

МОЛЬНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ САХАРНЫХ РАСТВОРОВ

Концентрация сухих веществ (СВ) сахарных растворов обычно выражается массовыми процентами (СВ, %). При изучении закономерностей зависимости свойств раствора (растворимость сахарозы в воде, вязкость раствора и т. д.) от их концентрации в теоретических исследованиях часто используют мольные проценты [1], характеризующие процентное отношение числа киломолей данной составной части к общему числу киломолей всех компонентов раствора (СВ_м, %).

Молекулярная масса сахарозы равна 342,296 кг/моль, воды — 18,016 кг/моль. Для чистых сахарных растворов мольная концентрация сахарозы равна мольной концентрации СВ_м:

$$СВ_{м} = Сx_{м} = \frac{100 СВ}{342,296 \left(\frac{СВ}{342,296} + \frac{100 - СВ}{18,016} \right)} = \frac{100}{\frac{1900}{Сx} - 18} \quad (1)$$

На основе формулы (1) авторами построена номограмма перевода массовой концентрации чистых сахарных растворов в мольную и наоборот (рис. 1).

Как видно из номограммы, СВ_м всегда ниже, чем СВ.

Так СВ = 50% соответствует СВ_м = 5%, а СВ_м =

= 50% получается при СВ = 95%. Характер изменения СВ_м для разных

участков СВ различен. Например, если при варке

утфеля I рафинада СВ межкристалльного раствора растет с 72,1 до 80,7%, т. е. на

8,6%, то СВ_м повышается соответственно от 12 до

18%, т. е. на 6%.

С увеличением содержания несахаров в растворе Сx_м снижается, а СВ_м

в зависимости от количества и молекулярной массы отдельных несахаров μ_i может как уменьшаться, так

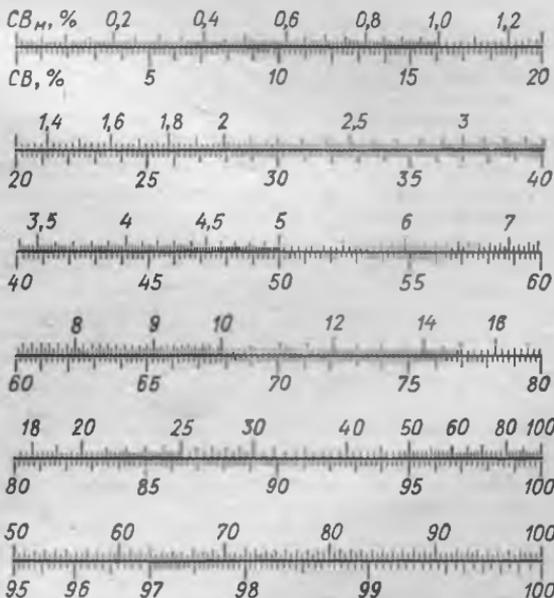
и увеличиваться по сравнению с чистыми сахарными

растворами. Например, для раствора сахарозы с добавкой NaCl при СВ = 75%

(по рис. 1 СВ_м = 13,6%)

± Сx = 62,5% расчеты дают СВ_м = 22,2%, Сx_м = 10,2% и среднюю или

кажущуюся молекулярную массу раствора μ_p = 55,9 кг/моль. Если NaCl



Взаимосвязь между массовой и мольной концентрациями чистых сахарных растворов.

± Сx = 62,5% расчеты дают СВ_м = 22,2%, Сx_м = 10,2% и среднюю или кажущуюся молекулярную массу раствора μ_p = 55,9 кг/моль. Если NaCl

$$\left[Сx = \frac{1900}{\frac{100}{Сx} + 18} \right]$$

заменить рафинозой $C_{18}H_{32}O_{16}$ то получим $СВ_M = 13,0\%$, $Сх_M = 11,4\%$ и $\mu_p = 62,4$ кг/кмоль.

Определение количественного и качественного состава несахаров производственных сахарных растворов является весьма сложной задачей. Чтобы получить возможность оценки величины молярных концентраций отдельных компонентов в производственных сахарных растворах нами произведены расчеты применительно к среднему (несколько детализированному нами) составу отечественных свекловичных меласс [2]. Результаты расчетов сведены в таблицу.

Таблица 9
Средний состав отечественных свекловичных меласс

Составные части	$C_B, \%$	$C_{\text{эл}}, \%$	Составные части	$C_B, \%$	$C_{\text{эл}}, \%$
Вода	18,00	68,625	инвертный сахар	1,00	0,191
Сахароза	47,56	9,543	рафиноза	1,00	0,136
Органические азотистые вещества	12,31	6,790	арабиан, галактин	3,67	0,016
В том числе:			целлюлоза	0,02	0,015
бетаин	6,07	3,559	молочная кислота	1,17	0,892
глутаминовая кислота	3,78	1,765	муравьиная »	0,94	1,403
лейцин	0,50	0,262	уксусная »	1,64	1,876
аспарагиновая кислота	0,34	0,175	пропионовая »	0,23	0,213
гликокол	0,27	0,247	масляная »	1,17	0,912
валин	0,27	0,158	капроновая »	0,23	0,155
γ -аминомасляная кислота	0,27	0,180	красящие вещества	3,67	0,172
аланин	0,25	0,193	Неорганические вещества (зола)	7,39	9,061
тирозин	0,19	0,072	В том числе:		
пролин	0,10	0,060	SiO_2	0,06	0,069
фенилаланин	0,08	0,033	K_2O	2,50	1,823
цистин	0,05	0,014	CaO	0,18	0,220
серин	0,05	0,033	MgO	0,11	0,187
лизин	0,03	0,014	Na_2O	0,83	0,920
аргинин	0,03	0,012	P_2O_5	0,04	0,019
гистидин	0,03	0,013	Fe_2O_3	0,01	0,004
Органические безазотистые вещества	14,74	5,981	Al_2O_3	0,04	0,027
В том числе:			CO_2	2,24	3,496
НС	34,44	21,232	SO_2	0,35	0,300
			Cl	1,03	1,996
Итого	100,00	100,000	Итого	100,00	100,000

Для этой мелассы $\mu_p = 68,68$ кг/кмоль (согласно рисунку для $СВ = 82\%$, $СВ_M = 28,4\%$, что соответствует $\mu_p = 77,0$ кг/кмоль). Проведенные нами аналогичные расчеты для одной из свекловичных западноевропейских меласс [3] при $СВ = 83,5\%$ и $Сх = 51\%$ дали $СВ_M = 33,70\%$, $Сх_M = 10,78\%$ и $\mu_p = 72,3$ кг/кмоль.

В случае разбавления или выпаривания производственных сахарных растворов (при отсутствии кристаллов) сахар и несакара остаются в растворе.

и меняется только количество воды. При этом меняется и средняя молекулярная масса раствора

$$\mu_p = \frac{100 \pm \Delta B}{\sum_{i=1}^{n-1} \frac{C_i}{\mu_i} + \frac{100 - \sum_{i=1}^{n-1} C_i \pm \Delta B}{18,016}} \quad (2)$$

где C_i и μ_i — массовая концентрация и молекулярная масса отдельного компонента в начальном растворе (учитываются все компоненты, кроме воды); n — число компонентов (включая воду); ΔB — изменение содержания воды, в % к начальной массе раствора.

При разбавлении (вдвое) мелассы, состав которой приведен в таблице, ее средняя молекулярная масса снизится до $\mu_p = 28,6$ кг/кмоль.

Мольная концентрация отдельного компонента

$$C_{Mi} = C_i \frac{\mu_p}{\mu_i} \quad M_{H_2O} = \mu_p \frac{C_{H_2O}}{C_{H_2O} \mu_{H_2O}} = 68,68 \frac{34,44}{18,016} = 128,8$$

В случае растворения или кристаллизации сахарозы при неизменном количестве воды

$$\mu_p = \frac{100 \pm \Delta Cx}{\sum_{i=1}^{n-1} \frac{C_i}{\mu_i} + \frac{100 - \sum_{i=1}^{n-1} C_i \pm \Delta Cx}{342,296}} \quad (4)$$

где ΔCx — изменение содержания сахарозы, % к начальной массе раствора; C_i — массовые концентрации всех компонентов, кроме сахарозы.

При одновременном изменении содержания сахарозы и воды в растворе пересчеты μ_p и C_{Mi} могут быть произведены последовательно (в порядке очередности технологических процессов) по формулам (2), (4) и (3) с учетом изменения состава раствора после первого пересчета.

Если пренебречь изменениями несахаров в процессе уваривания и кристаллизации, то, пользуясь составом несахаров мелассы, можно приблизительно оценить состав несахаров и величину средней молекулярной массы интересующего нас производственного сахарного раствора.

Литература

1. Каганов И. Н., Михатова Г. Н. Химико-технические расчеты и учет в сахарном производстве. М., «Пищевая промышленность», 1964, 332 с.
2. Принципы технологии сахара. Под ред. П. Хонига. М., «Пищевая промышленность», 1965, 515 с.
3. Справочник сахарника. Под ред. И. П. Лепешкина, Ч. I. М., Пищепромиздат, 1963, 700 с.

Поступила 10 апреля 1974 г.

$$\frac{M_{H_2O}}{M_{H_2O}} = \frac{108,342}{18,016} = 6,014386$$

$$\frac{M_{H_2O}}{M_{H_2O}} = \frac{342,296}{18,016} = 19,0000$$