

희석과즙음료에서의 과즙함량 계산

최 희 돈

농산물이용연구부

과즙음료 제조업자는 제조한 음료에 함유된 각각 과즙 또는 농축 과즙액의 함량산출시 각각의 과즙에서 이미 알고있는 부피 또는 무게를 사용하여 계산하며, 미리 정해져 있는 과즙함량 기준을 맞추는데 필요한 과즙성분들의 양을 계산할 수 있어야 한다. 농축과즙은 100% 환원과즙과 희석과즙음료를 만들기 위하여 널리 사용되기 때문에 음료 제조업자는 알고있는 농도의 농축액을 물로 희석하여 100% 과즙의 양을 어느정도 만들수 있는지 계산할 수 있어야 한다. 희석과즙, 100% 과즙, 농축액은 과즙의 수용성고형분의 무게%로 표현할 수 있다. 수용성고형분이라는 용어는 과즙 또는 음료에 용해된 모든 물질을 의미하며, 과즙에서 용해된 물질은 주로 설탕 또는 전화당 형태의 당과 천연의 구연산, 사과산 또는 주석산이다. 또 옥수수당과 시럽, 기타 유기산 및 기타 수용성 성분들이 포함된다. 전분당 공업에서 당용액의 농도는 °Brix라는 용어로 표시된다. 당용액의 농도 결정에 이용되는 굴절계와 비중계는 용액에서 당함량을 무게%로 나타낸다. 과실음료산업에서는 일반적으로 °Brix를 측정하기 위하여 굴절계를 사용하고 이 값을 총 수용성 고형분 함량으로 한다. 그러나 구연산과 같은 수용성 물질을 함유하는 과즙 또는 음료에서는 굴절계에서의 값이 실제의 수용성 고형분의 양보다는 약간 작게 나타난다. 감귤류 산업에서는 존재하는 산의 양을 근거로 하여 부족에 대한 보정이 이루어지고 무수 구연산의 무게%로 표시한다.

lemonade의 동결농축액에 대한 미국 FDA 규정집에는 '수용성 고형분'을 '굴절계로 결정된 설탕값을 산도에 대해 보정한 설탕값'이라고 언급되어 있다. grapefruit 과즙에 대한 규정도 비슷한 정의를 사용한다. 오렌지주스에 대한 규정에서는 '수용성 고형분'을 'Brix 비중계 값'이라고 정의하고 있는데, 이는 굴절계 사용시 산 보정을 함을 의미한다. 표 1은 감귤류 산업에서 사용된 보정값을 나타낸다. 일반적으로 과즙제품에 대한 규정에서는 100% 과즙 제조시 농축액이 희석되어야 하는 최소 °Brix 또는 수용성 고형분 함량에 대해 언급하고 있다. 그러나 아직 FDA에서 공표한 규정이 없고 또 100% 과즙에 대한 광범위하게 인정되는 정의가 없는 과실 및 야채주스도 많다. FDA는 '식품 표시'(Food labeling)에 대해 Federal Register에 46개의 과실과 3개의 야채에 대해 Brix 수준으로, 또 레몬과 라임에 대해 산도 수준으로 목록을 만들었다. 그 값(°Brix 또는 구연산 함량)은 표 2와 같다. FDA 목록의 Brix값은 100% 과즙 Brix와 같다. Brix를 기초로 한 과즙함량 계산은 Brix 값이 FDA 목록에 기재된 과실과 야채주스에 대해서만 적용할 수 있다. 감귤류 산업에서 앞서 언급한 바와 같이 Brix 굴절계가 수용성고형분을 알기 위해 사용될 때 그 값은 항상 산도에 대해 보정되어야 한다. 그러나 파인애플 과즙에 대한 규정에서는 농축액으로부터 만들고 굴절계로 결정한 과즙의 Brix는 산도에 대해 보정하지 않은 12.8 °Brix라

Table 1. Refractometer correction table for anhydrous citric acid as used in the citrus industry^{a, b}

Citric acid, %	+0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18
1.0	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38
2.0	0.39	0.41	0.43	0.45	0.47	0.49	0.51	0.53	0.54	0.56
3.0	0.58	0.60	0.62	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74	0.76
4.0	0.78	0.80	0.81	0.83	0.85	0.87	0.89	0.91	0.93	0.95
5.0	0.97	0.99	1.01	1.03	1.04	1.06	1.07	1.09	1.11	1.13
6.0	1.15	1.17	1.19	1.21	1.23	1.25	1.27	1.29	1.30	1.32
7.0	1.34	1.36	1.38	1.40	1.42	1.44	1.46	1.48	1.50	1.52
8.0	1.54	1.56	1.58	1.60	1.62	1.64	1.66	1.68	1.69	1.71
9.0	1.72	1.74	1.76	1.78	1.80	1.82	1.83	1.85	1.87	1.89
10.0	1.91	1.93	1.95	1.97	1.99	2.01	2.03	2.05	2.06	2.08
11.0	2.10	2.12	2.14	2.16	2.18	2.20	2.21	2.23	2.24	2.26
12.0	2.27	2.29	2.31	2.33	2.35	2.37	2.39	2.41	2.42	2.44
13.0	2.46	2.48	2.50	2.52	2.54	2.56	2.57	2.59	2.61	2.63
14.0	2.64	2.66	2.68	2.70	2.72	2.74	2.75	2.77	2.78	2.80
15.0	2.81	2.83	2.85	2.87	2.89	2.91	2.93	2.95	2.97	2.99
16.0	3.00	3.02	3.03	3.05	3.06	3.08	3.09	3.11	3.13	3.15
17.0	3.17	3.19	3.21	3.23	3.24	3.26	3.27	3.29	3.31	3.33
18.0	3.35	3.37	3.38	3.40	3.42	3.44	3.46	3.48	3.49	3.51
19.0	3.53	3.55	3.56	3.58	3.59	3.61	3.63	3.65	3.67	3.69
20.0	3.70	3.72	3.73	3.75	3.77	3.79	3.80	3.82	3.84	3.86
21.0	3.88	3.90	3.91	3.93	3.95	3.97	3.99	4.01	4.02	4.04
22.0	4.05	4.07	4.09	4.11	4.13	4.15	4.17	4.19	4.20	4.22
23.0	4.24	4.26	4.27	4.29	4.30	4.32	4.34	4.36	4.38	4.40
24.0	4.41	4.43	4.44	4.46	4.48	4.50	4.51	4.53	4.54	4.56
25.0	4.58	4.60	4.62	4.64	4.66	4.68	4.69	4.71	4.73	4.75
26.0	4.76	4.78	4.79	4.81	4.83	4.85	4.86	4.88	4.90	4.92
27.0	4.94	4.96	4.97	4.99	5.00	5.02	5.03	5.05	5.06	5.08
28.0	5.10	5.12	5.14	5.16	5.18	5.20	5.22	5.24	5.25	5.27
29.0	5.28	5.30	5.31	5.33	5.35	5.37	5.39	5.41	5.42	5.44
30.0	5.46	5.48	5.49	5.51	5.52	5.54	5.56	5.58	5.60	5.62
31.0	5.64	5.66	5.67	5.79	6.71	5.73	5.75	5.77	5.79	5.81
32.0	5.82	5.84	5.86	5.88	5.89	5.91	5.93	5.95	5.97	5.99
33.0	6.00	6.02	6.04	6.06	6.07	6.09	6.10	6.12	6.13	6.15
34.0	6.16	6.18	6.20	6.22	6.23	6.25	6.27	6.29	6.30	6.32
35.0	6.34	6.36	6.37	6.39	6.41	6.43	6.45	6.47	6.48	6.50
36.0	6.52	6.54	6.56	6.58	6.59	6.61	6.63	6.65	6.67	6.69
37.0	6.70	6.72	6.74	6.76	6.77	6.79	6.81	6.83	6.85	6.87
38.0	6.88	6.90	6.92	6.94	6.95	6.97	6.98	7.00	7.01	7.03
39.0	7.04	7.06	7.08	7.10	7.11	7.13	7.15	7.17	7.19	7.21
40.0	7.22	7.24	7.26	7.28	7.29	7.31	7.32	7.34	7.36	7.38
41.0	7.39	7.41	7.42	7.44	7.45	7.47	7.49	7.51	7.52	7.54

^a Corrections to be added to readings of Brix refractometers(refractometric sucrose values) to obtain degrees Brix

^b Users of computers may find it practical to use the formula for corrections for citric acid content contained in the paper of Yeatman et al. ;the correction to the refractometer reading is $0.012+0.193x-0.0004x^2$, where x is the percent anhydrous citric acid content.

Table 2. Soluble solids content of 100% juices

Juice	100% juice Brix	Juice	100% juice Brix
Acerola	6.0	Guanabana (soursop)	16.0
Apple	11.5	Guava	7.7
Apricot	11.7	Honeydew melon	9.6
Banana	22.0	Kiwi	15.4
Blackberry	10.0	Loganberry	10.5
Blueberry	10.0	Mango	13.0
Boysenberry	10.0	Nectarine	11.8
Contaloupe melon	9.6	Orange	11.8
Carambola	7.8	Papaya	11.5
Carrot	8.0	Passion fruit	14.0
Casaba melon	7.5	Peach	10.5
Cashew (Caju)	12.0	Pear	12.0
Celery	3.1	Pineapple	12.8
Cherry (red, sour)	14.0	Plum	14.3
Cherry (dark, sweet)	20.0	Pomegranate	16.0
Crabapple	15.4	Prune	18.5
Cranberry	7.5	Quince	13.3
Currant (black)	11.0	Raspberry (black)	11.1
Currant (red)	10.5	Raspberry (red)	9.2
Date	18.5	Rhubarb	5.7
Dewberry	10.0	Strawberry	8.0
Elderberry	11.0	Tangerine	11.8
Fig	18.2	Tomato	5.0
Gooseberry	8.3	Watermelon	7.8
Grape	16.0	Youngberry	10.0
Grapefruit	10.0		
		Lemon	4.5% ^a
		Lime	4.5% ^a

^a Anhydrous citric acid, percent by weight, derived from the fruit as present in the diluted beverage.

고 되어있다. FDA는 표 2의 최소 Brix값을 이용할 때 감귤류를 제외한 모든 과실에 대한 굴절계 값은 산도에 대해 보정하지 않는다고 규정하였다.

표 2는 레몬과 라임과즙이 무수 구연산 무게 %에 대해 4.5%의 값을 가짐을 보여준다. 레몬과 라임과즙은 산도가 구연산 무게로 4.5%일 때 100% 과즙이다(환원레몬과즙을 포함한 레몬과즙에 대한 규정에서는 산도에 대해 보정하지 않은채로 굴절계

로 최소 6°Brix를 나타낸다고 되어 있다)[21 CFR 146.114].

음료(레몬과 라임과즙 제외)에서의 총과즙 함량 계산

음료 제조업자는 혼합되는 과즙성분의 함량을 측정하기 위해 여러가지 방법을 사용한다. 실제로 어떤 업체는 농축액의 무게를 측정한다. 또 매우 보편적인 방법으로 volumetric meter 또는 부피를 알고 있는 콘테이너의 수로 과즙성분의 부피를 측정한다. 농축액의 무게를 알고 있다면 100% 과즙 Brix에서 이에 해당하는 과즙의 무게를 식 (1)에 의해 구할 수 있다.

$$100\% \text{ 과즙 Brix에서의 과즙의 무게} \\ = \text{농축액의 무게} \times \frac{\text{농축액의 Brix}}{100\% \text{ 과즙 Brix}} \quad (1)$$

100% 과즙 Brix에서의 회석과즙의 부피는 식 (2)와 설탕용액에 대한 밀도표를 사용하여 무게로부터 계산할 수 있다. 이 표를 Brix표 또는 비중표라고도 한다.

$$\text{부피} = \frac{\text{무게}}{\text{밀도}} \quad (2)$$

부피는 같은 단위를 사용하면 어떠한 단위로도 표현될 수 있다. 표에서는 밀도를 20°C에서의 lb/gal 또는 20°C에서의 g/L로 표시하고 있다. 식 (3)을 이용한다.

$$\text{음료에서의 과즙 함량} = \frac{\text{과즙의 부피}}{\text{음료의 부피}} \times 100 \quad (3)$$

농축액 성분의 부피를 알고 있다면 부피를 그 과즙의 100% 과즙 Brix에서의 부피로 변환시킬 수 있다. 먼저 농축액을 100% 과즙 Brix로 회석함으로써 다음 공식에 의거 농축액에서의 수용성고형분을 그 농축액으로부터 만든 과즙에서의 수용성고형분으로 바꾼다.

(농축액의 부피, Vc) × (Brix표에서의 농축액의 Brix에서의 설탕 lb/gal)

= (과즙의 부피, Vj) × (Brix표로부터 구한 그 과즙의 100% 과즙 Brix에서의 설탕 lb/gal)

그리고 식 (4)를 이용하여 100% 과즙 Brix에서의 과즙의 부피를 계산한다.

$$V_j = V_c \times \frac{\text{농축액에 대한 설탕 lb/gal}}{\text{과즙에 대한 설탕 lb/gal}} \quad (4)$$

음료에서의 과즙 함량을 계산하기 위하여 식(3)을 이용한다. 각 과즙성분의 합은 각 과즙의 부피를 합함으로써 구할 수 있다. 부피/부피 계산에 대한 근거는 Ferderal Regulation(21 CFR 102.5 [b][1])에 '각 특정한 성분의 함량은 최종제품에서의 각 성분의 양에 기초한다(즉 액체의 경우 부피/부피)'고 규정되어 있는 항목이다.

최종음료제품의 Brix는 이 계산에 포함되지 않았다. 총과즙함량이 100% 미만인 음료에서 그 음료의 Brix는 과즙성분들의 100% 과즙 Brix와 다르다.

음료에서의 레몬과 라임과즙의 총합량 계산

레몬과 라임과즙은 Brix값의 사용에 있어 예외이다. 레몬과 라임과즙 및 농축액의 판매는 산도에 기초한 것으로 식품 또는 음료에 신맛을 부여하기 위하여 많이 사용된다. 산도는 보통 무수구연산 g/농축액 L(400GPL)로 표현된다.

레몬과즙에 대한 FDA 규정(21 CFR 146.144 [a][1])에는 무수 구연산으로 환산해서 무게로 4.5% 정도의 적정산도 함량을 갖는다고 기록되어 있다. FDA 목록은 이 값을 라임과즙에도 적용하고 있다. 무게/부피값(GPL)이 농축액에 대해 사용되고, 무게/무게 측정값(%)이 과즙에 대해 사용되기 때문에 과즙함량 계산에는 과즙의 밀도와 수용성고형분의 총합량을 알 필요가 있다.

Brix표로부터 정확한 밀도를 얻기 위해서는 굴

절계로 구한 Brix 값을 산도에 대해 보정하여야 한다(표 1).

- (1) Brix 굴절계를 사용하여 레몬 또는 라임 농축액의 굴절계 값을 정한다.
- (2) 분석하여 농축액에 대해 구연산의 무게 % 함량으로 산도를 정한다.
- (3) 수용성고형분 총합량(보정된 Brix)을 구하기 위하여 굴절계 값에 적당한 산도 보정을 한다(표 1).
- (4) 2단계에서 구한 산도와 3단계에서 구한 보정된 Brix에 상응하는 밀도(g/L)를 곱하고 100으로 나눠주어 실제의 산 농도(GPL)를 계산한다.
- (5) 식 (5)를 이용하여 과즙의 무게(농축액 1 lb를 무게 %로 산도 4.5로 희석하여 얻어진)를 계산한다.

$$\text{과즙 lb/농축액 lb} = \frac{\text{무게 \%로 표현된 농축액의 산도(2단계)}}{4.5} \quad (5)$$

- (6) 식 (6)을 이용하여 100% 과즙의 보정된 Brix를 계산한다.

$$\text{과즙의 보정 Brix} = \frac{\text{농축액의 보정된 Brix(3단계)}}{\text{과즙 lb/농축액 lb(5단계)}} \quad (6)$$

- (7) 표로부터 과즙의 밀도(g/L)를 구하기 위하여 6단계의 과즙 Brix를 이용한다. 식 (7)을 이용하여 무게로 구연산 4.5%를 함유하는 과즙에서 구연산의 밀도(g/L)를 계산한다.

$$\text{과즙에서의 구연산의 GPL} = \frac{4.5}{100} \times \text{과즙밀도} \quad (7)$$

- (8) 농축액의 GPL을 100% 과즙의 GPL(4-7 단계)로 나눠줌으로써 부피농도비율(VCR, Volume Concentration Ratio)을 계산한다.
- (9) 농축액의 부피를 VCR로 곱함으로써 batch

상태의 과즙의 부피를 계산한다.

- (10) 음료의 과즙함량을 계산하기 위하여 식 (3)을 이용한다.

3가지 농축액으로 만든 펀치베이스의 과즙함량 계산

표 3은 오렌지 농축액(65 °Brix, gal), 체리 농축액(44 °Brix, lb)과 레몬 농축액(400GPL)을 함유하는 펀치베이스에서 총과즙함량을 계산하는 방법을 보여준다. 이외에 물, 당, 구연산, 향 등이 포함된다. 베이스의 batch size는 1000 gallon이다. 베이스 부피 1은 물 부피 3으로 희석되기 때문에 100% 음료 부피를 기준으로 하는 과즙함량 계산에 사용되는 최종부피는 4000 gallon이다.

펀치베이스에서 오렌지 과즙에 대한 계산은 $35 \times 6.934 = 242.7$, $242.7 \times 100 / 4000 = 6.07\%$ 와 같다. 체리과즙에 대해서는 $319 \times 44.0 / 14.0 = 1003$, $1003 / 8.795 = 114.0$, $114.0 \times 100 /$

$4000 = 2.85\%$ 이며,

레몬과즙에 대해서는 예에 사용된 레몬 농축액이 2단계의 산도와 1단계의 보정하지 않은 굴절계 값 49.2 °Brix로부터 무게비 31.8%의 산도를 갖는다. 3단계에서 표 1로부터 산도에 대한 보정값은 5.8이며 이 값이 굴절계 값에 더해져 55 °Brix가 된다. 4단계에서 $31.8 \times 1256.5 (\text{밀도}) / 100 = 400 \text{g acid/L}$ 가 된다.

5단계 : 과즙의 무게/농축액 lb = $31.8 / 4.5 = 7.07 \text{ lb}$

6단계 : 100% 과즙의 보정된 Brix = $55 / 7.07 = 7.78 \text{ °Brix}$

7단계 : 과즙의 구연산 = $4.5 \times 1028.1 / 100 = 46.3 \text{ GPL}$

8단계 : VCR = $400 / 46.3 = 8.64$

9단계 : 과즙의 부피 = $5 \times 8.64 = 43.2 \text{ gallon}$

10단계 : 음료에서의 과즙함량 = $43.2 \times 100 / 4000 = 1.08\%$

Table 3. Juice content calculation of punch base made from 3 concentrates*

Data	Orange juice concentrate	Sour cherry juice concentrate	Lemon juice concentrate
Brix of concentrate	65°	44°	
Acidity of concentrate			400 GPL
Quantity of concentrate	35 gal	319 lb	5 gal
Brix of 100% juice, Table 2	11.8°	14.0°	
Acidity of 100% juice, Table 2			4.5% by wt
Equation to use	No. 4 & 3	No. 1-3	See steps 1-10
Data used in the calculations :			
Pounds of sucrose/gallon :			
Concentrate - 65° Brix	7.135		
Juice - 11.8° Brix	1.029		
Juice/concentrate ratio, volume	6.934		
Density of 14.0° Brix juice		8.795 lb/gal	
Density of 55.0° Brix concentrate			1256.5 g/L
Juice/concentrate ratio, weight		$44.0 / 14.0 = 3.143$	
Density of 7.8° Brix juice			1028.1 g/L
Acidity of 4.5% w/w juice (Step 7 or Figure 1)			46.3 GPL
Single-strength juice equivalent	242.7 gal	114.0 gal	43.2 gal
Juice in beverage	6.07%	2.85%	1.08%

* Total percent juice when diluted as directed = 10.0%

Table 4. Application of Equations 11 and 12

°Brix	Apparent specific gravity in air, 20°/20°C	Apparent density in sir, g/mL, 20°C	Apparent density in air, lbs/gal, 20°C	Sucrose in air, lbs/gal, 20°C
0	1.00000	0.99718	8.322	0.0
20	1.08297	1.07991	9.012	1.802
40	1.17875	1.17542	9.809	3.924
60	1.28908	1.28544	10.727	6.436
80	1.41471	1.41072	11.773	9.418
100	1.55521	1.55082	12.942	12.942

°Brix로부터의 겉보기 밀도(Apparent Density) 계산

비중과 밀도표는 컴퓨터에서 이용될 수 있는 식으로 표현되어 있다. 겉보기 밀도(g/mL, lb/gal)를 구하기 위한 식 (8), (9), (10)이 Chen에 의해서 발표되었다(D는 설탕용액의 겉보기밀도, B는 설탕용액의 °Brix)

$$D = \sum_{n=0}^5 b_n \times B^n \tag{8}$$

여기에서 n=0,1,...,5, b₀ = 0.997174, b₁=3.857739×10⁻³, b₂=1.279276×10⁻⁵, b₃= 6.191578×10⁻⁸, b₄=-1.7774448×10⁻¹⁰, b₅=-4.199709×10⁻¹³이다. 계산된 D값은 g/mL이며 정확성은 약 ±1×10⁻⁵g/mL이다.

식 (8)로부터 구한 겉보기점도는 다음 식들을 이용하여 용액 lb/gal과 설탕 lb/gal을 구하는데 사용된다.

$$\begin{aligned} \text{용액 lb/gal} &= 8.34536[\text{lb/g} \times \text{mL/gal}] \\ &\times D[\text{g/mL}] \end{aligned} \tag{9}$$

$$\text{설탕 lb/gal} = B[^\circ\text{Brix}] \times D[\text{lb/gal}]/100 \tag{10}$$

°Brix로부터 대기상태에서의 겉보기비중과 밀도 계산

Hackbarth는 대기상태에서 그리고 감압상태에

서 설탕용액의 비중을 컴퓨터를 이용하여 쉽게 계산할 수 있는 방법을 개발하였다.

760torr 20°C/20°C의 대기상태에서의 겉보기비중(S, apparent specific gravity)는 식 (11)을 이용하여 감압상태에서의 비중(S_T)으로부터 계산될 수 있다.

$$S = S_T \times 1.00121 - 0.00121 \tag{11}$$

겉보기비중과 °Brix(B) 또는 설탕무게 함량의 관계식은 식 (12)로 구할 수 있다.

$$S = \sum_{n=0}^8 b_n B^n \tag{12}$$

여기에서 n = 0,1,...,8, a₀ = 1.0, a₁ = 3.87217×10⁻³, a₂ = 1.20700×10⁻⁵, a₃ = 1.20485×10⁻⁷, a₄ = -2.37056×10⁻⁹, a₅ = 4.45367×10⁻¹¹, a₆ = -5.15428×10⁻¹³, a₇ = 3.10578×10⁻¹⁵, a₈ = -7.66564×10⁻¹⁸이다.

760 torr의 대기상태에서의 물의 겉보기 밀도(D)는 8.32162 lb/gal 또는 0.997177 g/mL이므로 용액의 밀도(D)는 0.997177 g/mL×S 또는 8.32162 lb/gal×S이며 설탕함량은 8.32162 lb/gal×S×B/100이다.

식 (11)과 (12)에 의해 구한 결과는 표 4의 데이터에 대해 점검하여야 한다.

출처; JAOAC Int'L., 76(2); 422-429 (1995)