

# 无损检测技术在啤酒生产中的应用

徐 春

(江苏食品职业技术学院 生物工程系, 江苏 淮安 223003)

**摘 要:** 无损检测技术是在不破坏被检对象的前提下,运用物理学的方法对物料进行检测分析,具有直观、可实时、易数字化、可实现三维图像、检测速度快、不破坏样品完整性等特点。在啤酒生产中,应用无损检测技术可快速对啤酒生产的原辅料中水分、蛋白质、麦芽糖、淀粉的含量进行测定,有效快速地指导糖化工艺控制;控制啤酒发酵、贮酒阶段、灌装阶段的质量。(丹妮)

**关键词:** 分析检测; 无损检测; 啤酒生产; 近红外光谱; 应用

中图分类号: TS262.5; TS261.4; O657.3

文献标识码: B

文章编号: 1001- 9286(2008) 09- 0085- 03

## Application of NDT (Non Destructive Testing) Techniques in Beer Industry

XU Chun

(Bioengineering Department of Jiangsu Food Science College, Huai'an, Jiangsu 223003, China)

**Abstract:** NDT plays a very important role in safety and quality in our society. The essential feature of NDT is that the test process itself produces no deleterious effects on the material or structure under test. Non-Destructive Testing made the invisible become visible and has built up a tremendous reputation with regards to guaranteeing safety. Besides, it has the characteristics including real-time detection, digitalized, 3D image, rapid testing etc. In beer production, it could be used for the testing of water content, protein, malt, and amylum content in raw materials and in auxiliary materials. Its utilization in beer production could effectively guide the control of saccharification and the control of beer quality in fermentation stage, storage stage and beer filling stage.

**Key words:** analysis and determination; non-destructive detection; beer production; near-infrared spectroscopy; application

### 1 国内外啤酒检测技术的研究现状

#### 1.1 传统啤酒生产质检方法

啤酒在酿造的不同阶段主要检测项目种类有所不同。在糖化阶段主要检测麦汁浓度、蛋白质水解程度、总酸、- 异律草酮、麦汁色度等, 这些指标常采用糖度计法、凯氏定氮法、酸碱滴定法、紫外吸收分光光度法、比色法等方法, 这些方法有的过于粗略, 有的样品处理繁琐, 需要消耗大量的试剂和时间, 无法实现在线检测。酒精度和原麦汁浓度的检测是啤酒常规分析项目, 传统的蒸馏- 密度瓶法, 不仅费时费力, 而且影响因素很多, 效率低。双乙酰是构成啤酒生青味的主要成分之一, 是衡量啤酒成熟程度的重要标志, 在啤酒中其阈值 (即风味界限值) 为 0.15 mg/L(ppm), 若含量过高, 就会出现一种馊饭味。目前, 啤酒中双乙酰含量的测定方法大多采用邻苯二胺比色法, 实验室测定均需要用到大量试剂来检测, 费时费力。感官审评法, 虽然在生产中有较多的应用, 但是测评周期长、影响因素多、主观性强、重复性差, 并且人的鼻子、舌头对气味具有适应性, 容易出现疲劳而影响分析结果, 无法实现快速检测。

#### 1.2 啤酒质检测新技术

近年来, 随着新技术研究的深入, 对啤酒味觉品质检测的研究不断出现新成果, 在传统检测技术感官的基础上, 气相色谱法、高效液相色谱法等检测技术在啤酒味觉品质检测中的应用研究逐渐深入。如采用气相色谱法对啤酒中的高级醇、酯类、双乙酰等羰基化合物及二氧化硫等含硫化合物等挥发性物质进行检测; 采用高效液相色谱法分析异构化 - 酸等苦味物质, 以及蛋白质、多酚等易造成啤酒浑浊的物质。

传统啤酒品质检测的研究已经较为成熟, 但是, 传统的味觉检测只是将几种描述味觉的信息简单的组合起来, 不能给出味觉的整体信息。虽然气相色谱(GC), 色- 质(GC- MS)与电化学方法也尝试过模拟“嗅觉”和“味觉”, 但检测结果都很难代表样品的整体性, 主要原因是所得的“嗅觉”和“味觉”都在破坏样品及分离后结果的基础上, 随后再把分离后的结果重组。所以对嗅感和味觉进行系统化、科学化变得非常困难。随着生产过程其他环节自动化程度的提高, 越来越需要一种客观、快捷、重复性好的方法来评估产品香味和风格等主观信息。

收稿日期: 2008- 07- 07

## 2 无损检测技术现状

无损检测 (NDT) 技术是在不破坏被检对象的前提下,运用各种物理学的方法如声、光、电、图像视觉技术等手段对物料进行检测分析的一种方法和技术,主要是基于被检物料的物理性质如密度、硬度形态、颜色等,进而判定农产品的成熟度以及内部的含糖量、糖酸比、水分、内部病变等,主要包括力学方法、电磁学方法、光学方法、放射线法、计算机图像处理技术和电子气味检测法(电子鼻)等。无损检测具有直观、可实时、易数字化、可实现三维图像、应用范围广、检测速度快、不破坏样品完整性等特点,还能有效地判断出从外观无法得出的样品内部品质信息,是食品科学的一个重要研究热点。

### 2.1 近红外光谱分析技术

近红外光(Near Infrared, NIR)是介于可见光和中红外光(MIR)之间的电磁波,ASTM 定义的近红外光谱区的波长范围为 780~2526nm<sup>[1]</sup>。近红外光谱主要是由于分子含氢基团 X-H(X=C、N、O)振动产生的,不同基团(如甲基、亚甲基、苯环等)或同一基团在不同化学环境中的近红外吸收波长与强度都有明显差别,NIR 光谱具有丰富的结构和组成信息,非常适合用于碳氢有机物质的组成与性质的测量。其主要特点是:30 s 内就可快速给出分析结果,可进行在线分析;制样简单,信息量大,可同时测定多组分;经定标建模后,无须用其他常规化学分析手段,不使用有毒有机试剂,无污染,非破坏性分析,可实现产品的无损质量检测;可使用光纤,从而可实现远程分析检测。但建立模型需要大量有代表性且化学值已知的样品,模型需要不断的维护改进,另外近红外测定精度与参比分析精度直接相关,在参比方法精度不够的情况下,无法得到满意结果<sup>[2]</sup>。

目前近红外光谱分析技术在农产品和食品中的研究应用主要集中于粮食、水果等原料分级、成熟度、新鲜度、含水量、含糖量、酸度等主要指标的测定中,以及肉类和乳制品的蛋白质、脂肪含量、新鲜度的测定中。

### 2.2 超声波技术

超声波检测是利用低能量超声波对食品进行无损检测,其特点是频率较高、能量较低和大多采用脉冲操作。因为能量低,所以声波通过时不会根本改变介质的物理和化学性质。超声波检测技术具有快速和非破坏性的优点,超声波检测技术可以用于人工检测,但更多地应用于在线自动快速无损检测,它具有适应性强、对人体无害、检测灵敏、使用灵活等特点。

### 2.3 电物性技术

物质的电特性包括导电特性和介电特性等,介电特性是生物分子中的束缚电荷对外加电场的响应特性,它的应用范围非常广泛,在农产品贮藏保鲜、电加工、品质检测、筛选分级等方面都显示出特殊的优势。通过介电

特性和含水率之间的关系可以用来测定水稻、玉米等农产品的新鲜度、保存状态和内部品质,通过介电特性和果蔬中的糖酸含量、含水率之间的关系可以应用于果蔬分级和贮藏加工。此外,导电率和电容率测定法可用来监控发酵过程一些指标,如发酵液的成分、溶解氧含量、温度、pH 值等。

### 2.4 机器视觉技术

随着图像处理技术的发展及计算机硬件成本的下降和运算速度的提高,利用机器视觉系统对食品和农产品品质进行自动检测和分级在国外已有研究和应用。机器视觉是研究计算机模拟生物宏观视觉功能的科学和技术,即用摄像机和计算机等机器代替人眼对目标进行测量、跟踪和识别,并加以判断。机器视觉系统主要有 3 个部分:图像获取、图像分析和处理、输出显示或控制。基于计算机视觉的自动检测和分级技术在检测时不损坏检测物本身,即能做到无损检测,具有与其他方法不可比拟的优势。

### 2.5 电子感官检测技术

电子感官检测分技术为电子鼻技术和电子舌技术,电子鼻也称嗅觉传感器技术,电子舌技术也称味觉传感器技术或人工味觉识别技术。电子感官检测器主要由传感器阵列和信号模式识别系统组成。检测时,传感器阵列对液体试样产生响应并输出信号,响应信号经计算机系统进行处理和模式识别后,得到反映样品味觉或嗅觉特征的结果。传感器输出的并非样品成分的分析结果,而是一种与试样某些特性相关的信号模式,这些信号通过具有模式识别能力的计算机分析后,能得出对样品味觉或嗅觉特征的总体评价,在农产品检测与分级上具有广阔的应用前景。

## 3 无损检测技术在啤酒生产中的应用前景

### 3.1 无损检测在啤酒原辅料质检中的应用

安岭<sup>[3]</sup>等利用近红外透射光谱技术评价大麦的品质,发现大麦水分含量的模型预测值相关系数达到了 0.8857,蛋白质相关系数达 0.9775,所需样品量少,不需粉碎,只需几十秒钟即可得到大麦的水分、蛋白质。应用近红外光谱技术还可以快速对啤酒生产的其他主要原辅料进行水分、蛋白质、麦芽糖、淀粉的测定,大大缩短原料收购过程的抽检过程,为啤酒糖化工艺条件的调整提供依据。此外使用近红外光谱技术还可以对原料进行产地、品种、收获季节的鉴定<sup>[4]</sup>。

大麦能否发芽,对于提高原料的利用率,改善成品啤酒的泡沫性能,提高啤酒的非生物稳定性起着关键性的作用。王庆惠等<sup>[5]</sup>对小麦等多种谷物种子进行了介电性的测试发现介电常数小的种子,萌发迅速整齐,幼苗健壮。采用介电常数测定法可以在瞬时测定出种子的介电常数,从而根据建立的数据模型预测出大麦的发芽率

和发芽力,使传统的3~5 d的测定时间大大缩短,同时介电测定后的大麦仍可以正常的发芽,避免了原料的浪费。此外介电常数的测定还可以预测大麦的含水量。

啤酒花及制品中苦味质、-酸、酒花油等主要风味物质的含量是重要的质量指标,传统方法采用紫外吸收分光光度法,操作复杂,需要大量样品处理的时间。建模后,啤酒花的主要品质指标有望通过近红外光谱分析技术同时测定其色泽、水分、苦味质、酒花油等成分,大大缩短其分级质检的时间,同时还有利于麦汁生产乃至成品啤酒中酒花添加量的准确计算。

### 3.2 无损检测在啤酒糖化阶段质检中的应用

麦汁的质量直接关系到啤酒的品质。啤酒酿造的糖化阶段主要目的是将麦芽及大米等原辅料中的大分子物质分解成酵母菌可以发酵利用的小分子物质,同时产生麦芽汁特有的麦芽香气,增加酒花香气,提高啤酒的非生物稳定性和泡沫性能。但传统生产工艺中,糖化阶段只能快速分析出麦汁糖度的变化,而对于影响啤酒非生物稳定性和泡沫性能的蛋白质的测定无法快速测定。采用近红外光谱分析技术可以在短时间内快速测定饮料中糖度、总酸、蛋白质含量等多种成分,在糖化生产中的应用,可以有效快速地指导糖化工艺控制,有利于高品质麦汁的生产。

### 3.3 无损检测在啤酒发酵及贮酒阶段质检中的应用

啤酒发酵过程的影响因素很多,如麦汁的成分、溶解氧含量、温度、pH值等。其中酵母菌浓度是确定发酵产物得率的一个重要指标,传统的控制方法是离线检测,难以实现发酵的自动控制。王贻俊等<sup>[9]</sup>以含酵母的啤酒麦芽汁为研究对象,得出了介电常数与酵母浓度和测试频率具有相关性,发酵液中酵母浓度越大,介电常数也越大,提出了优于传统干重法和光密度法的新的实时在线检测方法,为啤酒连续发酵技术的应用,以及发酵工艺参数的自动化控制提供了物质基础。

酒精含量和原麦汁含量是啤酒质量的重要指标之一,传统方法分析时间长,操作繁琐。采用近红外光谱分析技术可以直接测定啤酒发酵液或啤酒中酒精含量和糖度,大大简化了质检工作量,同时可以实现发酵工段在线监督。陆道礼等<sup>[7]</sup>采用近红外光谱技术测定了啤酒中乙醇的含量,将试验结果与气相色谱法的测定结果进行比较,其相关系数达到了0.994。李代禧等<sup>[8]</sup>用偏小二乘法对啤酒的近红外光谱与其中的酒精度、原麦汁浓度以及总酸含量等3种主要成分进行了线性回归,并建立起相关的模型,利用所建立的模型对未知样中的上述3种成分进行预测,结果令人满意。

双乙酰是啤酒中重要的风味物质,其含量是啤酒发酵成熟的重要标志,传统检测操作时间长达1 h以上。

对于啤酒或啤酒发酵液的其他风味物质,无法准确直观地定量反映。电子舌和电子鼻技术可以实现一次建模反复多次使用,不需要复杂试剂为参照,甚至可以准确鉴定啤酒发酵的周期、啤酒的品种类型、产地和原料种类等用气相色谱、液相色谱和感官评定无法实现的一些特性的测定。田晓静<sup>[9]</sup>采用电子舌对不同厂家、不同品种和不同贮存时间的啤酒进行了检测,结果表明,电子舌可以快速有效地鉴别啤酒的品种、产地和贮存期,对啤酒的老化能很好地客观反映,操作简单快速,不需要对样品进行任何前处理,其结果能够判断有关对判断啤酒品质具有重要的实践意义。

### 3.4 无损检测在啤酒灌装阶段质检中的应用

啤酒灌装阶段中传统的检测项目主要包括啤酒瓶的质检和啤酒澄清度的检测,一般多采用光照检测或肉眼检测法。这种方法效率较高,设备简单,但也存在啤酒瓶颜色深透光性差,检测员视觉疲劳的问题。L. Elvira等<sup>[10]</sup>采用8通道超声波检测器对纸盒包装的超高温灭菌奶进行了微生物检测,结果表明,超声波检测法可使菌落总数的测定时间缩短至7 h,完全可以像总酸或pH检测一样实现无损检测,以及实时在线检测,此法在啤酒微生物浓度测定上有着重要意义。超声波可以很好地检测出饮料包装罐中的异物,缩短了易拉罐装啤酒的异物检测时间,具有应用价值。

#### 参考文献:

- [1] 陈斌,黄星奕.食品与农产品品质无损检测新技术[M].北京:化学工业出版社,2004.58-60.
- [2] 包应时,蒋焕煜,吴晓莲.近红外光谱分析技术在农业与食品无损检测上的应用[J].农机化研究,2006,(10): 167-168.
- [3] 安岭,张五九,赵武善.啤酒大麦早代筛选技术的研究[J].食品与发酵工业,2001,(3): 30-32.
- [4] 周超,陈兴苗,刘燕德.近红外光谱检测技术在农业和食品分析中的应用[J].农产品加工·学刊,2006,(11): 46-52.
- [5] 王庆惠,史建新,巴寅亮,等.种子介电常数的测定及发芽试验[J].新疆农机化,2006,(4): 36-37.
- [6] 王贻俊,Olsson L.生物量浓度实时在线检测方法的研究[J].生物化学与生物物理进展,2000,(4): 387-390.
- [7] 陆道礼,林松,陈斌.近红外光谱法快速测定啤酒中乙醇的含量[J].酿酒科技,2005,(4): 87-89.
- [8] 李代禧,吴智勇,徐端钧等.啤酒主要成分的近红外光谱法测定[J].分析化学,2004,(8): 1070-1073.
- [9] 田晓静.基于电子舌的啤酒品质检测[D].杭州:浙江大学,2007.
- [10] L. Elvira a, L. Sampedro. Non-invasive and non-destructive ultrasonic technique for the detection of microbial contamination in packed UHT milk[J]. Food Research International, 2005, (38): 631-638.