

应用报告

应用报告编号: AR275
行业: Food, Beverages
作者: SMO, FT, TW
日期: May 2015



方法: 

DFA100 with Foam
Structure Module – FSM

关键词: 饮料, 啤酒, 泡沫, 泡沫稳定性, 起泡性

与 CO₂ 含量无关的不同类型啤酒的泡沫行为比较

脱气啤酒泡沫性能、泡沫稳定性及泡沫结构分析

长期以来, 啤酒的化学分析和质量检测主要集中在广受欢迎的饮料生物稳定性方面。然而, 近年来的研究重点已经发生了变化: 啤酒行业在啤酒的保质期方面制定了高而可靠的标准, 研究和质量保证越来越侧重于享受感觉体验。在这方面, 啤酒泡沫的形成、稠度和稳定性等因素得到了优先重视。

啤酒泡沫是由它所含的天然表面活性剂和在酿造过程中作为反应产物形成的二氧化碳 (CO₂) 结合而成。后者唯一使用额外二氧化碳的时间, 是在桶装过程中用以产生必要的压力。这项研究为分析起泡物质对泡沫性能和泡沫稳定性的影响, 提供了一种独立于二氧化碳含量的可能性。为此, 对啤酒类型 Pils、清麦啤酒和德国地方特产啤酒 Kölsch 的泡沫高度和泡沫结构进行了测定, 并在测定前去除了 CO₂。分析表明, 标准化测定的啤酒样品的泡沫行为, 与桶装啤酒的性能有很大的差异。在我们的研究过程中, 特别是 Kölsch 啤酒的行为, 在冲击时只会起泡一点, 这是一个非常令人惊讶的因素。

背景

酒中的蛋白质是产生泡沫的原因。这些物质具有表面活性，因此导致泡沫片层的形成和稳定。然而，比较泡沫形成物质对不同类型啤酒及制造业的泡沫行为的影响并非那么简单。原因在于酿造过程和参与形成泡沫的蛋白质的期间的二氧化碳 (CO₂) 含量不同。

同样，泡沫稳定性不仅取决于蛋白质含量，也会受到二氧化碳的影响，因为其可溶解于泡沫层所含的水中，从而加速泡沫的衰减。另一方面，由于流体体积因素而产生了更多的起泡也起到了一定的稳定效果。为了使我们能够更好地研究起泡物质的特性，我们首先移除了样品中的二氧化碳，以排除这些不可控因素的影响。

为了测量，我们通过鼓气的方式在脱气样品中产生泡沫，为了排除气体溶解造成的快速失稳，我们利用空气进行起泡。这确保了不同类型啤酒的起泡性和泡沫稳定性的差异只与液体的成分有关。

实验部分

啤酒类型分析

分析了三种不同酿造工艺生产的淡啤酒：一个清麦啤酒、一个 Pils 和一个 Kölsch。



图 1：测量的啤酒类型：Paulaner Weißbier kristallklar、Holsten Pilsener 和 Reissdorf Kölsch

类型主要不同于谷类麦芽（小麦或大麦）和使用的酵母（顶部或底部发酵的）：

标签.1：啤酒样品调查

	小麦酒	Pils	Kölsch
品牌	Paulaner Weißbier	Holsten	Reissdorf
发酵	top-fermented	bottom-fermented	top-fermented
谷麦	小麦	大麦	大麦

这些啤酒未脱气时的起泡行为众所周知：小麦啤酒和 Pils 形成大量稳定的泡沫，而 Kölsch 倾向于只稍微起泡且泡沫不稳定。

实验准备

在脱气过程中，三种啤酒分别通过装有空气的真空泵抽气阀转移到提取二氧化碳的装置上，这个过程重复了很久，啤酒几乎完全脱气了。测量中，每个样品取 50 毫升，通过注射器加入到动态泡沫分析仪 DFA100 的样品筒中。

啤酒以一种可控的方式发泡，即将空气通过滤板鼓入测量柱，软件控制鼓气时间为 20s，流速为 0.3L/min，测量温度为 25°C。

DFA100 通过对泡沫柱高度随时间的变化的监测来测量泡沫的起泡性和泡沫稳定性，这是通过 LED 灯柱和测量柱上不同位置的光电探测仪条来实现的。起泡性是根据起泡过程中的最大高度和泡沫随时间衰减的稳定性来计算的。半衰期作为一个特征参数，除了总曲线级数外，还可以用来对几个样品进行比较。

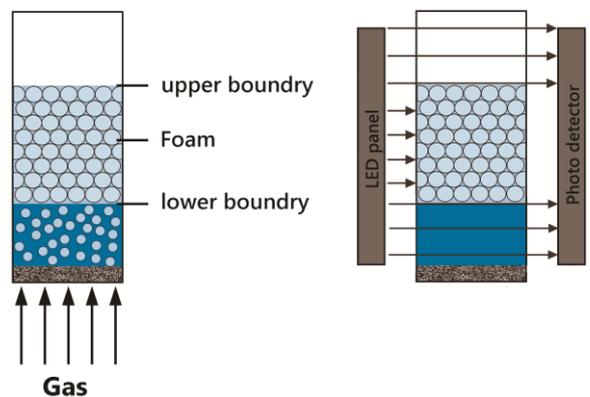


图 2：动态泡沫分析仪 DFA100 测量发泡性和泡沫稳定性的原理

为了确定再现性，每种啤酒至少进行两次测量

泡沫结构模块-FSM 用于同时测量泡沫高度和泡沫结构分析。这个模块有一个特殊的装有棱镜的测量柱，并通过摄像机捕捉玻璃柱上的泡沫图形，由视频图像分析方法分析泡沫结构及其随时间的变化及泡沫的大小和数量

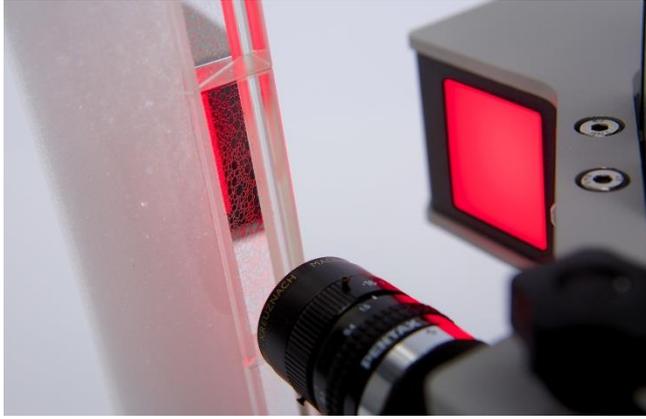


图 3：泡沫湿润棱镜的相机视图泡沫结构模块-FSM

结果

测量曲线的再现性

重复测量显示非常好的高度曲线的再现性，如下所示例子清楚地表明了这一点。上曲线表示测量的总高度，较低的曲线表示泡沫下面液柱的高度。

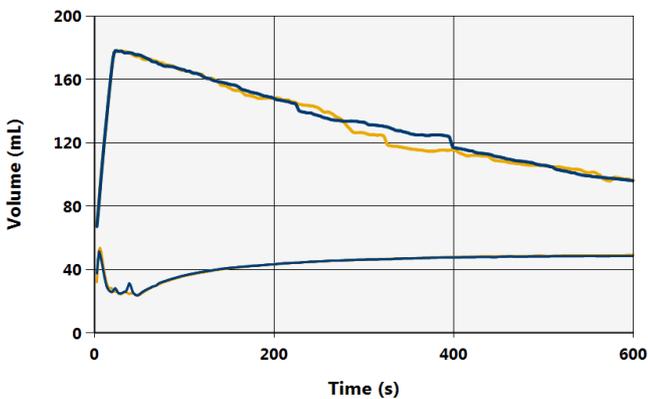


图 4：示例 Holsten Pilsener：最大泡沫体积和衰减（上曲线）以及泡沫柱下液体体积的变化（下曲线）可以很好地再现。

起泡性

就起泡性而言，样品之间几乎没有差异，可以通过最大泡沫高度看到只有微小差异（图 5）

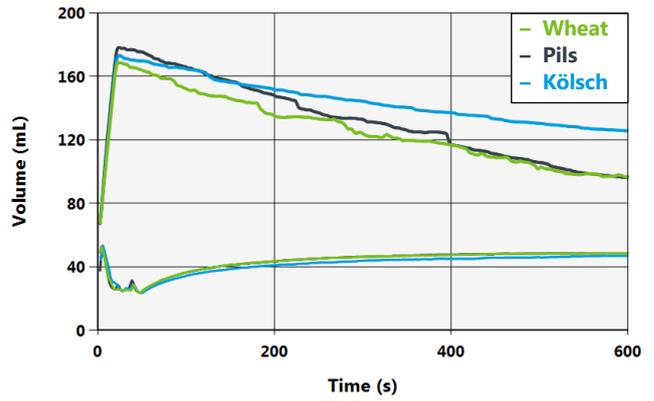


图 5：泡沫总体积随时间变化的过程

这些测量结果并没有反映出众所周知的小麦啤酒的高起泡性和低起泡性。因此，可以得出结论：未经预处理的啤酒的不同起泡性能与不同的二氧化碳含量有关，而二氧化碳含量对脱气样品没有影响。

泡沫稳定性

脱气样品的稳定性和具有二氧化碳的啤酒的性质偏离较大，里最引人注目的结果是 Kölsch 啤酒，其泡沫柱下降速度比其他类型的慢（见图 5），这也可以在描绘半衰期的柱状图中看到（图 6），其中，Kölsch 的半衰期大约是其他类型半衰期的两倍。

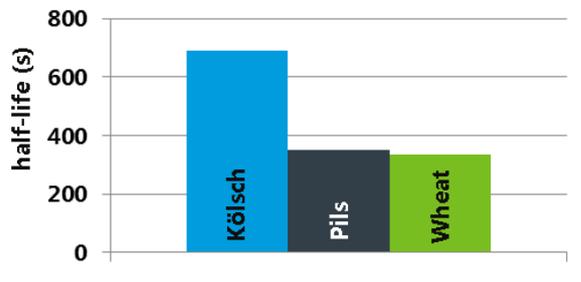


图 6：泡沫高度半衰期

因此可以得出结论：Kölsch 啤酒中的表面活性剂对泡沫层有很好的稳定作用，Kölsch 啤酒开发后泡沫快速衰减的主要原因是二氧化碳的影响。

泡沫结构

一般来说，泡沫的衰减是形成大气泡和小气泡消失同时发生的气泡大小的变化可以在所有三个样本中观察到。下图（图 7）显示了前三分钟起泡尺寸的变化

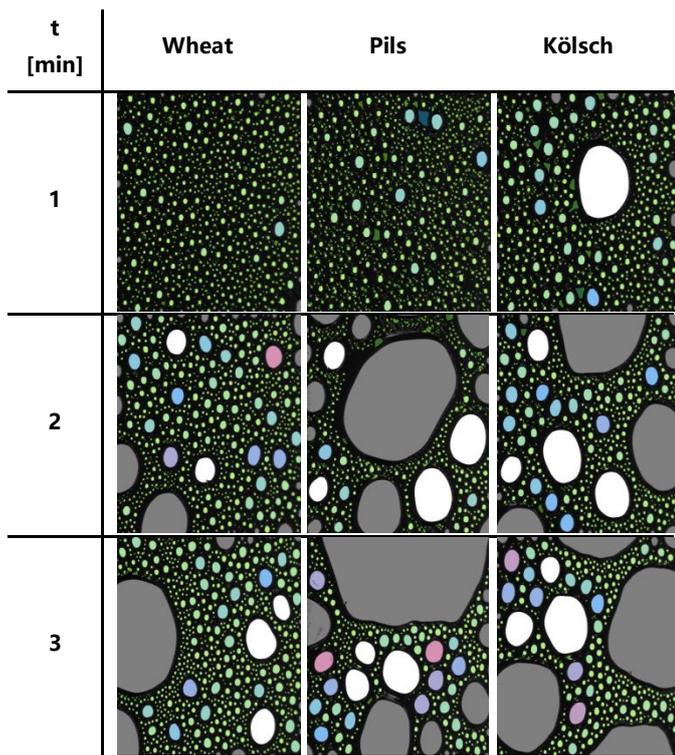


图 7: 前三分钟泡沫尺寸和大小分布

不寻常的是，更稳定的 Kölsch 啤酒泡沫在奥斯特瓦尔德非常有活力，在开始，即大气泡形成得相当快。正常情况下快速形成的气泡往往伴随着快速消泡。

视频图像分析中计算的气泡观察到的断面显示出相同的初始趋势（图 8）：Kölsch 的气泡数量与小麦啤酒和 Pils 的情况相比下降得更快。

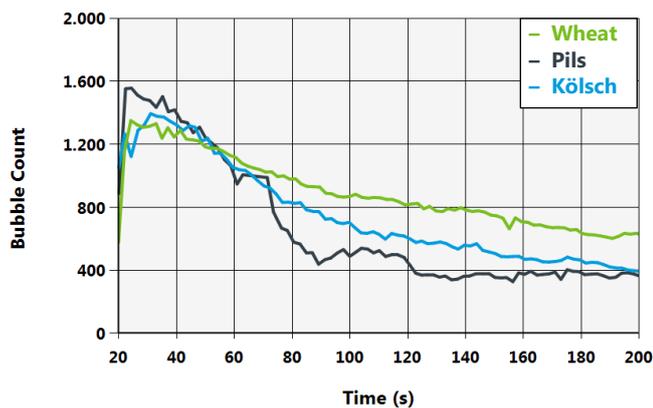


图 8: 随时间变化的气泡数

尽管如此，小麦啤酒的泡沫高度和菌毛的长期稳定性不如库尔什（见图 3）。这意味着，在上述前两种啤酒中，气泡尺寸的增长会相对迅速地导致破裂。另一方面，Kölsch 的泡沫形成蛋白似乎很好地稳定了大泡沫片层，使其蓬松的大孔泡沫保持了很长时间的完整性。这一结果，与啤酒被攻丝时的行为相反，表明当泡沫的衰变受到二氧化碳的影响时，与蛋白质相关的 Kölsch 稳定性不再有任何影响。

总结

用动态泡沫分析仪 DFA100 对三种脱气啤酒样品进行了测试，分析了啤酒中表面活性剂对泡沫行为的影响，与 CO₂ 含量无关。测定了清麦啤酒、毛啤酒和科尔斯啤酒的起泡性、泡沫稳定性和泡沫结构。结果表明，这些类型的啤酒在含 CO₂ 时的泡沫行为与啤酒有显著差异。尤其是 Kölsch，在抽头时形成很少的泡沫，在脱气时显示出良好的泡沫性和泡沫稳定性。

研究表明啤酒在其原始状态下绝不允许任何陈述关于泡沫形成物质的含量，只有在没有二氧化碳的样品上进行测量，才能对表面活性蛋白进行比较。

二氧化碳也可以用 DFA100 代替空气发泡。因此，在更广泛的研究中，可以量化二氧化碳在泡沫片层水中的溶解度对失稳的影响。

文献

[1] Hughes, Paul: Improving the non-biological stability of beer, New Food Volume 17, 5 (2014), 30-35.

You can find many more interesting Application Reports on our website under

<https://www.kruss.de/services/education-theory/literature/application-reports/>