MODULÁRNÍ TURBIDIMETR PRO PRAKTICKOU VÝUKU V PIVOVARSTVÍ A NÁPOJOVÉM PRŮMYSLU

Doc. Ing. PETR SLADKÝ, CSc., RNDr. MIROSLAV DIENSTBIER
Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta, Katedra chemické fyziky a optiky

II. část

4 Kontrola činnosti a cejchování modulárního turbidimetru

4.1 Standardní formazinové suspenze pro cejchování turbidimetrů

Podle analytických předpisů [12-15] je dohodnuto cejchovat turbidimetry pro měření zákalů piva i meziproduktů standardní formazinovou suspenzí. Rovněž měření zákalů vody se vztahuje k formazinovému standardu [16,17]. Přísně vzato, platí cejchování formazinovou suspenzí jen pro daný ocejchovaný přístroj, resp. jeho přístrojovou funkci, tj. pro určitý typ měřicí nádoby se vzorkem v daném uspořádání a spektrálním pásmu optických svazků [30,31].

Podrobné předpisy na přípravu standardních formazinových suspenzí, které definují jednotku linearizované přístrojové funkce daného měřiče zákalu ve zvolené konfiguraci, jsou uvedeny v jednotlivých analytických normách. Liší se pouze velikostí použitých jednotek odpovídajících rozdílně zvolenou koncentrací výchozích roztoků síranu hydrazinia (SH) a hexamethylentetraminu (HT). V případě jednotky EBC, použité v pivovarských analytikách [13-15], je výchozí koncentrace roztoku SH 10 g/l a HT 100 g/l, podobně jako v případě formazinového standardu pro měření zákalu vody [16]. Vlastní cejchovací suspenze se dále liší množstvím roztoků SH a HT vstupujících do srážecí reakce. Vzniklé formazinové suspenze pak definují vesměs lineární stupnice, lišící se velikostí vzájemně převoditelných jednotek. Platí:

1 j.EBC dle [13,14,15] = 69 j.ASBC dle [12] = 4 NTU dle [16].

Výchozí roztoky (SH a HT) se nadávkují v předepsaném množství, důkladně se promíchají a nechá se proběhnout srážecí reakce po dobu 24 hodin. Reakce se provede při teplotě 25 ± 3 °C. Přesné dodržení postupu je rozhodující pro vytvoření správné disperzity suspenze, jak uvádějí všechny analytické normy [12-16]. Nutno upozornit, že při práci s výchozími roztoky i formazinovou suspenzí je nutno dodržovat bezpečnostní požadavky na práci s jedy.

O disperzitě formazinové suspenze jsou publikovány rozdílné údaje. Práce [20] uvádí dvojí distribuci částic okolo 0,45 a 1,5 μm. V práci [9] je uveden střední rozměr částic 2,1 μm, avšak v [13,14,19] je uveden rozsah velikosti částic formazinu od 1,8 μm do 20 μm se středem okolo 3 μm[19]. Naše měření se kloní ke střední velikosti 1,5 až 2,5 μm. Je třeba poznamenat, že stárnutím dochází ke srážení primárních částic formazinu ve větší shluky, avšak výskyt většího množství částic formazinu větších než 10 μm je nepravděpodobný.

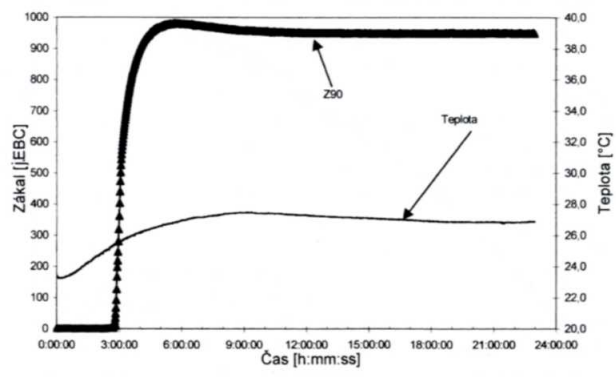
Stárnutí a sedimentaci kalibrační formazinové suspenze lze, jak ukážeme níže, pozorovat měřením zákalů ve více směrech rozptylu světla. Tato měření rovněž potvrzují domněnku, že formazinová suspenze obsahuje i částice menší než 1μm, jak uvádí práce [20]. Je možné, že distribuce částic, resp. jejich rozptylující mohutnost závisí na koncentraci formazinové suspenze a na pH i vodivosti použité vody jako rozpouštědla resp. ředidla. Proto je k její přípravě nutno používat vodu pro analýzy (nebo alespoň deionizovanou) [17]. Nutno konstatovat, že distribuční charakteristiky formazinových standardů nejsou snadno v odborné literatuře dostupné i přesto, že lze získat již komerčně připravené standardní formazinové suspenze [21].

Výše popsaný modulární turbidimetr lze účinně využít k procvičení základní úlohy použití měření zákalů v pivovarství a nápojovém průmyslu, kterou je právě kontrola činnosti a cejchování zákalometrů včetně kontroly vlastností, resp. stárnutí cejchovací formazinové suspenze.

4.2 Sledování přípravy formazinové suspenze srážením výchozích roztoků

Díky velkému rozsahu měření zákalů vyvinutého modulárního turbidimetru s modulem pro měření ve zkumavkách lze sledovat průběh srážecí reakce roztoků SH a HT přímo v měřicí komoře přístroje v závislosti na čase. K zápisu hodnot zákalu se s výhodou použije modulární turbidimetr ve spojení s osobním počítačem.

Na *obr. 8* je ukázán průběh nefelometrického zákalu srážení 5 ml SH (c = 10 g/l) smíchaného s 5 ml HT (c =100 g/l). Srážení proběhlo v netermostatované měřicí komoře turbidimetru, avšak v požadovaném teplotním intervalu 25 ± 3 °C. Jednalo se o demonstrační pokus, provedený s menší přesností. I tak výsledky pokusu ukazují na veliký dynamický rozsah vyvinutého turbidimetru se zkumavkovým nástavcem, který činí až 1000 j.EBC.



Obr. 8

Popsaný demonstrační pokus rovněž ukazuje na jedinečnou možnost provádět kontrolovanou přípravu kalibračního formazinového standardu přímo v (termostatované) měřicí komoře vyvinutého přístroje.

4.3 Kontrola kalibrace přístroje

Vyvinutý modulární turbidimetr je třeba cejchovat pro každé modulární uspořádání. Základní cejchovací přepočty mezi koncentrací formazinové suspenze v jednotkách EBC (ASBC atp.) a signály svazků rozptýleného světla provádí vestavěný mikroprocesor pro moduly měřící v čirých a bezbarvých přístrojových kyvetách a v lahvích hnědé a zelené barvy. Alternativně jsou zabudovány kalibrace na zkumavku a průtokovou provozní kyvetu. Podrobné cejchovací postupy jsou popsány v návodu přístroje.

Cejchování modulárního turbidimetru lze účinně v jednotlivých konfiguracích kontrolovat ručně nebo pomocí modulu automatického dávkování titrantů. Jako metodický příklad je na *obr. 9* ukázána kontrola „zkumavkové" kalibrace přístroje automatickou byretou se zápisem pomocí osobního počítače.

Naměřené hodnoty jsou vyneseny do grafu podle vzorce:

$$Z = (Z_S \cdot V_S) / (V_{H2O} + V_S) \text{ (j.EBC)},$$

kde Z je výsledná hodnota zákalu (např. v jednotkách EBC) vynesená na ose y, Z_S je zákal (např. v j.EBC) výchozího formazinového standardu (např. 1000 resp. 100 j.EBC atp.), V_S je na časové ose x vynesený objem formazinového standardu přidaný do výchozího objemu čiré vody V_{H2O} konstantní rychlostí x ml/min.

Kontrolovat stupnici již nacejchova-

ného turbidimetru nebo stanovit novou lze i opačně, tj. přidáváním vody do výchozího objemu formazinového standardu jmenovitého zákalu. V obou případech se titruje za mírného, ale stálého míchání, což v případě zkumavkového i kyvetového modulu umožňuje vestavěný pohon magnetického míchadla s rychlostí otáčení cca 360 otáček za minutu.

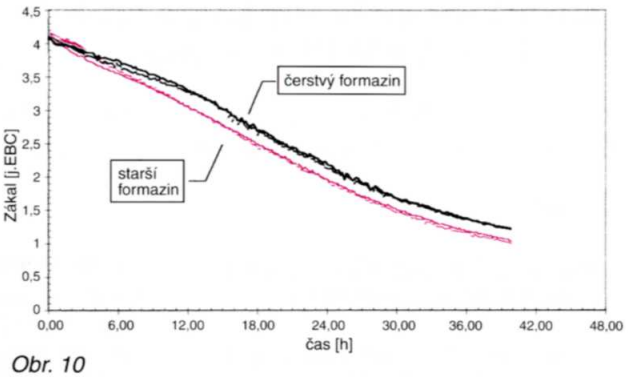
Křivka (■■■) na *obr. 9* představuje hodnoty původního cejchování, křivka (●●●) hodnoty cejchování opraveného a proloženého podle výše uvedeného vzorce čarou (——).

4.4 Pozorování změn zákalu shlukováním a sedimentací částic disperze formazinu měřením ve dvou úhlech rozptylu světla

V průběhu zpracování pivovarských disperzí i v ostatních produktech nápojového průmyslu dochází k sedimentaci a shlukování dispergovaných částic. Tyto procesy lze účinně sledovat měřením zákalů ve více směrech rozptylu světla [7,9,18,22,23,24]. Významnou předností vyvinutého modulárního turbidimetru je, že tato měření umožňuje, a tak přímo rozlišuje obsah jemných a hrubých částic v měřených disperzích.

Ve viditelném spektrálním oboru a při současném měření zákalů v nefelometrickém (Z_{90}) a dopředném (Z_{15} resp. Z_{25}) směru rozptylu rozlišuje turbidimetr, cejchovaný formazinem, dispergované částice na rozhraní cca jednoho μm. Přibližně platí, že pro částice disperze menší než 1 μm jsou hodnoty zákalu naměřené pomocí tzv. dvouúhlového turbidimetru v nefelometrickém směru Z_{90} větší než hodnoty zákalu Z_{15} (Z_{25}) naměřené v dopředných směrech 15°, resp. 25° od směru primárního (budicího) svazku světla. Naopak, pro disperze s převahou částic větších než 1 μm (kvasnice, křemelina atp.) naměří dvouúhlový turbidimetr hodnoty Z_{90} menší než Z_{15} resp. Z_{25}.

Výše uvedené poznatky mají díky velké složitosti jevů rozptylu světla v kapalných polydisperzích pouze kvalitativní platnost. Pro hlubší kvantitativní analýzu distribuce částic v kapalných disperzích je nutno použít přístroje umožňující měřit rozptýlené světlo ve více informačních kanálech jako jsou různé typy optických analyzátorů částic pracující na principech statického i dynamického (kvazielastického) rozptylu světla (viz např. [25-28]). Jedná se přirozeně o velmi nákladné přístroje obtížně dostupné pro výuku metod měření zákalů v pivovarství a nápojovém průmyslu.



Obr. 10

Příklad sledování sedimentace částic formazinové suspenze (zředěné z výchozího standardu 1000 j.EBC na hodnotu cca 4 j.EBC) je uveden na *obr. 10*. Čerstvě připravená suspenze sedimentuje pomaleji. Stárnutím se částice formazinu shlukují, rychleji sedimentují (po rozmíchání) a dopředný zákal Z_{15} přerůstá hodnotu nefelometrického zákalu Z_{90}. Rychlejší sedimentace shluklých částic formazinu se projeví rychlejším poklesem hodnot zákalu Z_{15} tak, že na konci sedimentace je Z_{15} menší než Z_{90} (viz *obr. 10*). Poznamenejme, že kalibrace modulárního turbidimetru byla provedena stejnou, čerstvě připravenou standardní formazinovou suspenzí dle analytických předpisů [12–16] a současně v obou směrech měření zákalů (Z_{90} a Z_{15}).

Uvedený příklad ilustruje významné metodicko-didaktické přednosti vyvinutého modulárního turbidimetru nejen k demonstraci fyzikálně-chemických jevů, ale i ke kvantitativnímu analytickému hodnocení celé řady procesů, které probíhají v průběhu technologií pivovarského a nápojového průmyslu včetně technologií úpravy vody a zpracování kapalných odpadů.

5 Závěr

V současnosti dochází stále k většímu používání provozních i laboratorních metod a zařízení k měření zákalů při výrobě, analýze a kontrole jakosti piva i ostatních nápojů.

Měření zákalů je založeno na poměrně složitých a obecně nelineárních jevech rozptylu světla v pivovarských i ostatních nápojových disperzích. K jejich porozumění a optimálnímu používání metod a zařízení pro měření zákalů v průmyslu nápojů je žádoucí intenzivní teoretická a zvláště pak praktická výuka jak na školní, tak i mimoškolní (podnikové) úrovni.

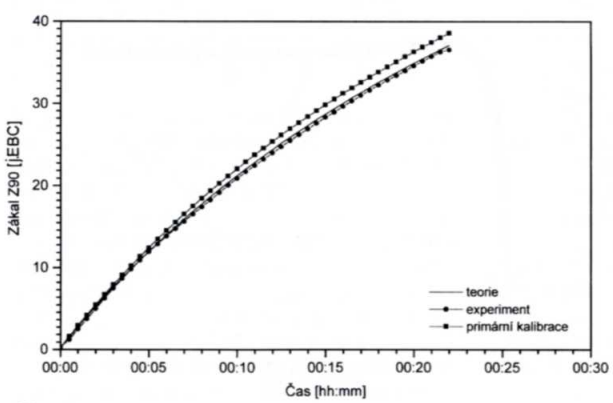
V práci popsaný turbidimetr je vhodný, díky své modulární koncepci, pro všestrannou praktickou výuku využití moderních metod měření zákalů v pivovarství a nápojovém průmyslu včetně vodohospodářství.

Zásadní předností vyvinutého přístroje je, že umožňuje přesná měření zákalů nejen v lahvích ve více směrech, ale též v běžných chemických zkumavkách a provozních průtokových celách i pro výuku v poslední době vyvinutých metod analýz produktů a řízení procesů jejich výroby.

Výukové možnosti přístroje jsou ilustrovány na příkladech cejchování turbidimetrů standardní formazinovou suspenzí dle doporučených analytických metod pro pivovarství. Vzhledem k obecné složitosti podstaty měření zákalů kapalných disperzí je však zdůrazněno, v souladu s dlouholetou zkušeností sládků, že pro praktické výrobní a analytické aplikace v pivovarství, ale i v průmyslu ostatních nápojů, mají zásadní význam relativní měření změn zákalů v průběhu jednotlivých výrobních kroků či stárnutí finálního produktu, jak je didakticky demonstrováno na příkladu přípravy formazinového standardu a jeho stárnutí.

V souhrnu mezi nejvýznamnější výukové, ale, díky přesnosti, i výzkumné a praktické analytické aplikace vyvinutého přístroje patří:

- normativní stanovení zákalů piva a meziproduktů dle analytických doporučení EBC, ASBC, MEBAK, IOB aj.;
- stanovení přirozené a vynucené fyzikálně-chemické (koloidní) stability piva (i ostatních nápojů) a její předpovědi metodou tzv. šokování;
- všestranná laboratorní měření změn zákalů piva a meziproduktů i ostatních nápojů a vody v běžných chemických zkumavkách a vialkách;
- turbidimetrické, nefelometrické a kombinované pH či vodivostní titrace;
- tvorba a rozpouštění chladových zákalů;
- enzymatické a rozpouštěcí testy;
- sol-gel přechody polysacharidů;
- turbidimetrické a nefelometrické imunologické zkoušky;
- relativní sedimentografická měření



Obr. 9

a měření viskozity;
- růstové křivky mikroorganismů;
- kvasné zkoušky;
- měření koncentrace, sedimentace a flokulace kvasnic;
- kontrola účinnosti sanitace a opotřebení sanitačních prostředků;
- laboratorní i provozní aplikace průtokových měření zákalů v oboru provozních tlaků a teplot;
- kontrola funkce a cejchování provozních zákalometrů;
- operativní diagnostika technologií, sledování vlivu zařízení, postupů, meziproduktů a surovin.

Závěrem lze konstatovat, že popsaný modulární turbidimetr se vyznačuje příznivým poměrem užitné hodnoty k pořizovacím i provozním (analytickým) nákladům a je vyvinut pro výuku i v ekonomicky dostupných variantách.

Poděkování:

Autoři děkují Mgr. H. Císařové a Mgr. P. Gabrielovi za technickou pomoc při přípravě této práce.

Literatura:

[1] HOUGH, J.S.: The Biotechnology of Malting and Brewing, Second Edition, Cambridge University Press, 1991
[2] CHAPON, L.: J. Inst. Brew. **99**, 1993, s. 49
[3] BAMFORTH, CH.W.: J. Am. Soc. Brew. Chem. **57**(3), 1999, s. 81
[4] SCHNEIDER, G.: Brauwelt **42**, 1995, s. 2089
[5] SIEBERT, K.J., STENROOS, L.E., REID, D.S.: J. Am. Soc. Brew. Chem. **39**, 1981, s. 1
[6] MCMURROUGH, MADIGAN, D., KELLY, R.J.: J. Am. Soc. Brew. Chem. **55**(2), 1997, s. 38
[7] SLADKÝ, P., DIENSTBIER, M.: Real Time Two Angle Turning Bottle Beverage Laboratory Research Hazemeter MZN91/92 – Users Manual, published by The Dept. of Chemical Physics and Optics, Faculty of Mathematics and Physics, Charles University, Prague, 1992
[8] MORRIS, T.M.: J. Inst. Brew. **92**, 1986, s. 93
[9] MORRIS, T.M.: J. Inst. Brew. **93**, 1987, s. 13
[10] GUZMAN, J.E., et al.: Tech. Q. Master Brew. Assoc. Am. **36**, 1999, s. 227
[11] SIEBERT, K.J.: J. Agric. Food Chem. **47**, 1999, s. 353
[12] American Society of Brewing Chemists: Methods of Analysis, 9th ed. Beer – 27, Physical Stability, The Society, St.Paul, MN, 1992
[13] Analytica – EBC, Brauerei und Getränke – Rundschau, Method 9.29, Haze in Beer: Calibration of Haze Meters, Method 9.30, Prediction of Shelf-Life of Beer, Verlag Hans Carl, 5th edition, 1997
[14] Institute of Brewing Methods of Analyses – The Institute of Brewing, London, Jan. 1997
[15] Brautechnische Analysen Methoden, Band II, 2.19 Trübungsneigung, pp. 155-165, 3. Aufgabe, ed. H. Pfenninger, Selbstverlag der MEBAK, D-85350 Freizing-Weihenstephan, 1993
[16] ISO 7027: 1990 (EN 7027: 1990) Qualité de l'eau-Determination de la turbidité, Comité Européen de Normalisation, Bruxelles, 1990, ČSN EN 27027 – Jakost vod – Stanovení zákalu, Praha, 1994
[17] International Standard, Water for Analytical Laboratory Use, Specification and Test Methods, ISO 3696, 1987 (E)
[18] BUCKEE, G.K. MORRIS, T.M., BAILEY, T.P.: J. Inst. Brew. **92**, 1986, s. 475
[19] MUNDY, A.P., BOLEY, N.: J. Inst. Brew. **105**, 1999, s. 75
[20] LEITZELEMENT, M., et al.: Proc. Euro. Brew. Conv. (20th Conf. Helsinki), 1985, s. 475
[21] HACH, C.C.: Turbidity Standards, Technical Information Series – Booklet No.12, 1986, Hach Company, P.O.Box 389, Loveland, Colorado 80539 U.S.A.
[22] WACKERBAUER, K., EVERS, H., KAUFMANN, B.: Tech. Q. Master Brew. Assoc. Am. **29**, 1992, s. 73
[23] KLIMOVITZ, R.J., BYRNES, J.: Brauwelt **134**, 1994, s. 2052
[24] GABRIEL, P., DIENSTBIER, M., SLADKÝ, P., ČERNÝ, L.: Kvasny Prum. **40**, 1994, s. 203
[25] KERKER, M.: The Scattering of Light and other Electromagnetic Radiation, Academic Press, New York – London, 1969
[26] WYATT, P.J.: The Missing Instrument, part 1,2, International Laboratory, Sept. 1993, 14-19, oct. 1993, s. 21
[27] EISENRING, R., PERSCHKE, N., AMADO, R., PFENNINGER, H.: Brauerei– und Getränke– Rundschau **105**, 1994, s. 101
[28] SUGRUE, S.: International Laboratory, June 1992, s. 33
[29] NICOLI, D.F., et al.: International Laboratory, Sept. 1995, s. 9A-9J
[30] HUBER, E.: Brew. and Distill. Int., Sept. 1989, s. 32
[31] ANGER, H.M.: Brauwelt **3**, 1995, s. 76

Lektoroval Ing. Pavel Čejka, CSc.
Do redakce došlo 12. 7. 2000

Sladký, P. – Dienstbier, M.: Modulární turbidimetr pro praktickou výuku v pivovarství a nápojovém průmyslu. Kvasny Prum. **46**, 2000, č. 10 a 11, s. 280–283, 321–324.

Zákal či turbidita je optická vlastnost tuhých, plynných a zvláště kapalných látek. Zakalení látek je dáno přítomností různých druhů a množství částic pod- i nadmikronových rozměrů, které způsobují rozptyl světla. Rozptyl světla se proto používá i ke stanovení velikosti zákalu studovaných látek.

Velikost zákalu kapalin závisí velmi složitě na vlastnostech zákalotvorných částic ve vztahu k vlastnostem měřicího světla šířícího se zakaleným prostředím. Tato závislost je obecně nelineární. To platí zvláště o zákalu piva a jeho meziproduktů i ostatních druhů nápojů, které mají charakter různorodých kapalných disperzí.

Správné a účinné použití metod měření zákalů v pivovarství a ostatním nápojovém průmyslu umožňuje podstatně zvýšit produktivitu výroby a jakost finální produkce. Proto je účelné si osvojit aplikace metod měření zákalů nápojů systematickou výukou a cvičením.

Článek popisuje modulární turbidimetr, vyvinutý na základě dlouholetých praktických zkušeností autorů pro všestrannou výuku aplikací metod měření zákalů v pivovarství i v jiných oblastech nápojového průmyslu včetně vodohospodářství.

Vyvinutý modulární turbidimetr je koncipován tak, aby byl dostupný na všech úrovních odborného vzdělávání. Lze ho však použít i k řešení řady zákaloměrných analytických a diagnostických úloh přímo v laboratořích pivovarského a nápojového průmyslu.

Sladký, P. – Dienstbier, M.: Modular Turbidimetr for Education and Training in Brewing and Beverage Industry. Kvasny Prum. **46**, 2000, Nr. 10 and 11, p. 280–283, 321–324.

Haze or turbidity is optical property of solid, gaseous and particularly liquid matter. It is due to various types, quantity and size of particles from submicrometer to submilimeter dimensions which scatter light. Light scattering is used also to determine the haze or turbidity of matter.

The magnitude of measured haze depends on both properties of haze forming particles and measuring light scattering probe. These properties and relations are generaly nonlinear and complicated. This is valid particularly in the case of haze of beer, brewing intermediates and other beverage products which bear the character of liquid dispersions.

Correct and effective use of the methods of haze and turbidity measurements in brewing and other beverage industry including water treatment enables to improve substantionaly the production efficiency. Therefore is usefull to learn these applications by means of systematic education and training.

The article describes a modular turbidimetric system, developed on the long authors experience both with practical applications of haze and turbidity measurements in brewing and beverage industry and university teaching of the methods of chemical-physical measurements.

The developed modular turbidimeter is designed to be used at various educational levels but it can also help to solve various haze measuring analytical and diagnostical tasks in laboratories of brewing and beverage industry.

Sladký, P. – Dienstbier, M.: Der modulare Turbidimeter für den praktischen Unterricht im Brauwesen und der Getränkeindustrie. Kvasny Prum., **46**, 2000, Nr. 10 und 11, S. 280–283, 321–324.

Die Trübung oder Turbidität ist eine optische Eigenschaft fester, gasförmiger und vor allem flüssiger Substanzen. Die Trübung der Stoffe ist durch die Anwesenheit verschiedener Arten und Mengen von Partikeln in Unter- und auch Übermikrondimension gegeben, die Lichtstreuung verursachen. Die Lichstreuung wird daher auch zur Bestimmung der Grösse der Trübung von den studierten Substanzen angewandt.

Die Grösse der Trübung von Flüssigkeiten hängt in einer hochkomplizierten Weise von den Eigenschaften der trübungsbildenden Parkikel im Verhältnis zu den Eigenschaften

des Messungslichts, das sich in dem getrübten Milieu verbreitet ab. Diese Abhängigkeit kann in allgemeinen als nichtlinear charakterisiert werden. Diese gillt vor allem von der Trübung des Bieres und seiner Zwischenprodukte sowie auch von anderen Getränkearten, die durch den Charakter verschiedenartiger flüssiger Dispersionen gekennzeichnet sind.

Die richtige und wirksame Applikation der Methoden der Trübungsmessung in der Bier- und Getränkeindustrie ermöglicht eine wesentliche Erhöhung der Produktionsproduktivität sowie auch der Qualität der Finalerzeugnisse. Deshalb ist es zweckmässig, sich die Applikationen der Methoden der Messung von Getränketrübungen durch systematischen Unterricht und Übung zu eigen machen.

Der gegenwärtige Artikel beschreibt den modelaren Turbidimeter, der aufgrund der langjährigen praktischen Erfahrungen der Autoren für den komplexen Unterricht in den Applikationen der Trübungsmessungsmethoden in Brauereien und weiteren Getränkebetrieben sowie in der Wasserwirtschaft entwikkelt wurde.

Der entwickelte modulare Turbidimeter wurde in der Konzeption so gelöst, dass er auf jedem Niveau der Fachausbildung zugänlich ist. Er kann jedoch auch zur Lösung einer Reihe von analytischen und diagnostischen Aufgaben im Bereich der Trübungsmessung direkt in den Laboratorien der Brauerei- und Getränkebetriebe angewandt werden.

Сладки, П.–Диенсбиер, М.: Модульный мутномер для практического обучения в пивоварении и в промышленности напитков. Kvasny Prum. **46**, 2000, №. 10 и 11, стр. 280–283, 321–324.

Мутность является оптическим свойством твердых, газообразных, а именно жидких тел. Мутность вызывается присутствием разных видов и разново количества частиц размерами выше или ниже микрона, рассеивающих свет. Рассеяние света поэтому применяется также для определения величины мутности изучаемых веществ.

Величины мутности жидких веществ зависят очень сложным образом от свойств мутность образующих веществ в отношении к свойствам измеряющего света распространяющегося в мутной среде. Эта зависимость в общем нелинейная. Это относится именно к мутности пива и его межпродуктам и остальным видам напитков, имеющих характер разновидных жидких дисперсий.

Правильное и эффективное использование методов измерения мутности в пивоварении и в промышленности напитков позволяет повысить производительность и качество финальных продуктов. Поэтому является целесообразным усваивать применение методов измерения мутности напитков систематическим обучением и упражнением.

В статье описывается модульный мутномер, разработанный на основе продолжительного практического опыта авторов с целью многостороннего обучения применения методов измерения мутности в пивоварении и в других областях производства напитков, включая водное хозяйство.

Разработанный мутномер построен так, чтобы позвалял доступ на всех уровнях обучения специалистов. Однако он предоставляет возможность использования при решении ряда мутномерных аналитических и диагностических заданий прямо в лаборатории пивзавода и в производстве напитков.