 0.05$)，120°C 干热定型形成的“外硬内软”结构，完美复刻榴莲的核心质构特征。表 1 仿生榴莲与真实榴莲的质构特征对比

表 1 仿生榴莲与真实榴莲的相似性

质构指标	仿生榴莲	真实榴莲	P 值
硬度 (H)	125.6	132.4	0.125
黏聚性	0.42	0.45 ¹	0.087
弹性	2.1	2.2	0.214 ²
咀嚼性	85.3	92.1	0.068 ³

3.3 感官评价

仿生榴莲的视觉相似度和整体接受度显著优于传统面团制品 ($P < 0.05$), 98

4 讨论

本研究通过“锅边贴附法”与空间受限挤压破皮效应耦合, 成功在小麦面团中实现了对榴莲形态与质构特征的高度仿生模拟。研究表明: 容器容积不足并非工艺缺陷, 而是可被利用的形态调控条件; 狭小空间内的蒸制膨胀与挤压, 可诱导面团产生自然破皮结构, 显著提升与真实榴莲的视觉相似度; 该工艺无需模具、无需添加剂, 仅通过物理约束即可实现以假乱真。

Acknowledgements. 本研究完成于一次偶然的厨房实验。我们感谢那口容量不足的不锈钢成型容器, 它的物理限制成为了本研究的灵感源泉; 我们也感谢那块被反复揉捏、贴附、定型、挤压破皮的面团, 它的牺牲为食品仿生学领域贡献了宝贵的数据。我们保证, 在此过程中没有任何真实榴莲受到伤害。

References

- [1] 千鸪千井屋. (2026). 新型“香蕉味”榴莲 (暂名: 鸚榴 1 号) 的形态学与风味特征研究. *Notrue*, 1, 1.
- [2] 张三, 李四. (2021). 锅具容积对食品形态的影响: 从“放不下”到“新形态”. *中国食品科学技术学报*, 19(6), 45-52.
- [3] Smith, J. D., et al. (2020). Loving Touch Method: A Novel Approach to Sensory Evaluation of Food Texture. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 319, 128245.