

# 谷物品质分析专家-Mixolab 混合实验仪

唐晓锴 于卉

(法国肖邦技术中国分公司, 北京, 100038)

**摘要:** 本文介绍了谷物品质流变学特性分析仪器—Mixolab 混合实验仪的工作原理、使用方法、在面粉和其它谷物淀粉中的应用, 以及对粮油加工、食品工厂和科研单位等部门行业的指导作用。

**关键词:** Mixolab 流变学特性 热机械学特性 烘焙 蒸煮

谷物的流变学特性是指谷物及其制品表现出的流体力学和黏弹性, 是评定谷物品质的重要指标, 已被广泛地应用到谷物及其制品质量评价中。除蛋白质的数量和质量外, 小麦粉的淀粉特性, 尤其是淀粉糊的峰值粘度对面制品品质有重要的影响和作用。法国肖邦公司 (CHOPIN TECHNOLOGY) 开发的 Mixolab 谷物综合特性测定仪, 将面团粉质特性与淀粉糊化特性的测定结合为一台仪器。使用 Mixolab 混合实验仪一次检测就可以同时测定面粉的蛋白特性和淀粉糊化特性, 相当于揉混仪、粉质仪、粘度仪和糊化仪的“混合”, 适合于谷物及其产品的品质分析, 用于研究样品的蛋白质特性、淀粉特性、酶活性和添加剂特性及影响。Mixolab 混合实验仪是目前世界上最先进的、多功能的用于检测小麦、面粉、大米和其它谷物品质特性的设备, 适用于农业育种、粮食储存、粮油加工、食品厂和质检部门等行业。

## 1 Mixolab 混合实验仪原理

Mixolab 混合实验仪由揉面钵(配有两个揉面刀)、加水系统、温控系统组成, 测试完全由电脑控制, 并可进行校准和数据存储。在测试开始之前, 仪器进行自我校准, 以保证测力和温控系统在特定范围内运转。为了确保样品之间的可比性, 混合实验仪在 chopin+ 实验协议中, 水和后面团的重量为 75g (对应面粉质量大概为 50g), 目标扭矩为  $1.1\text{N} \cdot \text{m} (+/-0.05\text{N} \cdot \text{m})$ , 两个 S 形搅拌刀的转速为 80r/min。混合实验仪测定在搅拌和温度双重因素下的面团流变学特性, 主要是实时测量面团搅拌时两个揉面刀的扭矩变化。一旦面团揉混成型, 仪器开始检测面团在过渡搅拌和温度变化双重制约因素下的流变特性变化。在实验过程的升温阶段, 所获得的面团流变特性更加接近食品在烘焙及蒸煮工艺上的特性。混合实验仪标准实验的温度控制分为 3 个过程: (1) 8 分钟保持 30℃ 恒温阶段; (2) 加温阶段, 15 分钟内以 4℃/min 速度升温到 90℃ 并保持高温 7 分钟; 以及 (3) 降温阶段, 10 分钟内以 4℃/min 速度降温到 50℃ 并保持 5

---

**作者简介:** 唐晓锴 (1978—), 男, 硕士研究生, 研究方向: 谷物科学与工程

分钟，整个过程共计 45 分钟。

实验结束后可以获得 Mixolab 典型曲线图（如图 1 所示），图中各曲线段上的参数为：

C1(N·m)—揉混面团时扭矩顶点值，用于确定吸水率

C2(N·m)—依据机械工作和温度检测蛋白质弱化

C3(N·m)—显示淀粉老化特性

C4(N·m)—检测淀粉热糊化热胶稳定性

C5(N·m)—检测冷却阶段糊化淀粉的回生特性

$\alpha$ —30℃结束时与 C2 间的曲线斜率，用于显示热作用下蛋白网络的弱化速度

$\beta$ —C2 与 C3 间的曲线斜率，显示淀粉糊化速度

$\gamma$ —C3 与 C4 间的曲线斜率，显示酶解速度

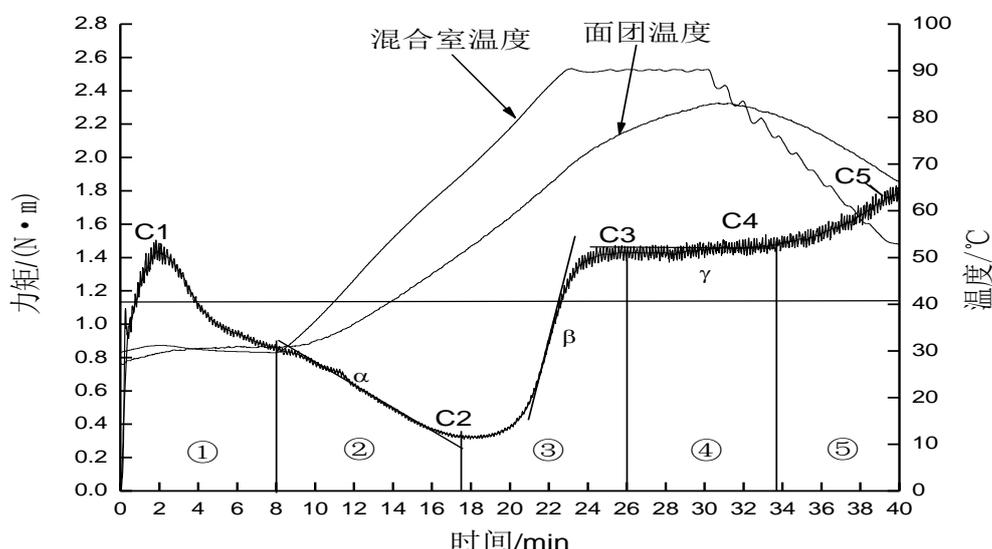


图 1 Mixolab 典型曲线图

Zone①-面团形成阶段（恒温，30℃）；Zone②-蛋白质弱化阶段；Zone③-淀粉糊化阶段；Zone④-淀粉酶活性（升温速率恒定）；Zone⑤-淀粉回生阶段

混合实验仪力矩曲线，表达了面粉从“生”到“熟”特性的大量综合信息，包括面粉的特性、面团升温时的特性、面团熟化时的特性以及面团中酶对面团特性的影响等，反映了蛋白质、淀粉、酶对面团特性的影响，以及它们之间的相互作用。

## 2 Mixolab 混合实验仪指数剖面图

混合实验仪同时还是一个为品质统计分析专家而做的温度变化设计，使获得的面团的流变学特性更加接近食品在蒸煮和烘焙各工艺的特性。通过混合实验仪可了解面粉的吸水率、

面团的形成时间、稳定时间、蛋白质的弱化、淀粉糊化特性、酶活性以及面团冷却时的老化回生特性(可预测产品的货架期)。

混合实验仪曲线的大量信息可用来全面、科学、直接地评价面粉面粉的完整特性（蛋白，淀粉和淀粉酶活性等），还能综合评价不同用途谷物淀粉的质量。2008 年，法国肖邦公司在大量实验数据的基础上，采用科学的数理统计方法，建立了混合实验指数剖面图(Mixolab Profiler)，使品控和研发工作变得更简单，这项创新获得 2008 年巴黎国际烘焙博览会创新优胜奖。

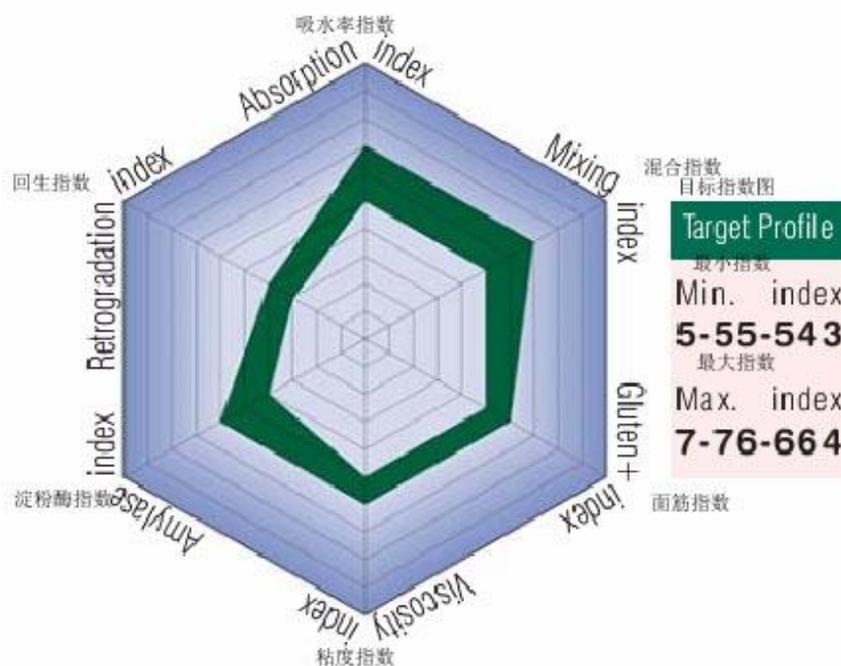


图 2 Mixolab 指数剖面图

混合实验仪剖面图（图 2 所示）是六角形的平面图，每个轴表示一个关键指标。六个关键指标分别是吸水率指数、揉和指数、面筋指数、粘度指数、淀粉酶指数和回生指数。每个轴分为 0 到 9 的刻度，可记录某种面粉在该指标的表现。如面粉 a: 555-543（图 2 黑色区域的内 6 边形），面粉 b: 776-664（图 2 黑色区域的外 6 边形）。也可以描述可接受面粉的范围，比如：从 555-543 到 776-664，图 2 里的黑色区域就是加工某产品全部合格面粉的区域。

对于某种特定的专用面粉如面包粉、饼干粉、馒头粉，首先要建立该面粉的“目标指数剖面图”，图 2 的黑色区域就是该“目标指数区间”。由于混合实验仪目标指数剖面图是针对不同用途面粉制定的，所以各种用途面粉目标指数剖面图“目标剖面区间”的形状也是不相同的。面粉生产厂家和食品加工企业可以根据实际生产的需要，建立专用粉的目标指数剖面图，这有利于它们对专用粉做更完善和有效的质量监控。

对研发工程师，为更好使用 Mixolab 指数剖面图可依据以下关键步骤：①根据面粉的用途，创建或选择现有的目标指数剖面图；②使用混合实验仪测定一个面粉的各个指数值并将结果

与选择的目标指数图比较；③接受、改善或重新定位面粉用途。如果测试的面粉指数值只有部分落在了目标指数范围内，“混合实验仪向导”(Mixolab Guide)将根据面粉与目标图偏离情况，为改善这个面粉的特性提供建议。“混合实验仪研究工具”(Mixolab Research Tool)可以帮助在数据库中寻找与这个面粉特性最为接近的剖面图，从而指导重新定位面粉的用途和最终客户。

### 3 Mixolab 混合实验仪应用

自 2005 年肖邦的混合实验仪推广上市以来，产品已遍布全球，其良好的综合应用性能及精准的检测结果获得行业内专家的广大好评。Mixolab 混合实验仪标准实验协议已成为国际谷物协会 ICC173 和美国国际谷物化学家协会 AACCC54-60.01 标准。同时，混合实验仪也逐渐在世界上拥有了广大用户群体，目前混合实验仪已在包括美国、加拿大、澳大利亚、中国等世界 20 多个国家得到应用。其应用领域包括：小麦育种、水稻育种、质量评价、面粉加工、添加剂应用、食品生产、质量控制、新产品研发和其它谷物科学研究等方面。

#### 3.1 粉质仪模拟功能

为了满足一些使用布拉本德粉质测定仪 (Farinograph) 客户的需求，Mixolab 混合实验仪特别设计了粉质仪模拟功能，使用软件模拟技术把混合实验仪测定结果转化为布拉本德粉质测定仪 (Farinograph) 测定结果。也就是说，用混合实验仪代替粉质仪 (Farinograph) 进行测定。

为了证明混合实验仪模拟功能测定结果的可信度，肖邦公司的混合实验仪参与了 BIPEA (法国行业分析研究局，其任务是组织实验室间进行比较实验，现有近 1000 名成员，参与过世界各地 2200 多项专业实验) 组织的 25 届国际“粉质仪巡检”。实验收集了 2003, 2004, 2005, 2006 年面粉样品 30 个，由世界各国实验室共同进行测定。结果显示粉质仪四个指标中，混合试验仪测定的结果都在 BIPEA 可接受的允许误差之内，同时测定值都十分接近 BIPEA 的平均值。通过 BIPEA 组织的“粉质仪巡检”结果说明：混合实验仪模拟功能测定的结果是正确的、可信的。

实际上，世界各地 Mixolab 使用者正在从中获得关键数据。Tamara 等<sup>[1]</sup>在对面粉品质控制时，研究了使用 Mixolab 对传统流变学仪器的可替代性。经过对比实验，指出 Mixolab 和传统流变学测定仪器 (粉质仪和粘度仪) 在面粉吸水率和面团形成时间具有相当显著的相关性，在稳定时间、弱化度和粘度峰值方面也具有非常好的相关性。最后得出结论，在对小麦和面粉质量控制时，使用 Mixolab 具有非常高的可靠性，并且获得比传统方法更多有用的信息。

#### 3.2 混合实验仪在谷物中的应用

Mixolab 具有三种实验模式：标准实验模式 (Mixolab Standard) 可以让研发部门获得全面而详尽的原料信息；模拟粉质仪实验模式 (Mixolab Simulator) 可以让实验者获得与粉质仪做比较的数据；剖面图实验模式 (Mixolab Profiler) 可以让制粉加工者更好地控制原料质量、选择决定面粉的用途和如何安全有效地改善面粉。

用 Mixolab 测定面团在恒温及升温和降温过程中的特性变化,可以了解蛋白质特性和面包烘焙品质的关系,还可明确淀粉品质对面包品质的影响。张艳、王彦飞等<sup>[2]</sup>在研究 41 个不同硬度的小麦样品时利用 Mixolab 曲线中显示的形成时间、稳定时间、面团受热后蛋白质弱化值(C2 值)和到达淀粉糊化反弹值的时间(C4 时间)来预测粉质仪和拉伸仪的品质参数,结果显示面包的体积、外观、质地、弹性、结构和总分与 Mixolab 参数具有极显著相关关系。江南大学王晓艳等<sup>[3]</sup>在研究大豆纤维粉和玉米抗性淀粉在高膳食纤维面包中的应用时,使用 Mixolab 分析了高膳食纤维面团的热机械学和面包的烘焙特性,以及面团加热冷却过程中蛋白质网络和淀粉性质。Marco 和 Rosell<sup>[4]</sup>在对面粉添加不同量大豆蛋白时,使用 Mixolab 研究了其对面包烘焙特性的影响。Kim Yangsoo<sup>[5]</sup>等在研究自发酸面团对南方馒头的影响时,使用了 Mixolab 分析了其对面团蒸煮特性的影响。

当面粉中添加了不同品质的改良剂时,用 Mixolab 可以使其对面团的流变性特性方面的影响凸显出来,让品质分析人员更多地了解面团性能的变化。张清等<sup>[6]</sup>用 Mixolab 研究了 Vc 不同添加量对面条品质的影响,表明 Vc 能明显影响到面团的流变学特性。闫舒琴等<sup>[7]</sup>在研究马铃薯原淀粉、羟丙基淀粉等四种作为增稠剂的亲水胶体对小麦淀粉、面筋蛋白特性及面条品质影响时,使用了 Mixolab 混合实验仪测定了面团淀粉特性及面筋蛋白特性,并获得了四种增稠剂的最佳添加量。西班牙研究者 Rosell<sup>[8]</sup>采用 Mixolab 混合实验仪研究了不同亲水胶体对小麦粉面团热机械学特性的影响。舒畅和沈群<sup>[9]</sup>研究了花生蛋白粉对小麦粉品质的研究,并使用 Mixolab 混合实验仪记录了不同添加量下面团的蛋白弱化和淀粉糊化过程,观察了不同添加量下面筋筋力和弱化效果。Luliana Banu 等<sup>[10]</sup>使用 Mixolab 研究了 10 个面粉样品及不同添加剂(真菌 $\alpha$ -淀粉酶,真菌半纤维素酶,真菌木聚糖酶)的使用时面团的热机械学特性及流变学特性之间的关系。并与拉伸仪的结果做了比较。实验结果表明,从 Mixolab 获得的参数与烘焙品质具有显著相关性, $\beta$ 值、C2、C3 和 C4 都与面包的体积具有正相关。并最终认为, Mixolab 可以提供面包制作过程中所需的品质参数,包括从面团的制作到淀粉老化。糖作为很多烘焙食品的一种成分应用,与面团的吸水率和产品的货架期有一定的影响。Srefan cel Mare<sup>[11]</sup>在研究往面粉中加入蔗糖时对产品面包的影响时,使用 Mixolab 评估糖对与面团流变学特性的影响,确定了最佳蔗糖添加量。

Mixolab 混合实验仪具有非常广泛的分析能力,可以对所有品种的谷物、各类淀粉或全粉进行实验。在研究小黑麦粉、黑麦粉、大麦粉、米粉、玉米淀粉及其混合粉(不同量与小黑麦粉混合)实验中, Martins 等<sup>[12]</sup>使用了 Mixolab 研究了这些粉的面团流变特性和酶活特性,其目的是利用 Mixolab 来代替粉质仪、降落数值仪和 RVA 来测定不同谷物及其淀粉的面团流变特性,获得相关的蛋白质弱化和淀粉糊化特征。Mixolab 还可以对燕麦的流变学特性进行评估。Weining Huang 等<sup>[13]</sup>使用 Mixolab 研究了燕麦粉中添加谷氨酰胺转移酶时的热机械学和流变学特性,结果表明了该酶对燕麦面团的吸水率、蛋白质品质和蒸煮品质的影响。江南大学王凤等<sup>[14]</sup>采用 Mixolab 研究添加面筋蛋白、大豆蛋白、蛋清蛋白等不同量外源蛋白对燕麦面团热机械学和流变学特性的影响,获得了不同蛋白不同添加量下的燕麦面团吸水率、形成时间、稳定时间以及淀粉糊化特性和蛋白质的弱化情况。

## 4 总结与展望

对于制粉公司的整个制粉过程,从小麦收购到不同等级面粉的发货,都可以使用 Mixolab,以帮助选择高质量的小麦、快速检测以更好地预测谷物质量、进行正确的小麦搭配或面粉混合以满足客户的不同需求、通过观察蛋白质的变化和对质量的全息图像可以控制制粉过程、对面粉进行合理有效的面粉品质改良、确定面粉的最终用途。对烘焙厂家,使用 Mixolab 可以帮助监控原料质量、减少原料的损失、指导提高产品质量、满足客户和市场需求,确定最佳配方和加工程序。

Mixolab 混合实验仪使用者可以根据不同的谷物种类、实验的目的和测定的要求自行设定测定条件,如目标扭矩、搅拌速度、升温降温速率、最高温度、测定时间等。仪器具有调节各种测定条件的功能,以满足使用者的需求,混合实验仪是具有广泛应用范围和有开发前景的仪器。

### 参考文献

- [1] Tamara Dapcevic, Miroslav Hadnadev, Milica Pojic. Evaluation of the possibility to replace conventional rheological wheat flour quality control instruments with the new measurement tool-Mixolab(J). Agriculture Conspicuous Scientificus, 2009,74(3):169-174.
- [2] 张艳, 王彦飞, 陈新民, 等.Mixolab 参数与粉质、拉伸参数及面包烘焙品质的关系(J).作物学报,2009,35(9):1738-1743.
- [3] 王晓艳, 王宏兹, 黄国宁, 等.高膳食纤维面团热机械学及面包的烘焙特性(J).食品科学, 2011, 32(13): 78-83.
- [4] Marco C, Rosell C M. Breadmaking performance of protein enriched, gluten-free breads(J). European Food Research and Technology, 2008, 227:1205-1213.
- [5] Kim Yangsoo, Huang Weining, Zhu Huiyan, etc. Spontaneous sourdough processing of Chinese northern-style steamed breads and their volatile compounds(J).Food Chemistry, 2009, 114(2):685-692.
- [6] 张清, 王鑫, 沈群.Vc 对面团品质的影响(J).食品研究与开发, 2010, 5(31): 44-47.
- [7] 闫舒琴, 周一虹, 沈群.四种亲水胶体对小麦淀粉、面筋蛋白特性及面条品质的影响(J).食品研究与开发, 2011, 3: 63-67.
- [8] Rosell C M, Collar C, Haros M. Assessment of hydrocolloid effects on the thermo-mechanical properties of wheat using the Mixolab(J).Food Hydrocolloids, 2007, 21:452-462.
- [9] 舒畅, 沈群.花生蛋白粉的功能特性及对面粉品质的影响(J).食品工业科技, 2010, 2: 160-162
- [10] Lulilana Banu, Georgeta Stoenescu, Violeta Ionescu, etc. Estimation of the baking quality of wheat flours

based on rheological parameters of the Mixolab curve(J). Food Science, 2011, 29(1):35-44.

[11] Stefan cel Mare. Effect of sucrose on the Mixolab, alveograph characteristics and breadmaking properties of strong wheat flour(J). Lucrari Stiintifice, 51:97-105.

[12] Martins Sabovics, Evita Straumite, Ruta Galoburda. Assessment of the rheological properties of flour using the Mixolab(C). Foodbalt, 2011:33-38.

[13] Weining Huang, Lingling Li, Feng Wang, etc. Effects of transglutaminase on the rheological and Mixolab thermomechanical characteristics of oat dough(J).Food Chemistry, 2010, 121: 934-939.

[14] 王凤, 黄卫宁, 刘若诗, 等.采用 Miolab 和 Rheometer 研究含外源蛋白燕麦面团的热机械学和动态流变学特性 (J) .食品科学, 2009, 30 (13): 147-152.