

# Pivovarské tabulky v programovatelných kalkulačkách

Ing. JAN ŠAVEL, Jihočeské pivovary, n. p., České Budějovice

V předešlém sdělení [1] jsme popsali použití programovatelných kalkulátorů v pivovarské laboratoři. Od napsání článku se v ČSSR rozšířily kalkulátory firmy Texas Instruments, zejména TI 58 a TI 59. Časopis Sdělovací technika uveřejňuje programy pro tyto kalkulátory, zasílané čtenáři.

TI 58 a TI 59 jsou kapesní kalkulačky, lišící se kapacitou paměti. TI 58 umožňuje záznam 240 (TI 59 : 480) programových kroků a 30 (TI 59 : 60) paměťových registrů. Počet paměťových registrů lze zvětšit na úkor programových instrukcí a naopak. K oběma kalkuláto-

rům se může připojit tiskárna. Výměnné moduly umožňují dalších 20 až 25 speciálních programů v rozsahu 5000 programových kroků. Podrobnější údaje se nalézají ve firemní literatuře a v českém návodu k použití [2].

Pro pivovarskou laboratoř lze doporučit kalkulačku TI 59, u které je možný záznam programu i dat na magnetických páskách. Relativně velký počet paměťových registrů je výhodný pro uchování většího počtu hmotností pyknometrů i vodních hodnot pro výpočty základních pivovarských a sladařských rozborů. Určitou

Tabulka 1. Extraktivní tabulky

citace	Rozsah		Rozdíl sousedních hodnot	
	relativní hustota	extrakt [%]	relativní hustota	extrakt [%]
3, 4, 9	1,00000—1,12913	0,00—30,00	$3 \cdot 10^{-5}$ — $5 \cdot 10^{-5}$	0,01
5, 6	1,00000—1,08300	0,00—20,007	$5 \cdot 10^{-5}$	0,011—0,013

Tabulka 2. Alkoholové tabulky

citace	Rozsah		Rozdíl sousedních hodnot	
	relativní hustota	alkohol [%]	relativní hustota	alkohol [%]
3, 4, 9	1,00000—0,98637	0,00—8,00	$1 \cdot 10^{-5}$ — $2 \cdot 10^{-5}$	0,01
5	1,00000—0,98807	0,00—7,00	$1 \cdot 10^{-5}$ — $2 \cdot 10^{-5}$	0,01
6a	1,00000—0,98650	0,00—8,02	$2 \cdot 10^{-5}$ — $3 \cdot 10^{-5}$	0,01—0,02
6b	1,00000—0,98650	0,00—7,89	$2 \cdot 10^{-5}$ — $3 \cdot 10^{-5}$	0,01—0,02
7	1,00000—0,79042	0,00—100,00	$2 \cdot 10^{-5}$ — $11 \cdot 10^{-5}$	0,01—0,04

nevýhodou jsou příliš malé rozměry klávesnice pro denní zpracování výsledků rozborů.

Pro výpočty základních rozborů piva a sladu se musí pivovarské tabulky nahrazovat empirickými vzorci. Jednotlivé tabulky se však poněkud liší a tak se mohou

Tabulka 3. Porovnání vybraných hodnot extraktových tabulek

Relativní hustota	Extrakt [%] podle	
	3, 4, 9	5, 6
1,00390	1,00	5,001
1,01968	5,00	10,000
1,04003	10,00	1,001
1,06112	20,00	15,002
1,08298	15,00	20,002

Tabulka 4. Porovnání vybraných hodnot alkoholových tabulek

Relativní hustota	Alkohol [%] podle			
	3, 4, 5, 9	6a	6b	7
0,99813	1,00	1,00	1,00	1,00
0,99631	2,00	1,99	1,98	1,99
0,99285	4,00	3,96	3,93	3,96
0,93962	6,00	5,95	5,88	5,95

Tabulka 5. Program pro TI 58: výpočet konstant a, b, c,

Krok č.	Kód	Symbol
000—006	76 11 22 58 42 00 33	LBL A INV FIX STO 00 x <sup>2</sup>
007—013	42 23 43 00 45 03 95	STO 23 RCL 00 y <sup>x</sup> 3 =
014—020	44 13 44 15 43 00 45	SUM 13 SUM 15 RCL 00 y <sup>x</sup>
021—027	04 95 44 16 43 00 32	4 = SUM 16 RCL 00 x ↔ t
028—034	43 00 92 76 12 42 07	RCL 00 INV SBR LBL B STO 07
035—041	65 43 23 95 44 24 43	x RCL 23 = SUM 24 RCL
042—048	07 78 43 07 92 76 13	07 Σ+ RCL 07 INV SBR LBL C
049—055	43 03 42 08 43 04 42	RCL 03 STO 08 RCL 04 STO
056—062	09 42 11 43 05 42 10	09 STO 11 RCL 05 STO 10
063—069	42 12 42 14 43 01 42	STO 12 STO 14 RCL 01 STO
070—076	25 43 06 42 26 03 36	25 RCL 06 STO 26 3 Pgm
077—083	02 11 01 36 02 12 36	02 A 1 Pgm 02 B Pgm
084—090	02 13 01 36 02 14 43	02 C 1 Pgm 02 D RCL
091—097	25 26 02 91 43 26 36	25 Pgm 02 R/S RCL 26 Pgm
098—104	02 91 43 24 36 02 91	02 R/S RCL 24 Pgm 02 R/S
105—111	25 36 02 15 01 36 02	CLR Pgm 02 E 1 Pgm 02
112—118	16 36 02 91 58 03 91	A' Pgm 02 R/S FIX 3 R/S
119—125	42 27 36 02 91 91 42	STO 27 Pgm 02 R/S R/S STO
126—132	28 36 02 91 42 29 92	28 Pgm 02 R/S STO 29 INV SBR
133—138	76 14 47 25 32 92	LBL D CMS CLR x ↔ t INV SBR

Tabulka 6. Konstanty závislosti nahrazujících pivovarské tabulky

Závislost	Nahrazuje tabulky	Rozmezí extraktu nebo alkoholu [%]	Přesnost (%)**	Konstanty závislosti $y = cx^2 + bx + a$		
				c	b	a
rel. hustota [x] — extrakt [y]*	6a, 7	0,000—20,000	± 0,004	-205,347	668,7183	-463,371
rel. hustota [x] — alkohol [y]*	3, 4, 5, 9	0,00—8,00	± 0,02	6313,74	-13133,81	6820,09
rel. hustota [x] — alkohol [y]	6b	0,00—5,00	± 0,01	5240,702	-11003,16	5762,462
rel. hustota [x] — alkohol [y]	6ab, 7	0,00—5,00	± 0,01	3904,717	-8331,473	4426,755
rel. hustota [x] — alkohol [y]	3, 4, 5, 9	0,00—0,70	± 0,01	0	-525,512	525,513
rel. hustota [x] — alkohol [y]	3, 4, 5, 6, 9	0,00—0,70	< 0,01	0	-536,024	536,026

\* podle [10], ostatní vztahy vlastním výpočtem

\*\* rozdíl mezi hodnotou v tabulkách a vypočtenou hodnotou

získat různé výsledky rozborů. ČSN 56 0186 Metody zkoušení piva nestanoví druh tabulek pro výpočty.

V ČSSR se používají tabulky podle Konečného [3, 4], Moštká [5], Bednáře et al. [6] a alkoholometrické tabulky [7]. V západní Evropě se všeobecně doporučují [8] extraktové tabulky podle Goldinera et al. a alkoholové tabulky podle Blocka et al., uvedené např. v [9]. V USA se používají tabulky ASBC, převzaté publikací [6]. Alkoholové tabulky [6] udávají jednak hmotnostní procenta alkoholu (dále 6a), jednak tzv. obsah alkoholu (dále 6b), bez podrobnějšího vysvětlení.

Údaje o tabulkách a jejich porovnání uvádějí tab. 1 až 4. Z nich je patrné, že extraktové tabulky se prakticky neliší, zatímco rozdíly mezi alkoholovými tabulkami jsou významné. Kromě uvedených laboratorních tabulek, které udávají závislost mezi relativní hustotou při 20°/20 °C a hmotnostními procenty extraktu nebo alkoholu, existují tabulky pro provozní bilance s relativní hustotou 20°/4 °C a tabulky závislosti objemových procent alkoholu na relativní hustotě.

Různé druhy pivovarských tabulek se zpravidla nahrazují závislostí  $y = a + bx + cx^2$ , kde x je relativní hustota při 20°/20 °C a y hmotnostní procenta extraktu nebo alkoholu, nebo v úzkém intervalu hodnot lineárních závislostí  $y = bx + c$ . Zpravidla se volí co nejužší potřebné rozmezí hodnot, aby se tabulky nahradily vzorcem co nejpřesněji. Pro běžná piva postačuje rozmezí extraktu 0—14 %, alkoholu 0—5 %.

Robbin [10] udává konstanty c, b, a pro extraktové i alkoholové tabulky podle ASBC, zatímco pro ostatní tabulky literatura konstanty neuvádí.

Pro obecné použití jsme sestavili jednoduchý program pro TI 58, použitelný i pro TI 59 (tab. 5). Pro odhad parametrů  $c$ ,  $b$ ,  $a$  se řeší podle Rektoryse [11] soustava rovnic:

$$S_0 a + S_1 b + S_2 c = \sum_{i=1}^n y_i;$$

$$S_1 a + S_2 b + S_3 c = \sum_{i=1}^n x_i; y_i;$$

$$S_2 a + S_3 b + S_4 c = \sum_{i=1}^n x_i^2; y_i;$$

$$S_m = \sum_{i=1}^n x_i^m$$

$$(S_0 = n)$$

Vstupní hodnoty  $x_i$  se zadávají tlačítkem A,  $y_i$  tlačítkem B, po zadání se hodnoty znázorní na displeji. Po vložení souboru dat se tlačítkem C spustí výpočet odhadu konstanty  $a$ , po stisknutí R/S  $b$  a po novém R/S  $c$ . Odhady konstant se zaokrouhlí na 3 desetinná místa a nezaokrouhlené uloží v registrech 27(a), 28(b) a 29(c).

Při konstantním rozdílu mezi proměnnými  $x$  nebo  $y$  se program doplní o instrukce generující jednu proměnnou ( $x$  nebo  $y$ ), takže postačí vkládat jedinou proměnnou. Tlačítkem D se připraví vklad nového souboru dat.

Pro vyrovnání tabulek s uspokojivou přesností postačí vložít 10–15 dvojic hodnot rovnoměrně vybraných ze zvoleného intervalu v tabulkách. Vklad hodnot pak trvá asi 15 min, vlastní výpočet asi 1 min. Konstanty pro nejběžnější typy tabulek a nejužívanější rozmezí extraktu nebo alkoholu udává tab. 6.

Běžné typy programovatelných kalkulačtorů mají zabudováno vyrovnávání dat lineární regresí tvaru  $y = a + bx$ . Toho lze využít pro náhradu tabulek v malém rozmezí hodnot extraktu nebo alkoholu (např. pro výpočet rozběrů Pita, alkohol 0,00–0,70 %) (tab. 6).

#### Literatura

- [1] ŠAVEL, J. - ŠATAVA, J.: Kvas. prům. 25, 1979, s. 102–104.
- [2] BIŇOVEC V. - MRÁZEK, J.: Programovatelný kalkulátor pro vědeckotechnické výpočty TI-59 (TI-58). Praha 1978.
- [3] KONEČNÝ, V. F.: Přivovarsko-sladařská pomocná příručka. Praha 1949.
- [4] KONEČNÝ, V. F.: Pomocné tabulky. Praha 1949.
- [5] MOŠTEK, J.: Analytické metody ke cvičení z kvasné chemie a technologie. VŠCHT, Praha 1936.
- [6] BEDNÁŘ, J. - ŠTEKR, K. - VANČURA, M.: Přivovarsko-sladařské tabulky. Praha 1967.
- [7] ON 68 0807 Podrobné alkoholometrické tabulky. Výpočet koncentrace ethanolu při pyknometrické metodě. MZVZ, Praha 1973.
- [8] Analytica EBC. 3. vyd. Zürich 1975.
- [9] DE CLERCK, J.: Lehrbuch der Brauerei. 2. vyd., 2. díl. Berlin 1965.
- [10] ROBBIN, G. S.: Brew. Dig. 50, 1975, č. 9, s. 66, 67, 68.
- [11] REKTORYS, K.: Přehled užité matematiky. Praha 1968.

Šavel, J.: Přivovarské tabulky v programovatelných kalkulačkách. Kvas. prům., 26, 1980, č. 3, s. 54–56.

Článek se zabývá náhradou přivovarských tabulek empirickými vzorci pro výpočty základních přivovarských rozběrů na programovatelných kalkulačtorích. Závislosti mezi relativní hustotou ( $x$ ) a hmotnostními procenty extraktu nebo alkoholu ( $y$ ) se vyrovnávají vztahem  $y = a + bx + cx^2$ , nebo v užším intervalu hodnot  $y = a + bx$ . Udávají se odhady konstant  $a$ ,  $b$ ,  $c$  pro různé typy tabulek a program pro TI 58 pro výpočet těchto konstant.

Шавел, Я.: Миникалькуляторы вытесняют на пивоваренных заводах традиционные таблицы. Квас. прум. 26, 1980, № 3, стр. 54–56.

В статье рассматриваются выгоды, вытекающие из замены таблиц, применявшихся до настоящего времени для расчета основных производственно-контрольных анализов, эмпирическими формулами, решаемыми с помощью настольных миникалькуляторов. Зависимость между относительной плотностью ( $x$ ) и процентным содержанием экстракта или спирта (в массовом выражении) определяет уравнение  $y = a + bx + cx^2$ , или в более узком интервале значений, уравнение  $y = a + bx$ . В приведенных уравнениях  $y$  обозначает содержание экстракта или спирта. Автор приводит оценку постоянных  $a$ ,  $b$ ,  $c$  для разных видов таблиц а также программу для их расчета на миникалькуляторе TI 58.

Šavel, J.: In Breweries Calculators Replace Traditional Tables. Kvas. prům., 26, 1980, No. 3, pp. 54–56.

Traditional tables which are used in breweries and contain all data necessary for routine analyses are now being gradually replaced by formulae stored in the memory of desk calculators. Relation between the relative density ( $x$ ) and percentage ( $y$ ) of extract or alcohol (in terms of mass) can be expressed as:  $y = a + bx + cx^2$  or in a more narrow limits of values, as:  $y = a + bx$ . The article deals with the estimates of constants  $a$ ,  $b$  and  $c$  for various types of tables and with the program for the TI 58 calculator which can be used to calculate them.

Šavel, J.: Die Brauereitabellen in programmierbaren Kalkulationsmaschinen. Kvas. prům. 26, 1980, No. 3, S. 54–56.

Der Autor befaßt sich mit dem Ersatz der Brauereitabellen durch empirische Formeln für die Berechnung der Brauerei-Grundanalysen auf programmierbaren Kalkulationsmaschinen. Die Abhängigkeit zwischen der relativen Dichte ( $x$ ) und den Masseprozenten des Extrakts oder Alkohols ( $y$ ) werden durch die Beziehung  $y = a + bx + cx^2$  ausgeglichen, bzw. im engeren Intervall der Werte  $y = a + bx$ . Es werden die Schätzungen der Konstanten  $a$ ,  $b$ ,  $c$  für verschiedene Tabellentypen sowie auch das Programm für TI 58 zur Errechnung dieser Konstanten angeführt.