

啤酒和麦汁的一体化解决方案

优化酿造工艺——密度，粘度，浊度，色度，
酒精度和pH——一次测量循环，一个样品



1 引言

用于啤酒厂和酿造科学的质控，性能检测，研发和食品安全检测的几个参数如：密度，粘度，酒精度，浊度，pH和其他参数如原浓，真浓，发酵度，卡路里和色度等，均可使用安东帕一体化解决方案进行测量，且所有的结果的测量均由一个样品一次测量循环完成。

2 麦芽和啤酒的制造

制作啤酒的基本工艺非常简单——酒厂使用水和大麦制造一种变甜后的液体，叫做麦汁，它经过捣碎和酵母发酵后富有香味，但实施过程是高度精密复杂的。

发酵过程的各个阶段是：

- 糖化
- 粉碎
- 糊化
- 煮沸
- 冷却
- 发酵
- 啤酒成熟期
- 过滤(完成)
- 罐装

3 糖化和酿造期间的质控

糖化和酿造中的质控包括原材料，麦芽的特征和所有最终成品酒前的中间产物。

3.1 糖化期

关于麦芽的最重要特征之一是糊化过程的表现和它是否能够很好地将其组分转化至可发酵的糖。

为了确定具体麦芽的性能，欧啤协法麦芽汁的测量是通用的方法。实验室麦汁是在标准环境下生产的（根据EBC欧洲啤酒公约的规定使用固定的温度和搅拌条件）。欧啤协法麦汁生产出后，通过分析密度，pH，粘度和色度来测得综合的质量和修饰的程度。

密度决定麦汁的浓度，而粘度直接与修饰度，溶解性，理想的过滤时间，啤酒的过滤性，泡沫稳定性，啤酒的口感相关，对产品质量和生产效率具有直接影响。色度和pH提供产品质量，口感和成品外观的额外信息。

3.2 酿造期

在啤酒的生产过程中，密度，粘度，pH，色度和酒精度的分析也在下面几个过程中实施：煮沸，发酵，混合，过滤和罐装。

煮沸

通过密度，了解煮沸锅中提取物的浓度，可以降低煮沸时间，提高啤酒厂的效率和产量。麦汁粘度直接影响加工效率。麦汁pH分析也有助于确保产品质量，提高外观和整体的风味质量。

发酵

密度是跟踪整体发酵过程监控发酵速度的简单方法。发酵过程中的pH值也是确保连续生产质量和风味的有效指标，为调整配方做准备。浊度用于监控冷淀积，综合啤酒可滤性和最终产品质量。

混合和过滤

准确测量酒精度，浓度，色度和浊度是快速，明显地提高产品质量，连续性和生产效率的前提。啤酒的粘度提供如可过滤性等信息。

成品酒

最终产品的质量是客户在每次开瓶前看到和感受到了什么。这是瓶装产品出厂前最后也是最终的检查。酒精含量的大小是确保啤酒符合标签标注的酒精含量，建立纳税基础的必要条件。

4 仪器



图 1 包含Xsample 122 - DMA 4500M - AlcoLyzer Beer ME - HazeQC ME - Lovis 2000 ME 和pH*的一体化水平设计

*除了配备完整的测量系统外，还提供了上述模块的次级配置。

4.1 Xsample 122

一个触摸按钮，即可使用自动进样器Xsample122将样品注入DMA M密度计。容易操作且自动填充样品，确保了测量结果的高精确度和可靠性。测量完成后，测量池可由下个样品填充(代替前一针样品)，也可使用洗液填充。即插即用式样品进样单元具有模块化设计，使它与M系列的仪器安装非常容易。



图 2 Xsample 122

4.2 DMA 4500 M 密度计

DMA 4500 M通过U-型管传感器的震荡来测量密度。通过这些测量，以最准确的方式得到密度值，且包含粘度修正。



图3 DMA M密度计

4.3 啤酒分析模块

啤酒分析模块使用专利技术，选择性测量酒精：使用专门研发的、高度稳定的、高分辨率的光谱仪和适合的换算方法，评估出一个较窄的、高酒精选择性的近红外光谱的范围。

在这特殊的光谱范围内，啤酒的其他成分影响非常微小，使酒精分析模块可以得到极为准确的酒精结果。

由于高度选择性和线性，该测量方法仅需要水和酒精/水混合液校正。与密度测量相结合可计算所有啤酒相关的参数，如原浓，发酵度和卡路里。

该测量方法已经根据EBC和ASBC标准由MEBAK检查并通过。



图 4 酒精分析模块

4.4 HazeQC ME浊度测量模块

安东帕的浊度计使用经过认可的比例的方法，在三个角度进行测量(0°透射光，25°和90°散射光)以计算浊度值。测量波长为650 nm。

安东帕的浊度计可集成于现存的主机为M系列的测量系统中。使用进样器可实现完全自动进样和测量。主机控制包含浊度计的整个系统。



图 5 HazeQC ME浊度测量模块

4.5 Lovis 2000 ME微量粘度计模块

Lovis 2000 ME微量粘度模块是滚球式粘度计，根据郝普勒的落球原理测量小球经过透明和不透明液体的滚动时间。结果用于计算相对、动力或运动粘度（假设密度值已知）。

三个感应式传感器测量毛细管内的金属球的滚动时间。

Lovis 2000 ME微量粘度计模块根据下列公式由滚动时间(t_1)计算动力粘度(η)。

$$\eta = K_1 * (\rho_B - \rho_S) * t_1$$

K_1 系统的校正常数

ρ_B 球密度 (g/cm³)

ρ_S 样品密度 (g/cm³)

t_1 球的滚动时间 [s]

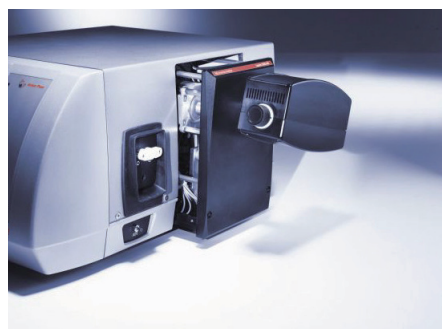


图 6 Lovis 2000 ME 微量粘度计模块

4.6 pH ME测量模块

与商业有售的pH电极结合测量。

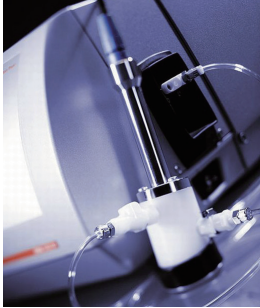


图 7 pH 测量模块

5 实验

5.1 样品处理

测量前，有必要将样品完全去气以保证没有气泡影响下面的测量。根据MEBAK进行去气处理。

第二步，将啤酒样品经硅藻土过滤。含麦芽的样品还需使用5 μm的微孔过滤器进行额外的过滤，因为对接下来的测量，该样品的浊度过高。

在每一步中，务必小心进行以阻止酒精挥发。

5.2 安装

对于安装的详细信息请参考Lovis 2000 M/ME的说明书。管路按压力进样的描述进行连接，对多模块组成的泵距离较长的系统来说，这是降低气泡形成的最好办法。

酒精分析模块作为密度计后安装的第一个模块，是为了避免测量池内形成气泡。因为测量池的几何形状，pH模块被放在系统的最后。

5.3 进样

系统使用进样器Xsample 122自动填充样品。为了避免可能的交叉污染，测量池里填充尽可能多的样品量。

进样设置：

- 进样模式 "Forward Only"
- 进样时间: 90 s
- 进样速度: 130 %

5.4 校正

所有在用的仪器除主机外均需要在测量前根据说明书进行校正。DMA 4500 M在出厂前已经校正过。

5.5 清洗

为了确保所有仪器的正常功能和准确度，测量池需要彻底的常规清洗。

为了洗掉啤酒或麦汁样品的蛋白沉淀，使用Mucasol洗液。这是市场上有售的实验室洗液，有助于清洗蛋白质残留。因为Mucasol可能损伤玻璃表面，所以所用浓度不得高于3%。要额外小心操作以避免产生气泡。由于这两个原因(玻璃腐蚀和气泡)，Mucasol清洗过后，必须使用水彻底清洗干净，使用下列清洗顺序可达到最佳的清洗效果：

1 瓶 Mucasol®, 2 瓶水, 1 瓶酒精, 2 瓶水

5.6 测量设定

DMA 测量设定

- 预测量
- 测量温度: 20 °C

酒精分析模块的测量设定

- 测量方法: Beer

浊度测量设定

- 稳定性: Medium Accuracy
- 测量温度: 20 °C

Lovis 测量设定

- 测量角度: 60°
- 测量温度: 20 °C
- 测量循环: 4
- 测量距离: Long
- 测量方法"标准"

5.7 测量

Xsample自动进样器里放置3瓶啤酒，3瓶水，然后再放3瓶啤酒，3瓶水，...进样器总共包含4组连续的三杯啤酒，交替4组连续的三杯水(=24瓶)。使用这个方法，检查可能的交叉污染（由水到啤酒和由啤酒到水）和重复性。

6 结果

6.1 可能的交叉污染检测

使用粘度测量，检查由啤酒到水和由水到啤酒带来的可能的交叉污染，样品为两组连续的三杯啤酒和两组连续的三杯水。

样品	动力粘度 [mPa.s]	与下针样品的偏差 [%]
啤酒	1.6391	0.0793
啤酒	1.6404	0.0305
啤酒	1.6399	
水	1.0113	0.1088
水	1.0124	0.0099
水	1.0123	
啤酒	1.6395	0.0366
啤酒	1.6401	0.0122
啤酒	1.6403	
水	1.0117	0.1680
水	1.0134	0.0592
水	1.0128	

表1: 交叉污染对粘度值的影响非常小，可忽略不计

使用酒精度和密度测量，检查由啤酒到水和由水到啤酒带来的可能的交叉污染，样品为两组连续的三杯啤酒和两组连续的三杯水。

样品	酒精 [%]	密度 [g/cm³]
啤酒	5.10	1.00814
啤酒	5.10	1.00813
啤酒	5.10	1.00814
水	-0.01	0.99822
水	-0.01	0.99822
水	-0.01	0.99822
啤酒	5.10	1.00813
啤酒	5.10	1.00813
啤酒	5.10	1.00813
水	-0.01	0.99823
水	-0.01	0.99822
水	-0.01	0.99822

表2: 对酒精度和密度值没有交叉污染的影响

6.2 重复性

下表的每个值都是三瓶样品测量的平均值

样品	平均动力粘度 [mPa.s]	平均变差系数 [%]	平均运行时间 [s]	平均Fw/Bw偏差 [%]
啤酒	1.640	0.026	23.159	0.195
水	1.012	0.016	14.271	0.096
啤酒	1.640	0.016	23.161	0.190
水	1.013	0.013	14.280	0.102
啤酒	1.641	0.010	23.169	0.155
水	1.013	0.008	14.283	0.108
啤酒	1.640	0.018	23.161	0.140
水	1.016	0.023	14.332	0.112

样品	平均酒精度 [%]	平均密度 [g/cm³]	平均浊度 [EBC]	平均 pH
啤酒	5.10	1.0081	5.96	4.13
水	-0.01	0.9982	-0.11	4.88
啤酒	5.10	1.0081	5.76	4.14
水	-0.01	0.9982	-0.11	4.83
啤酒	5.09	1.0081	5.71	4.14
水	-0.01	0.9982	-0.11	4.81
啤酒	5.08	1.0082	5.80	4.14
水	-0.01	0.9982	-0.10	4.87

样品	酒精度的 标准偏差 (% v/v)	密度的 标准偏差 (g/cm³)	浊度的 标准偏差 (EBC)	pH值的 标准偏差	粘度的标准偏差 (%)
啤酒	0.011	0.000012	0.092	0.000	0.032
水	0.000	0.000005	0.005	---	0.231

7 总结

各个模块均可被无气泡填充，测量结果显示对粘度有微小可忽略不计的交叉污染，对酒精度和密度无交叉污染。所有参数均具有很好的重复性。当使用该应用报告所演示的模块时，仅需要添加非常少的管路材料，降低样品体积。此外，可以很容易地降低模块的数量。

8 附录

有关仪器和仪器设置的更多详细信息请参考Lovis 2000 M/ME的说明和产品描述列表。