

Сахарозаменители и подсластители, их преимущества и недостатки с позиции их применения при производстве кондитерских изделий

Дорохович А. Н., Яременко О. М.

Национальный университет пищевых технологий

Дорохович В.В.,

Киевский национальный торгово-экономический университет

Основным традиционным сырьем, которое обуславливает сладкий вкус кондитерских изделий есть сахар (сахароза). Однако сахар при производстве кондитерских изделий выполняет роль не только носителя сладкого вкуса, но также выполняет роль структурообразователя. Так, при производстве карамели сахар способствует образованию аморфной структуры, помадных конфет кристаллической структуры, мармелада – студнеобразной структуры, пастилы, зефира, маршмелоу – пенообразной структуры, коагуляционно-кристаллизационной структуры кексов, пряников.

Сахар (сахароза) используется при производстве кондитерских изделий в виде сахара-песка, сахарной пудры, сахарных растворов. Сама молекула сахарозы состоит из двух молекул моноз: фруктозы и глюкозы, которые соединены α -d-глюкозидной группой. Химическое название сахарозы – α -d-глюкопиранозид- β -d-фруктофуранозид. Молекулярная масса сахарозы– 342, относительная плотность кристаллов – 1,5679. Скрытая теплота плавления – 8,800 ккал, температура плавления – 184-185°C. Температура плавления сахара в зависимости от его очистки может колебаться от 165 до 185°C. Сахароза хорошо растворима в воде, при повышении температуры растворимость увеличивается (табл. 1)

В смеси с другими веществами такими как глюкоза, фруктоза, патока, растворимость сахарозы уменьшается, однако общее количество сухих веществ в 100 г воды увеличивается.

Температура плавления растворов сахарозы при увеличении концентрации от 10 до 90% возрастает от 100,0 до 119,6°C. сахароза относится к

нередуцирующим веществам и потому она не восстанавливает медно-щелочной раствор.

Таблица 1

Растворимость сахарозы, глюкозы, фруктозы, в зависимости от температуры

Название вещества	Растворимость в 100 г раствора в зависимости от температуры						
	20	30	40	50	60	70	80
Сахароза	67,09	68,7	70,42	72,25	74,18	76,23	78,31
Глюкоза	47,72	54,64	61,83	70,91	74,94	78,23	81,33
Фруктоза	78,94	81,64	84,34	86,90	89,20		
Лактоза	16,1	19,9	24,6	30,4	37,0	43,9	51,00
Мальтоза	44,1	48,2	52,3	56,8	63,3	68,1	70,20

Приведенные данные свидетельствуют о позитивных технологических свойствах сахарозы. Сахароза имеет ряд положительно-функциональных способностей. Сахароза – высокоэффективный источник энергии. Калорийность 100 г сахарозы составляет 400 ккал. Это свойство сахарозы обеспечивает сохранность белковых веществ в организме человека. При достаточном количестве сахарозы аминокислоты практически не используются на энергетические потребности, а утилизируются для пластических нужд. Присутствие в организме человека углеводов в необходимом количестве препятствует образованию и накоплению кетоновых тел (продукты метаболизма жиров), что обеспечивает снижение уровня pH крови.

Углеводы, в том числе и сахароза, есть предшественниками запасного углевода в организме человека – гликоген, который служит источником углеводного скелета аминокислот, принимает участие в строении коферментов, нуклеиновых кислот, гликопротеидов, иммуноглобулинов, АТФ и других биологически важных соединений.

Наряду с приведенными положительными свойствами сахароза имеет ряд негативных свойств. Так, употребление сахарозы способствует развитию гипергликемии, усиленному выбросу инсулина в кровь, истощению инсулинного аппарата, что способствует развитию такой тяжелой болезни как сахарный диабет. Увеличенное количество сахарозы, которое поступает в

организм человека, не может полностью депонировать в виде гликогена и превращаться в триглицерид, что способствует развитию живой ткани, увеличению холестерина в крови и развитию на этом фоне ряда тяжелых сердечно-сосудистых заболеваний. Известно высокое кариесогенное действие сахарозы. Приведенные негативные свойства сахарозы вызывают необходимость разработке новых веществ со сладким вкусом, без негативных свойств сахарозы.

В связи с тем, что сахароза при производстве кондитерских изделий не только носитель сладкого вкуса, а и структурообразователем, то мы все вещества со сладким вкусом предлагаем классифицировать на две группы: сахарозаменители и подсластители. К группе сахарозаменителей относим вещества, которые имеют сладкий вкус и которые подобно сахарозе могут выполнять роль структурообразователей. К группе подсластителей относятся вещества, которые есть носителями интенсивного сладкого вкуса, т. е. имеют высокую единицу сладости относительно сладости сахарозы. При производстве кондитерских изделий такие вещества используются в небольших количествах, поэтому не могут выполнять роль структурообразователя. Сладость сахарозы приравнена к 1,0, т. е. единица сладости, мерой которой есть SES (Sweetness Equivalency of saccharose) – сладость эквивалентная сахарозе.

На рис. 1 представлена разработанная нами классификация веществ со сладким вкусом.

В таблице 2 представлена относительная сладость основных сахарозаменителей и подсластителей

Таблица 2

Относительная сладость основных сахарозаменителей и подсластителей

Вещества со сладким вкусом			
Сахарозаменители		Подсластители	
Название сахарозаменителя	Единица сладости	Название подсластителя	Единица сладости
глюкоза	0,7-1,0	сахарин, сахаринат натрия	300-500
фруктоза	1,5-1,7	ацесульфам калия (сунет)	130-200

сорбит	0,5-0,6	аспартам	180-200
ксилит	0,8-0,95	цукролоза	400-800
мальтит	0,9	цикламат натрия	30-50
маннит	0,5	стевиозид	150-200
лактит (лактитол)	0,35-0,4	сахарол	
изомальт	0,45-0,5	тауматин	2000-3000

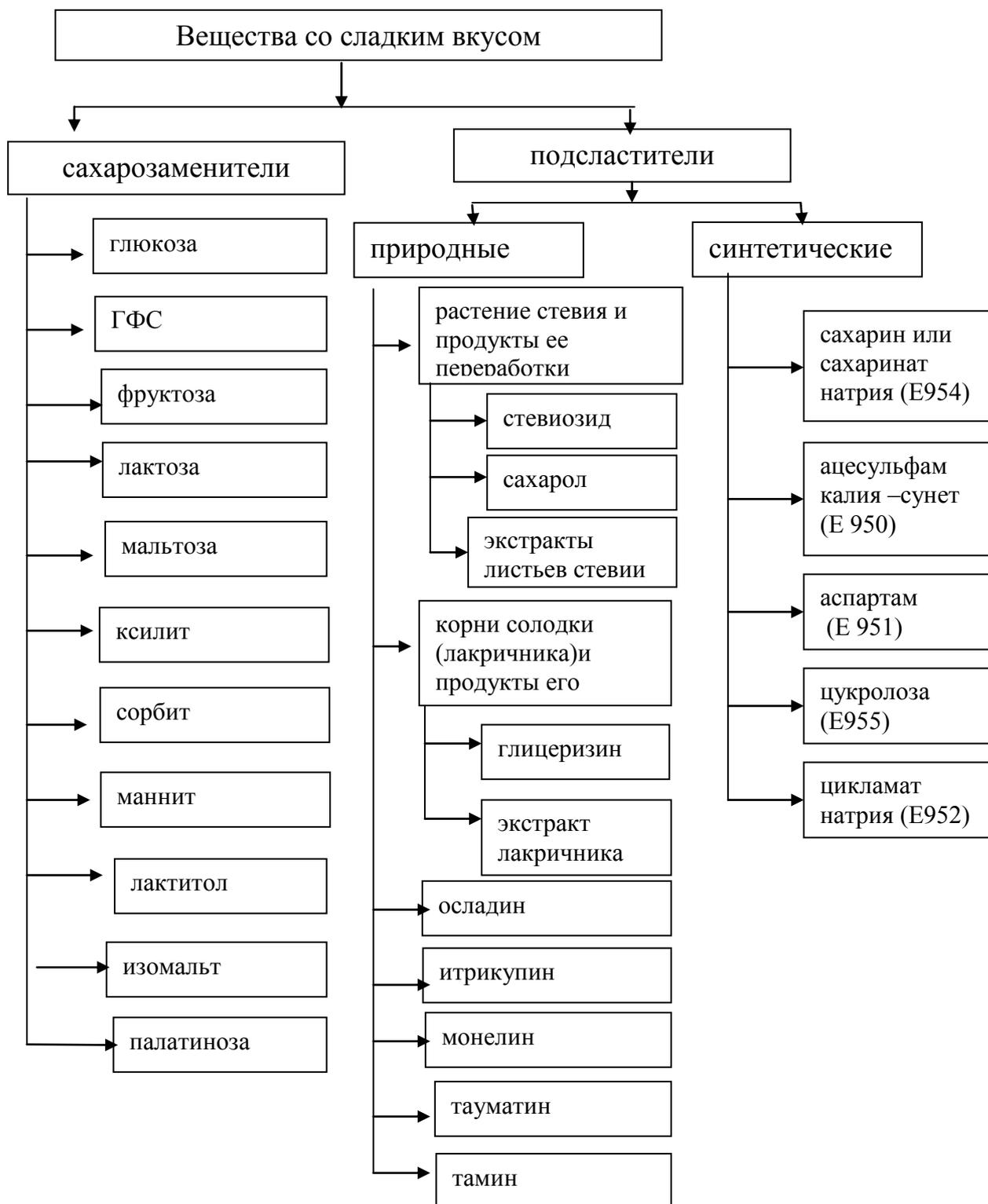


Рис. 1 Классификация веществ со сладким вкусом

Традиционным заменителем сахарозы есть *глюкоза*. За рубежом глюкоза широко используется при производстве кондитерских изделий. На Украине и в странах СНГ глюкоза при производстве кондитерских изделий не нашла должного применения.

Термин “глюкоза” происходит от греческого слова “glykys” – сладкий. Глюкозу еще называют “виноградный сахар”, потому что у винограда она в большом количестве находится в свободном виде. В природе глюкоза часто встречается как составная часть сахарозы, мальтозы, рафинозы, крахмала, клетчатки, декстринов, многих глюкозидов. В мире насчитывается более 50 специализированных предприятий по производству глюкозы, 35 из них находятся в Европе.

Глюкоза очень легко усваивается в организме человека и поэтому ее рекомендуется использовать в детском питании, людям, связанных с тяжелой физической нагрузкой, спортсменам, раненым, больным, особенно в период выздоровления.

Химические свойства глюкозы обусловлены присутствием в их молекуле гидроксильных и альдегидных групп. При окислении только альдегидной группы глюкозы образуется глюконовая кислота, при жестких условиях окисления происходит окисление не только альдегидной группы, а также и первичной спиртовой группы и тогда образуется сахарная кислота. Глюкоза, в отличие от сахарозы, обладает восстановительной способностью: она может при нагревании восстанавливать из щелочного раствора окиси меди до закиси меди.

Глюкозу в форме α -d-глюкозы получают, когда она выкристаллизовывается на холоде при температуре 50°C. При этом образуется гидратная форма $C_6H_{12}O_6 \cdot H_2O$ с молекулярной массой 198, температурой плавления 83°C. В процессе кристаллизации при 50°C глюкоза образуется в виде ангидрида α -d-глюкозы с молекулярной массой 180 и температурой плавления 146°C. Если глюкозу получают при температуре выше 115°C, то получают ангидридную форму β -d-глюкозу с температурой плавления 148°C.

При нагревании с глюкозой происходят следующие химические изменения. Сначала при отщеплении 1 или 2-х молекул воды образуются ангидриды, частично ангидриды взаимодействуют с глюкозой – происходит реакция реверсии, образуются продукты вторичных реакций конденсации глюкозы. При дальнейшем разложении глюкозы образуется оксиметилфурфурол, темные гумминовые вещества и кислые продукты – муравьиная и левулиновая кислоты.

Растворимость глюкозы с повышением температуры увеличивается, при этом растворимость глюкозы до температуры 50°C меньше чем у сахарозы, а при высоких температурах – больше чем растворимость сахарозы (табл. 1)

Вязкость насыщенных водных растворов глюкозы в отличие от водных растворов сахарозы повышается при повышении температуры. Это объясняется тем, что растворимость глюкозы с повышением температуры увеличивается быстрее, чем понижается вязкость раствора.

Температура кипения растворов глюкозы при повышении концентрации увеличивается и температура кипения у растворов глюкозы больше, чем у растворов сахарозы при той же концентрации (табл. 3)

Таблица 3

Данные температуры кипения растворов сахарозы и глюкозы в зависимости от концентрации

Название растворов	Температура кипения (°С), в зависимости от концентрации (%)							
	20	30	40	50	60	70	80	90
Раствор сахарозы	100,55	100,85	101,45	102,75	105,05	108,4	113,0	127,0
Раствор глюкозы	100,30	100,60	101,00	101,80	103,00	105,05	109,4	119,6

Практически глюкоза, как и сахароза негигроскопична. Она начинает поглощать влагу при относительной влажности воздуха выше 85%. Сладость глюкозы составляет 0,6-0,75 от сладости сахарозы.

За последнее десятилетие широко используют *глюкозно-фруктозные сиропы* (ГФС), полученные с крахмалосодержащего сырья (картофель, кукуруза, пшеница, сорго, ячмень, рис и др.) методом ферментативного

гидролиза. С помощью фермента инвертазы глюкозу превращают во фруктозу. Ферментативным гидролизом можно управлять, это позволяет получить ГФС с различным содержанием фруктозы. Обычный ГФС содержит 42% фруктозы, сироп второго поколения – до 55-60% фруктозы, третьего поколения – до 90-95% фруктозы. В связи с тем, что ГФС слаще, чем сахароза, его все больше используют вместо сахара в производстве кондитерских изделий. Мировой опыт показывает, что в кондитерской отрасли ГФС может заменить сахар до 20%, хлебопекарной – до 100%.

Доказано, что производство ГФС – более экономное в сравнении с производством сахара из свеклы, потому что выращивание таких культур как картофель, кукуруза, сорго требует меньших трудозатрат, и переработка их может осуществляться круглосуточно. Цены на ГФС на 5-10% ниже, чем на сахар. Расчеты, проведенные в России, показали, что с картофеля, кукурузы сахара можно получить больше, чем со свеклы. Это связано с тем, что на отечественных заводах полнота извлечение сахара из свеклы составляет не более 65%, тогда как из 90% крахмала кукурузы или 85% крахмала картофеля, возможно легко переработать на сахарозу.

За последние годы на Украине ООО «ГД «Крахмалопродукт» организовало производство ГФС из кукурузы путем последовательного ферментативного разжижения и осахаривания крахмала до глюкозного сиропа с превращением части глюкозы во фруктозу специальными ферментами. Сироп подвергают очистке активированным углем и ионообменными смолами, кроме того, его обеззараживают на бактерицидных фильтрах. Полученный ГФС концентрацией 40% имеет следующий углеводный состав (%): фруктоза – 7-11, глюкоза – >22, мальтоза – >37, мальтотриоза – <15, высшие сахара – 75-77%. ГФС концентрацией 42% имеет следующий углеводный состав (%): фруктоза – 40-44, глюкоза – 50-54, мальтоза – 2-3, мальтотриоза – 2, высшие сахара – 1%. Содержание сухих веществ – 70,5-71,5%.

Фруктоза (фруктовый сахар) – наиболее сладкий сахарозаменитель. Сладость фруктозы достигает 1,73. Поскольку растворы фруктозы оказывают левовращающее действие на поляризованный свет, ее еще называют левулезой.

При обмене веществ в организме человека фруктоза наряду с сахарозой служит источником энергии. В природе существуют только D-фруктоза, в кристаллическом состоянии известна только β -d-фруктопираноза. В водном растворе фруктоза существует в виде смеси таутомеров, в которой содержится до 15% фуранозных форм и значительное количество ациклической формы. По калорийности фруктоза равна сахарозе. Употребление 1 грамма фруктозы дает организму 4 ккал. Фруктоза для усвоения не требует гормона инсулина и поэтому ее можно употреблять больным сахарным диабетом в пределах 0,5-1,0г на 1 кг массы тела, за исключением крайне редко встречающихся случаев наследственной невосприимчивости фруктозы. Применение фруктозы больными сахарным диабетом позволяет снизить дозы принимаемого ими инсулина.

Исследованиями доказана полезность употребления фруктозы не только больным сахарным диабетом, но и здоровым людям. Употребление фруктозы дает тонизирующий эффект и особенно целесообразно ее использовать людям, с большими физическими нагрузками. После употребления фруктозы при физических нагрузках потеря пищевого гликогена (источник энергии для организма) наполовину меньше, чем при употреблении глюкозы. Поэтому фруктозу целесообразно использовать при производстве кондитерских изделий не только для больных сахарным диабетом, но и для спортсменов.

Фруктоза относительно глюкозы и сахарозы более реакционно-способная. Она легко окисляется, разложение фруктозы под влиянием высокой температуры происходит значительно быстрее, чем глюкозы, сахарозы. Фруктоза очень легко образует ангидриды. Под действием щелочи на фруктозу легко, даже на холоду, образуются фруктозаны. С кислотами она образует сложные эфиры. Фруктоза, как и глюкоза, ведет себя как слабая кислота. Из-за низкой термодинамической стабильности фуранозного кольца фруктозы

относительно пиранозного кольца глюкозы, фруктоза более лабильна и реакционно-способная.

Молекулярная масса фруктозы равна 180, температура плавления 104°C . Растворимость фруктозы в воде больше, чем у глюкозы и сахарозы. С повышением температуры растворимость фруктозы повышается (табл. 1). Фруктоза очень гигроскопична, она начинает поглощать влагу при относительной влажности воздуха 45-50%.

Важное свойство фруктозы - способность к синергизму в смеси с другими синтетическими заменителями сахара (подсластителями), что позволяет создавать пищевые добавки высокой степени сладости. Сладость смеси из трети фруктозы и двух третей сахарозы равна сладости фруктозы, что позволяет уменьшать расход сахарозы при приготовлении различных продуктов.

На основе фруктозы получают различные патоки, искусственный мед, начинки, напитки, мороженое, консервы.

В мире насчитывается более 20 предприятий по выпуску фруктозы, из них большинство размещено в Европе и в Китае. Производство кристаллической фруктозы составляет около 150 тыс. тонн в год.

Фруктоза широко используется при производстве кондитерских изделий во многих странах мира, в том числе и на Украине.

Лактоза (молочный сахар) – дисахарид, который состоит из глюкозы и галактозы. Лактоза – это редуцирующий сахар, поддается гидролизу труднее, чем сахароза и мальтоза. В результате гидролиза образуется d-глюкоза и d-галактоза. Лактоза очень чувствительная к действию щелочи. При взаимодействии лактозы с белками молока образуются окрашенные продукты с определенными вкусовыми свойствами – меланоидины.

При температуре меньше $93,5^{\circ}\text{C}$ лактоза выкристаллизовывается из водных растворов с одной молекулой воды в виде α -вещества; при температуре выше $93,5^{\circ}\text{C}$ выкристаллизовывается в β -форме. При нагревании гидратной

формы до 125-130°C образуется β-форма лактозы. Лактоза в форме α-лактогидрата тяжелее растворяется в воде, чем β-форма.

Температура плавления α-формы – 202°C, β-формы – 252°C. Растворимость лактозы увеличивается при повышении температуры, но растворимость лактозы намного меньше, чем фруктозы, сахарозы, глюкозы (табл. 1). Сладость лактозы – 0,16 SES.

Лактоза плохо усваивается в организме людей, у которых отсутствует или находится в недостаточном количестве фермент β-галактозидаза (лактаза). При производстве кондитерских изделий используют гидролизированные (под действием β-галактозидазы) растворы лактозы.

Лактоза стойкая к действию температуры. Стойкость к действию температур уменьшается в ряде: сахароза, лактоза, мальтоза, глюкоза, фруктоза. Лактоза используется при производстве продуктов детского питания и диетических продуктов.

Мальтоза (сладкий сахар) относится к дисахаридам и состоит из двух молекул глюкозы. В промышленности мальтозу получают из крахмалосодержащего сырья.

Химические свойства мальтозы обусловлены наличием в ее молекуле альдегидной и гидроксильной групп. Поскольку в молекуле мальтозы существует один свободный гидроксидный гидроксил, она имеет восстанавливающие редуцирующие свойства.

Мальтоза стойкая к тепловому действию к тому времени, пока не появится первая молекула глюкозы, после чего процесс распада мальтозы ускоряется. Щелочные растворы разлагают мальтозу до молочной кислоты. Мальтоза кристаллизуется из водных растворов в виде гидрата ($C_{12}H_{22}O_{11} \cdot H_2O$), молекулярная масса – 360, температура плавления – 108°C. Гидратная форма мальтозы практически не гигроскопична. При нагревании до 95-100°C мальтоза теряет воду и превращается в аморфное желтое вещество. Безводная мальтоза очень гигроскопична и после поглощения воды она вновь переходит в гидратную форму.

Растворимость мальтозы при температуре 20°C (табл. 1) близка к растворимости глюкозы, но при повышении температуры растворимость мальтозы увеличивается значительно меньше, чем растворимость глюкозы, и при температуре больше 50°C растворимость мальтозы меньше, чем растворимость сахарозы, в то время как у глюкозы больше.

Мальтоза в значительном количестве входит в состав карамельной патоки. В последние годы на Украине ООО «ТД «Крахмалопродукт» разработано несколько видов мальтозной патоки. Углеводный состав мальтозной патоки М-55 имеет следующий состав (%): мальтоза – >55, глюкоза – <22, мальтотриоза – <10, высшие сахара – <20. Мальтозная патока М-70 имеет следующий углеводный состав (%): мальтоза – 68-72, глюкоза – <10, мальтотриоза – <15, высшие сахара – <10.

Ксилит (E967) – это пятиатомный спирт, молекулярная масса –150. Получают ксилит каталитическим гидратированием ксилозы, которая является составной частью высокомолекулярных ксиланов древесины. Сладость ксилита равна 0,7-1,0 SES. Ксилит широко распространен в растительном мире, может быть продуктом метаболизма: за сутки в организме человека образуется 5-15 г ксилита. Учитывая содержание влаги, пищевой ксилит изготавливают двух сортов: высший и первый. Ксилит –вещество белого цвета, которое внешне напоминает сахарный песок, его энергетическая ценность приблизительно такая же, как и у сорбита, и составляет 4 ккал/г. Усвоение ксилита почти не зависит от уровня инсулина в крови. Клинические исследования ксилиту, как сахарозаменителя в процессе питания больных сахарным диабетом, дали позитивные результаты. Чистый ксилит стойкий к температурным влияниям:его температура плавления 90-94 °С, но до 130°C он не разлагается и не темнеет. Ксилит имеет желчегонную и слабительное действие, позитивно влияет на углеводный обмен. Поэтому его можно использовать при заболеваниях печени. Ксилит проявляет антикетогенное действие, т.е. Способствует уменьшению в крови кетогенных тел – продуктов не полного распада жиов, которые являются источником образования ацетона и которые

отравляют организм, нарушают действие нервной системы. Ксилит позитивно влияет на работу почек. Суточная доза ксилита – 30-50 г, при избыточной массе тела – до 15-20 г. Преимуществом ксилита является то, что он не ассимилируется большинством видов микроорганизмов. Поэтому изделия с ксилитом не подлежат микробиологическому распаду.

Сорбит (E420) – шестиатомный спирт, впервые был экстрагирован из рябины в 1872 г. французским химиком Ж. Бруссино и в её честь назван сорбитом (рябина по латыни - sorbus). Молекулярная масса сорбита – 182. Известны две формы сорбита: d-сорбит, l-сорбит. Обычно сорбит находится в форме d-сорбита. Температура плавления безводного сорбита – 110-111°C, а гидратная форма сорбита плавится при температуре 100°C. Сладость сорбита – 0,5 SES.

Преимуществом сорбита есть то, что он, как и фруктоза для усвоения в организме не требует гормона инсулина и его можно использовать больным сахарным диабетом. Сорбит, как и фруктоза гигроскопичен. Учитывая, что при относительной влажности воздуха 75%, равновесное влагосодержание сорбита становится 20%, в то время как у сахарозы 0,2-0,3%. Растворимость у сорбита такая же, как и у сахарозы.

Сорбитол в основном используется в качестве подсластителя в лекарствах, жевательных резинках и таблетках. Некоторые исследования показывают адаптацию микрофлоры к сорбитолу, но клиническое значение этих выводов пока не ясно. Несколько испытаний доказали, что сорбитол менее кариогенный, чем сахароза.

В последние годы XX столетия были созданы полиолы нового поколения, это лактитол и изомальт, которые по нашей классификации относятся к сахарозаменителям.

Мальтит (E965) дисахарид, который получают из глюкозно-фруктозного сиропа, который содержит больше 50% мальтозы. Мальтит не гигроскопичен, не взаимодействует с аминокислотами. Мальтит используется

как сахарозаменитель, стабилизатор и эмульгатор. Использовать его разрешено в странах ЕС.

Лактитол – новый сахарозаменитель по своим физико-химическим свойствам ближе всего к сахарозе. Лактит получают из лактозы путем гидрирования при высокой температуре. Молекулярная масса лактитола – 380. Лактитол не гигроскопичен, вязкость расплавленного лактита аналогична вязкости карамельного сахаро-паточного сиропа, обладает чистым сладким вкусом, сладость его составляет 0,35-0,4 SES. Лактитол не оставляет во рту постороннего привкуса, не вызывает кариеса зубов.

На основе лактита можно получать пищевые продукты с пониженной калорийностью, не вызывающие кариеса зубов, пригодные для питания больных диабетом, т.к. лактит не влияет на уровень глюкозы и инсулина в крови. Благодаря своей структуре лактит не гидролизуеться и не всасывается в тонком кишечнике, а только в толстой кишке ферментируется кишечной микрофлорой при интенсивном развитии в организме молочнокислых бактерий и бифидобактерий, подавляя патогенную микрофлору, что позволяет считать лактозу эффективным средством при лечении дисбактериозов. Существуют данные, что употребление 10 г лактитола обеспечивает его пребиотический эффект.

Кондитерские изделия с лактитом (печенье, бисквиты, вафли, кексы и т.п.) в течение длительного времени хорошо сохраняют ощущение хруста, в то время как изделия на основе ксилита или сорбита быстро размягчаются и теряют этот эффект. В течение длительного времени сохраняется и леденцовая карамель, приготовленная на лактите. Лактит можно использовать в виде пудры для посыпания кондитерских изделий. Применение лактита позволяет изготавливать шоколад пониженной калорийности и с пониженным содержанием жиров.

Из лактита, который легко прессуется и таблетруется, а также хорошо удерживает аромат, можно изготавливать таблетированные сладости. Лактит служит хорошим наполнителем при использовании интенсивных

сахарозаменителей для чая и кофе. С использованием лактита в качестве наполнителя можно вырабатывать низкокалорийные быстрорастворимые прохладительные напитки.

Лактит может практически полностью заменить сахарозу при приготовлении джемов и мармеладов, особенно низкокалорийных, при приготовлении молочных десертов. Использование лактита вместо сахарозы при приготовлении мороженого позволяет получать как обычные, так и низкокалорийные сорта с более низким содержанием жира без ущерба вкусу и другим свойствам мороженого.

Изготовленная на лактите жевательная резинка без сахара более эластична, и, в отличие от сорбита не требует увеличения дозировки основы. Благодаря гигроскопичности лактита его используют и для припудривания жевательной резинки в процессе её формования.

Изомальт – это полиол; разработан немецкой компанией “Палатинит”.

Получают изомальт из сахарозы путем ферментативной обработки её в изомальтулозу (палатинозу) с последующим каталитическим гидрированием. В зависимости от применения может быть получен в зернах разной крупности от гранулята до порошка.

По своим вкусовым качествам изомальт близок к сахарозе, но плохо всасывается стенками кишечного тракта и может быть использован при приготовлении диабетических продуктов. Он придает продуктам объем, обеспечивает требуемую структуру, среднюю сладость, поэтому используется при приготовлении шоколада, грильяжа, мягкой и твердой карамели, драже, мороженого, конфитюров и других пищевых продуктов, жевательной резинки, не вызывает кариеса зубов. Так как температура плавления изомальтита около 145-150°C, его можно использовать при термообработке и в экструзионных процессах, в том числе в фармацевтической промышленности. Молекулярная масса – 344. Сладость изомальта – 0,5 SES. Калорийность изомальта составляет 2 ккал/г. Изомальт не гигроскопичен, он не адсорбирует влагу даже при относительной влажности воздуха 90% при температуре 20°C. Изомальт имеет

низкую растворимость. Так, при температуре 20 °С растворимость составляет 26%. При растворимости изомальта имеет место небольшой эндотермический эффект. Так, теплота растворимости (кДж/кг) составляет: для сахарозы – 18,0, изомальта – 39,4, лактитола – 52, сорбита – 121, ксилита – 153, мальтита – 70,0. В связи с тем, что изомальт не является питательной средой для большинства микроорганизмов, то он предупреждает развитие кариеса зубов.

Изомальт, лактитол обладают низкогликемическим эффектом. Гликемическим индекс (ГИ) их соответственно 5-7%, относительно ГИ сахарозы. Всемирная организация ООН по продовольственному и сельскому хозяйству еще в 1997 году отмечала важность низкогликемической диеты. Научные исследования, связанные с гликемическим эффектом углеводов и их ролью в предупреждении хронических болезней, присущих западному полушарию показали, что потребление низкогликемических продуктов способствует не только лучшему контролю на уровне глюкозы в кров, но и поддержанию низкого уровня инсулина и липидов в крови. Кроме того, установлено, что длительная диета на высокоуглеводной и низкогликемической пище, может помочь не только контролировать и сбрасывает вес, но и снижает риск ожирения, сердечно-сосудистых заболеваний и сахарного диабета.

Приведенные характеристики изомальта и лактитола указывают на возможность и необходимость исследовать их при производстве кондитерской продукции, потому что калорийность изомальта и лактитола в два раза меньше, чем у сахарозы, глюкозы, фруктозы, а гликемический индекс соответственно меньше в 14, 18, 4 раза. Применение новых полиолов при производстве кондитерских изделий придаст им статус функциональных продуктов.

Японская фирма Mitsui Sato разработала и выпускает новый сахарозаменитель – *палатинозу*. Палатиноза являет собой дисахарид – изомальтулозу, который выявлен в меде и тростниковом сахаре. Палатиноза менее, чем сахароза термолабильная, температура ее плавления 397 К (124°С). Она менее растворима в воде при низких температурах, при повышении температуры ее растворимость значительно повышается и приближается к

растворимости сахарозы. Сладость палатинозы составляет 0,5 от сладости сахарозы. Палатиноза маскирует привкус сахарина и других подсластителей. Палатиноза ингибирует развитие кариеса зубов, особенно в смеси с сахарозой. Последняя ее способность очень ценное, так как известно, что одним из последствий чрезмерного употребления сахарозы есть развитие кариеса зубов. Употребление палатинозы может вступать в роль профилактики этого заболевания.

Кондитерские изделия занимает свое прочное место в корзине пищевого рациона, особенно рационе детей. Уменьшить их негативное влияние на состояние здоровья можно достигнуть путем рационального использования новых сахарозаменителей при производстве кондитерских изделий. Разработка новых кондитерских изделий с более сбалансированным пищевым профилем имеет очень важный социологический аспект.

Природные (натуральные) подсластители

Среди растений, которые имеют сладкий вкус, наиболее доступным для украинских потребителей является *растение стевия* – *Stevia Rebaudiana Bertoni*, синоним - стевия медовая, двулисточник сладкий. Стевия - это натуральный подсластитель, рекомендован МОЗ Украины для широкого применения. Стевия в США зарегистрирована как пищевая добавка.

Сладость листьев стевии обуславливает присутствие дитерпеновых гликозидов.

Анализ данных по содержанию гликозидов в листьях стевии показывает, что сладость гликозидов разная. Так у стевииозида она равняется 150 единиц (по отношению к сахару), а у ребаудиозидов А, Д и Е - 400 единиц. Сладость гликозидов зависит от расположения гидроксильных групп в молекуле гликозида. При исследовании вкусовых свойств дитерпеновых гликозидов листьев стевии, было установлено, что группа дулькозидов имеет небольшую концентрацию, а при увеличении концентрации появляется горький привкус. Ребаудиозид С неустойчивый и при действии температур, он переходит в дулькозид В, который имеет горький привкус. Главным дитерпеновым

гликозидом в листьях стевии является стевиозид, его содержание составляет 7,0%

Стевиозид представляет собой белый кристаллический порошок, температура плавления которого 469-471К (196-198°C). Он легко растворяется в воде. Небольшое его количество дает приятный сладкий вкус, а большие концентрации сначала дают сладкий привкус, который затем изменяется на горький.

Из всего комплекса сладких дитерпеновых гликозидов стевии количественно преобладают стевиозид и ребаудиозид А, за содержанием которых оценивают сладость листьев стевии, которая равняется 200-250 ед. Существует много медицинских показателей, которые свидетельствуют о лечебных свойствах листьев стевии. Лечебные свойства обуславливают сладкие гликозиды стевиозид, ребаудиозид, А, С, Д %, дулькозид, стевиолбиозид, витамины: С, В₁ В₂, РР, β-каротин, минеральные вещества: алюминий, магний, кальций, хром, кобальт, цинк, марганец, фосфор, железо, калий, селен, натрий, кремний, танины, флавоноиды. Поэтому стевия известна не только как натуральный безкалорийный подсластитель, а также как нутрицевтик - средство с целым спектром лечебно-профилактических свойств, эффективных при сахарном диабете, ожирении, атеросклерозе, гипертонической болезни, нарушениях функции поджелудочной железы и желудочно-кишечного тракта, инфекционных заболеваниях, пародонтозе, кариесе зубов, для возобновления сил после нервного и физического истощения.

Медики многих стран утверждают, что растение стевия полезна при гипогликемии и сахарном диабете. Ученые Парагвая утверждают, что стевия полезна при гипогликемии и диабете потому, что она подкармливает поджелудочную железу и, таким образом, помогает возобновлять нормальную панкреатическую функцию. Отмечено, что экстракты стевии снижают уровень сахара в крови больных сахарным диабетом в течение 6-8 часов до 35 %. Поэтому, в Бразилии чай со стевии и стевия в форме капсул официально одобрены для лечения больных сахарным диабетом. Польза стевии для

больных, которые страдают гипогликемией, объясняется тонизирующим действием, что повышает уровень энергии и умственную деятельность.

Врачи практики многих стран отмечают, что стевия нормализует уровень сахара (глюкозы) в крови у больных сахарным диабетом, но она не снижает уровень глюкозы в крови у здоровых людей.

Стевию, благодаря тому, что она не содержит калорий, рекомендуется использовать в диетах для похудения.

Стевия положительно действует на жировой обмен, балансирует углеводный обмен - гликоген выводится с мочой и человек тощает.

Стевиозиды, которые входят в состав стевии, снижают артериальное давление. Стевия нормализует низкое кровяное давление, не влияет на нормальное давление. Доказан диуретический эффект стевиозидов.

Стевия положительно влияет на микроциркуляцию сосудов. При сердечно-сосудистых заболеваниях страдают сосуды, нарушается микроциркуляция со следующим опустошением капилляров и ухудшением функции мозга, сердца, печени, почек в результате чего развивается атеросклероз, ИХС-ишемическая болезнь сердца и другие. В состав стевии входит никотиновая кислота, которая прекрасно крепит сосуды и наполняет кровью опустелые капилляры, таким образом положительно влияет на микроциркуляцию мозга, сердца печени, почек и других органов, улучшая и возобновляя их функцию.

Стевия снижает содержание холестерина в крови и очищает сосуды от «холестериновых бляшек», возвращая им эластичность. Длительное применение стевии вызывает позитивное действие на сердечно-сосудистую систему. Флавоноиды в активной форме обогащены комплексом микроэлементов (кальций, железо, цинк, кобальт, магний, калий) обеспечивают оптимальную микроциркуляцию.

Стевия широко используется в Японии. Известно, что японцы – долгожители, средняя продолжительность жизни у них 90 лет. 90% стевии, которая производится в мире, употребляется японцами. У 50-ти летнего японца

сосуды имеют вид как у 25-ти летнего европейца. Сейчас стевия объявлена национальной ценностью Японии, и сама стевия и продукты ее переработки получили запрещение на экспорт.

Доказано, что стевия положительно влияет на органы пищеварения и лечит заболевание ШКТ - гастриты, колиты, улучшает пищеварение и усиливает перистатику кишечника, нормализует работу печени, потому что владеет умеренным желчегонным действием.

Экстракты стевии помогают лечить болезни кожи. Это свойство впервые отметили индейцы Гуарани. Экстракты стевии подавляют рост бактерий, которые вызывают воспаление сальных желез и образование угрей. Американские косметологи получили очень позитивные результаты по оздоровительному эффекту кожи при использовании стевии.

Стевия, благодаря бактерицидному действию, лечит гингивит, стоматиты, пародонтоз и кариес зубов. Стевиозиды подавляют рост бактерий в полости рта и улучшают кровообращение в полости рта, поэтому рекомендуется вводить стевиозиды в рецептуру зубных паст.

По данным института питания МОЗ Украины стевия, имея мягкий диуретический эффект, побуждает активизацию выведения продуктов обмена, шлаков и радионуклидов из организма. Стевия - прекрасный фитосорбент, она владеет очистительным эффектом улучшающим перистальтику желудка и также работу поджелудочной железы, печени, почек.

За результатами исследований института экологии стевия признана средством профилактики заболеваний щитовидной железы, стевиозиды усиливают функции эндокринной системы. Стевия возобновляет ферментативный процесс организма, нормализуя вес, возобновляет кровяные тела, при анемии разного генезиса.

Приведенные данные свидетельствуют, что стевия это бесценный подарок природы человеку для возобновления нарушенных функций организма и выживания в сложных экологических условиях. Листья стевии на протяжении многих веков, задолго до открытия Колумбом нового мира использовались

аборигенами Парагвая, Бразилии в качестве подсластителя и лечебных настоев. Сейчас стевию начали широко культивировать в Японии, Китае, Таиланде, Тайване, Корее, Бразилии, Малайзии, а в последние годы в Англии, Германии, Канаде, США.

Листья стевии и сироп из них входят к списку пищевых добавок, которые разрешены для использования при производстве пищевых продуктов.

Сейчас во многих странах производят подсластитель *стевиозид* (гликоалкалоид), который получают путем экстракции сушеных листьев стевии в количестве 65 г стевиозида с 1 кг сушеных листьев. Стевиозид представляет собой белый кристаллический гигроскопический порошок с точкой плавления 469-471 К (196-198°C), он хорошо растворяется в воде.

Стевиозид - это гликозид. Гликозиды являются органическими веществами, которые содержат углеводную часть (гликон) и не углеводную часть (агликон). Гликонова часть может включать рамнозу, глюкозу, фруктозу, ксилозу, арабинозу и другие; агликонова может включать такие химические вещества как стерол, танин, каротиноид и другие.

Ферментативный гидролиз стевиозида приводит к образованию трех молей d-глюкозы и одного моля агликона, который имеет название стевиол. При кислотном гидролизе стевиозида образуются d -глюкоза и агликон - изостевиол.

Стевиозид не имеет тех лечебных свойств, что само растение стевии, но как подсластитель он широко используется в Бразилии, Таиланде, Южной Корее, Японии, Германии, США, Большой Британии. Впервые стевиозид был получен из сухих листьев стевии в 1976 году О.Танака Стевиозид может быть рекомендован для диетического питания, особенно для больных сахарным диабетом. Стевиозид имеет следующие свойства: он в 200-300 раз более сладок сахарозы, термичностойкий, стабильный при разных рН средах от 2,4-9,0, не имеет калорий, не кариогенный, для усвоения не нуждается в инсулине, имеет лечебные свойства но в меньшей степени, чем сама стевия.

На Украине под руководством акад. Зубенко В.Ф. проведена работа по

культивированию стевии в наших климатических условиях, а научными работниками НДІ химии и технологии лекарственных средств (Харьков) разработана технология выделения сладких гликозидов со стевии и разработан новый подсластитель - сахарол.

Сахарол представляет собой порошок желто-зеленого цвета с легким запахом сена, сладость его в 200-300 раз больше, чем сахарозы. Основные его составляющие, %: дитерпеновые гликозиды - стевиозид - 60; ребаудиозиды А и Б - 30; флавоноиды, оксикоричные кислоты, хлорофилл -3-5, свободные сахара -1-, три и чотириполисахара - 1-2, аминокислоты -0,3. Сахарол является стойким при сохранении и термической обработке пищевых продуктов, а также к влиянию кислот.

В НГИ гигиены питания УНГЗ МОЗ Украины проведенные исследования по содержанию токсинов и канцерогенов в сахароле; которыми показано, что в состав сахарола входят (мг/кг): ртуть - следы, арген - 0,29, свинец - 3,55, кадмий - 0,45, нитраты -180,0, НДМА - 00083 - 8,3, НДЕА - 0,00087 - 0,87. С учетом эквивалента сладости сахарола ≈ 300 единиц, замена 70 г сахара равняется 280 мг сахарола. Это свидетельствует о том, что полученные данные указывают на экологическую чистоту сахарола.

Микробиологические исследования сахарола в течение 12-ти месячного сохранения показали его эпидемическую безопасность. Исследования, которые были проведены в течение 20 суток и каждый день больные сахарным диабетом (инсулинозависимые формы) получали сахарол в количестве 280 мг, показали, что уровень глюкозы в течение исследования практически не изменился. Это указывает на возможность использования сахарола как подсластителя для больных сахарным диабетом.

В Национальном университете пищевых технологий в 1990-1993 годах под руководством проф. А.М. Дорохович были проведены исследования по установлению возможностей использования продуктов переработки стевии при производстве мучных кондитерских изделий (печенья, пряников), мармелада, конфет. Были определены оптимальные условия приготовления экстрактов из

листьев стевии: экстрагирование целесообразно проводить при температуре 318-323К (45-50°C), длительность экстрагирования 25-30 минут. Такой режим экстрагирования обеспечивает удаление до 82% дитерпеновых гликозидов из листьев стевии с 1% водных растворов (содержание листьев стевии и воды 1:100). Это обеспечивает минимальное содержание в растворах сопутствующих веществ, которые ухудшают вкусовые свойства экстрактов. Предварительно нужно листья стевии измельчить к размеру 5-7 мм. Для полного удаления дитерпеновых гликозидов из листьев стевии, нужно придерживаться принципа ремацерации. Так, для 1% экстракта целесообразно проводить 2-х кратное экстрагирование, для 3% - 3-х кратное, для 5% - 6 -ти кратное, 7% - 7-8 -и кратное.

Глициризин (E 958)- это глициризиновая кислота, сладость которой в 50-100 раз больше, чем у сахарозы. Глициризин как подсластитель зарегистрирован как пищевая добавка E 958. Глициризиновая кислота находится в корнях куста *Glycyrrhiza glabra* - сладкое дерево лакрица, которое распространено в Южной Америке, Средней Азии, Закавказье, Крыму. В корнях находится кальциевые и калиевые соли глициризиновой кислоты в количестве 6-14%, а иногда и 20% в смеси с крахмалом, сахарами, белками, аспарагином, флавоноидами.

Глициризин (глициризиновая кислота) имеет наркотическое свойство. Описание этого сладкого вещества есть на египетских папирусах, где указано на ее лечебное свойство для лечения катара дыхательных путей.

Глициризин - это гликозид тритерпеноглициретиновой кислоты, которая связана с О-β-D-глюкуронозил (1', 2)-β-D-глюкуроновоо кислотой. Представляет собой бесцветное кристаллическое вещество, которое практически не растворяется в холодной воде, но хорошо растворима в горячей воде и этаноле. При охлаждении водных растворов кислоты и амонийных и калиевых солей образуются гели, которые перекристаллизуются с ледяной уксусной кислотой или этанолом. Кристаллический агликон - глициризиновая кислота - это порошок без вкуса, его получают при гидролизе соли глициризиновой кислоты, при этом в

жидкую фазу переходит глюкуроновая кислота. Установлено, что глюкуроновая кислота подобно дисахариду связана с группой -ОН глицериновой кислоты.

В практике при производстве пищевых продуктов используют аммонийную соль глицериновой кислоты. Характерный специфический привкус и запах мешают широкому использованию этого подсластителя. Глицирин усиливает действие сахарозы, но поскольку он является аналогом кортикостероидов, то в нескольких странах его использовать в продуктах питания не допускается. В противоположность сахарозе глицирин имеет синергетическое свойство.

Экстракты лакричника владеют пенообразовательным свойством. Уваренный лакричный экстракт имеет бурый цвет, и это свойство передается пищевым изделиям. Пенообразовательная способность экстракта лакричных корней зависит от его концентрации. Так, если раствор лакричных корней 1%, то высота пены (мм) - 141; 0,5% - 131; 0,2% - 115; 0,1% - 98

Осладин (филодульцин, миракулин, монелин, тауматин, талин)

Осладин. Около 1800 лет известно, что земляные орехи папоротника, что растут в лесах Европы, Азии и Америки используют как наркотики. На их сладкий вкус обратили внимание химики и фармацевты, и в результате их работы был выделен бисгликозид нового типа стероидного сапонина, который назван осладином. Подобно стевиозиду в молекуле осладина на одном конце агликона закреплен дисахарид, а на другом - моносахарид. Сладость осладина в 3000 раз больше, чем у сахарозы. Его очень низкая концентрация в орехах папоротника (0,03%) ограничивается его использованием в промышленных целях.

Филодульцин. Подсластитель, который впервые был выделен в 1916 году из листков чая *Hydrangea macrophylla*. Его структура была установлена японскими учеными Асахино и Асао. Филодульцин оказался первым представителем природных изокумаринов. Филодульцин в 200-300 раз слаще сахарозы.

Миракулин. Возле 100 лет тому назад миракулин был получен из фруктов красного цвета, которые растут на кустах *Synsepalum Lucificum Danielli*, которые растут в Западной Африке. Плоды имеют приятный кисло-сладкий вкус. Миракулин представляет собой гликопротеин с молекулярной массой 42000+3000. В настоящее время миракулин является наиболее выученным из белков, которые имеют сладкий вкус.

Монелин - этот подсластитель выделен из сладких ягод растения *Dioscoreonhyllum cumminsii*, которое растет в западной Африке.

Монелин – это белок, который в 1500-2000 раз слаще сахарозы. Его молекулярная масса равняется 11500+100. Монелин не стойкий к действию температур. Нагревание его до температуры 328-338 К (55-65°C) и ферментативный гидролиз приводят к потере сладкого вкуса. Монелин стабилен в средах с рН 2-9.

Тауматин и талин. Во фруктах дерева *Thaumatococcus daniellii* (Benth), которое растет в Западной и Центральной Африке находится белок, который имеет сладкий вкус. Тауматин неустойчивый к действию температур и кислот: он под действием кислот и тепла теряет сладость.

Комплекс «тауматин - АС» (торговое название) фирмы Tale and Lyle Ltd (талин) в 35000 раз слаще сахарозы. Талин имеет молекулярную массу 200000.

Синтетические подсластители

В настоящее время Европейским законодательством по пищевым продуктам разрешены к использованию на территории стран Европейского Союза шесть синтетических подсластителей: сахарин или сахаринат натрия (Е 954), ацесульфам калия - сунет (Е 950), аспартам (Е 951), цикламат натрия (Е 952), цукролоза (Е 955), неогесперидин ДС.

Подсластители, какие указаны выше относятся к пищевым добавкам. Они прошли много исследований на безопасность и получили разрешение на использование в продуктах питания со стороны международных организаций, таких как ИЕСФА (Объединенный комитет экспертов по пищевым добавкам Всемирной организации здравоохранения), научной Комиссией по продуктам

питания Европейского содружества, целого ряда других авторитетных национальных учреждений Украины.

Сахарин (Е 954)

В 1879 году Фанобергер случайно заметил, что сахарин владеет сладким вкусом.

За составом сахарин - имид ортосульфобензойной кислоты, его формула $C_7H_5O_3S$, молекулярный вес равняется 183. Получают из толуола, который сначала обрабатывают хлорсульфоновой кислотой, потом аммиаком, даже поддают окислению посредством марганцовокислого калия.

Сахарин малорастворим в воде: 1 г сахараина растворяется в 290 мл холодной воды или 25 мл горячей воды, он хорошо растворим в спирте, эфире и других органических растворителях. Растворимость сахараина в воде повышается в присутствии лимонной, винной и уксусной кислот.

Сахарин в 300-350 раз слаще сахарозы. Температура плавления 501-502 К (228-229°C), сахарин не усваивается организмом и частично выводится из него с мочой. В то же время в опытах на крысах установленная прямая зависимость между использованием сахараина и возникновением рака мочевого пузыря. Конечно, используются Na-, K-, Ca- соли сахараина, которые зарегистрированы как пищевые добавки, так как и сахарин (Е 954). Сладость их в 500 раз больше чем сладость сахарозы. При использовании сахараина и его солей отмечается "металлический" привкус. Сахарин быстро проходит через желудочно-кишечный тракт, 98% его выводится с мочой. Существуют данные, что сахарин имеет бактерицидные свойства и мочегонное действие. Раньше была норма 5 мг/кг массы тела, но появились результаты опытов, которые указали на то, что высокие дозы сахараина (опыты на крысах) способствуют образованию опухоли мочевого пузыря. Это стало основой того, что Комитет экспертов ФАО/ВОЗ по пищевым добавкам принял решение об изменении ранее разрешенных норм с 5 мг/кг до 2,5 мг/кг массы тела. Были также изъяты условно разрешенные суточные нормы в 15 мг/кг, которые предусмотрены только в случаях диетических требований. Одновременно Комитет рекомендовал провести

дополнительные исследования, которые должны установить потенциальную канцерогенную опасность сахарина, дать оценку физиологичным эффектам действия сахарина и также выучить механизмы, которые обуславливают развитие опухолей при действии этого вещества. Таким образом, до конца проведения исследований суточной величиной разрешенной нормы есть 0-2,5 мг/ кг массы тела.

Ацесульфам-К (E 950) (Asesulfame potassium)

Ацесульфам-К является производным ацетооцтовой кислоты. Его суммарная формула $C_4H_4NO_4KS$, $\mu = 201,2$. Товарным названием ацесульфама К фирмы “Ноеchst” (ФРГ) является “Сунет” в Китае так и будет Ацесульфам-К.

Ацесульфам-К хорошо растворяется в воде, с повышением температуры растворимость увеличивается. Так, при 293 К (20°C) в 1 литре воды растворяется приблизительно 270 г, при 373 К (100°C) более 1000 г. Ацесульфам-К отличается доброй стабильностью при сохранении, он выдерживает высокие температуры. При выпекании при температуре более 473К (200°C) не наблюдается гидролитического или другого расщепления. Сладость ацесульфама-К в 180-200 разе больше сладости сахарозы.

Ацесульфам проявляет синергизм с сорбитом, фруктозой, изомальтом. Особенно выраженный синергизм с цикломатами, с аспартамом. Синергизм в этих случаях достигает 30% больше. Синергизм выявляет себя лучше всего в тех случаях, когда в смеси подсластители применяются в соотношении, обратному их сладости. Так, например, следует смешать ацесульфам-К с аспартамом в соотношении 1:1, с цикламатом в соотношении от 1:3 до 1:5.

Исследования на безопасность показали, что сунет выводится из организма человека без изменений, то есть он не усваивается организмом. Он не расщепляется, не превращается в другие вещества, он не имеет никакой физиологичной энергии, то есть он полностью «безкалорийный» продукт. Он негативно не влияет на состояние здоровья человека, который болеет сахарным диабетом, поэтому может быть использован при производстве диабетических кондитерских изделий и пищевых концентратах.

Общий комитет экспертов по пищевым добавкам Всемирной Продовольственной Организацией и ВООЗ после большого количества исследований признали, что ацесульфам-К разрешается для использования в пищевых продуктах и определили суточную норму потребления 0-9 мг на 1 кг массы тела.

Сунет не утилизируется бактериями полости рта, поэтому он не способствует возникновению кариеса зубов.

Стойкость сунета к действию высоких температур позволяет использовать его в продуктах, которые получают методом тонкого распыления, например, в сладостях для посыпки. Тогда для замены одного куска сахара весом 3,4 г необходимо использовать около 20 мг сунета. Для производства таблеток с сунетом целесообразно использовать низкосахаренную карбоксиметилцеллюлозу или поливинилпиролон. Предлагается использовать сунет для производства шипучих таблеток. Вспомогательные вещества, которые используются, являются одновременно наполнителями. В качестве компонентов угольной кислоты предлагается использовать натриумгидрокарбонат, а в качестве носителя кислоты - винную кислоту. В таких таблетках оправдывает использование в небольшом количестве желатина.

Сунет как подсластитель может быть использован в разных порошковидных смесях с такими пищевыми веществами как тартраты (соль или эфир винной кислоты), цитраты (соль или эфир лимонной кислоты), лактоза или многоатомные спирты (ксилит, сорбит, манит).

Безкалорийная посыпка может быть получена с сунета и чистой целлюлозы. Их используют для посыпки десертов, фруктовых салатов. При посыпке образуется белая «сахарная оболочка», которая влияет на органолептические показатели. Подобные посыпки используются в выпекании кондитерских и хлебобулочных изделиях. Тогда в состав смеси для распыления входят мальтодекстрины.

Фирма “Хухст АГ” также рекомендует использовать сунет при производстве малокалорийных конфитюров и мармелада в сочетании с многоатомными спиртами, которые дают при окислении моноцукрид сорбитол. При производстве кондитерских изделий и пищеконцентратов рекомендуется использовать водные растворы сунета, и если возможно то, давать его в конце варки.

В Украине разработана технология синтетического подсластителя, «Отизону» «аналога подсластителя «Сунет» на основе оксатиазиндиоксида, а именно калиевая соль - 6 - метил - 3,4 - дегидро - 1,2,3 - оксатиазин - 4 - ОН - 2,2 диоксида. Комплексно выучены химический состав, технологические, физико - химические свойства этого подсластителя, но к сожалению эта технология не внедрена.

Аспартам - E 951 (Синонимы - NutraSweet, Сладекс)

Аспартам - новый подсластитель с приятным как и у сахарозы вкусом, представляет собой дипептид, синтезированный из двух аминокислот: L-фенилаланина и L-аспарагиновой кислоты. Аспартам в 180 раз слаще сахарозы.

Аспартам - это белый кристаллический порошок без запаха.

Доказано, что все дипептиды, которые имеют сладкий вкус, обязательно имеют две гидрофобные группы R и R².

(R, - CH₃, C₂H₅, C₃H₇, - CH₂OH) (R² - H - C₄H₉, - OC₄H₉, - SC₄H₉, - COOC₄H₉).

Особенно сладкий вкус имеют соли подобных основ и некоторых органических кислот (яблочной, лимонной и др.). Аспартам целесообразно использовать вместе с лимонной кислотой, так как при этом наблюдается усиление сладкого вкуса.

Аспартам пригоден для использования в пищевых продуктах, применение которых не нуждается в термообработке, например, мороженое, кремы. Он полностью теряет сладкий вкус, если его выдержать в течение 45 минут при 150°C.

В Чехословакии выпускается аспартам, торговое название усал. Аспартам, как указывают фирмы производители, безвредный – он не влияет негативно на организм человека. Доказано, что в процессе пищеварения метоксикарбонильная группа гидролизуется и дипептид расщепляется на две основные аминокислоты.

Стандартная доза аспартама 1-3% от ежедневного поступления в организм человека аспартамовой кислоты и фенилаланина. Химическая стойкость аспартама зависит от pH среды и температуры.

Аспартам за границей широко применяется в качестве заменителя сахарозы для снижения калорийности продуктов массового питания, в том числе и кондитерских изделий, аспартам усиливает вкус сахарозы, глюкозы, цикламатов, сахарина в результате чего снижаются расходы нужных сладких компонентов. Небольшое количество аспартама (2-3%) вполне заглушает неприятные вкусовые ощущения сахарина. Существенным преимуществом аспартама является то, что он не стимулирует развитие кариеса зубов.

Аспартам дает интенсивную сладость, но не имеет ни фактуру, ни объем, ни консервирующих свойств как у сахарозы. Его целесообразно применять при производстве кондитерских изделий в соединении с другими компонентами.

Сейчас аспартам производит Корея («Green Sweet»), Мексика («Enzymologa»), Голландия («Holland Sweetener»), Китай и другие.

Комитетом экспертов по пищевым добавкам установленная величина разрешенной суточной нормы составляет 40 мг/ кг массы тела.

Считая то, что аспартам содержит остатки аминокислоты фенилаланина, он противопоказан больным фенилкетонурией.

Существуют данные, что аспартам после длительного периода коммерческого использования вредил для здоровья людей и животных.

При использовании этого подсластителя были выявлены опухоли в мозге животных. Было официальное заявление 29 декабря в 1996 году по национальной программе США «60 минут»: было признано, что опытные центры, которые выполняли заказ производителей аспартама, замалчивали этот

факт в своих отчетах. Существует очень интересный факт того, что безопасность аспартама изучало 170 исследователей. В 70 опытах, которые были заказаны производителями аспартама, было отмечено, что аспартам не вреден для человека. К их мысли присоединились еще 7 независимых экспертов. 83 независимых институтов и опытных центров получили результаты, которые указывали на негативное действие аспартама на организм человека. Было определено, что использование аспартама может вызывать головную боль, мигрень, звон в ушах, высыпание на коже, депрессию, бессонницу, потерю проворного контроля.

Исследования с аспартамом указывают на то, что оценка качества новых пищевых продуктов и пищевых добавок должна быть установлена независимыми экспертами, а не по заказу производителей.

Цикламаты - E 952

Цикламаты представляют собой натриевые, магниевые, кальциевые соли циклогексилсульфаминовой кислоты.

Циклогексиламино-К-сульфаминова кислота

представляет собой белое кристаллическое вещество сладкого вкуса, без запаха, хорошо растворяется в воде, сладость в 50 раз выше сахарозы. В настоящее время цикламаты используют больше, чем в 40 странах. Наибольшее распространение цикламаты получили в США и Японии, при использовании соков, безалкогольных напитков, кондитерских изделий. Цикламаты рекомендуют применять в смесях с сахаринем в соотношениях 10:1. В этих случаях устраняется неприятный привкус сахарина.

Имеются данные, которые указывают на то, что употребление больших доз цикламатов вызывает у подопытных животных рак мочевого пузыря.

Натриевая соль циклогексиламино-N-сульфаминовой кислоты представляет собой белый кристаллический порошок с интенсивным сладким вкусом (в 30 раз слаще сахарозы), которая имеет высокую термостабильность (температура плавления 533 К (260°C)). Эта соль хорошо растворяется в воде (1 г в 5 мл воды), но не растворяется в этаноле, бензоле, хлороформе. Водные

растворы нейтральны. При увеличении содержания (до 1%) интенсивность сладкого вкуса повышается, но последующий рост концентрации не увеличивает сладость.

Кальциевая соль циклогексиламино- N -сульфаминовой кислоты имеет сладость в 50 раз больше, чем сахарозы и содержит две молекулы воды, которая отделяется при температуре 353 К (80°C), безводная соль разлагается при 533 К (260°C). Растворимость этой соли следующая: 1 г в 4 мл воды, 60 мл C₂H₅ОН, водные растворы соли нейтральны.

Суточная доза использования позволяет до 11 мг/кг массы тела. Цикламаты представляют собой уникальную ситуацию в токсикологии, в том плане, что к оценке его токсичности используют не исходное соединение, а ее метаболиты. Было определено, что при назначении цикламатов крысам, у них в моче появляются метаболиты цикламата - циклогексатин. Этот метаболит образуется в результате бактериальной деятельности в тонкой кишке, но после того как в кишечной микрофлоре произойдут определенные изменения.

Метаболизм цикламата появляется лишь после более или менее длительного латентного периода. Однако, у некоторых людей могут быть мгновенные изменения. Поэтому возникает необходимость последующего исследования по токсикологической оценке метаболизма цикламатов. Сейчас цикламат производит в большом количестве фирма Productos Aditivos, Испания.

Цукралоза - E 955

Цукралоза (Sucralose) или трихлоргалактосахароза (ТХГС) подсластитель, сладость которого в 600 раз больше сладости сахарозы.

В последние годы объединенным комитетом экспертов по пищевым добавкам ФАО/ВООЗ были внесены изменения к разрешенным дозам использования цукралозы, дозы были увеличены от 3,5 мг/кг массы тела до 15 мг/кг массы тела. Комитетом были сделаны выводы об отсутствии нежелательного действия цукралозы на организм людей, которые болеют инсулинозависимым диабетом и диабетом взрослых. Такое заключение было сделано на основе исследований, которые показали, что цукралоза (ТХГЦ) не

влияет на секрецию инсулина и уровня глюкозы в крови больного человека, а также на углеводный обмен. Существуют данные, что ощущение сладости цукралозы ощущается более медленно, чем у сахарозы и сахарина.

ЗАО «Союзснаб» разработали подсластитель «Сладин» (ТУ 9199-001-45136978-98, ТН. ТИЦ № 72/э-55/4-98 от 17.11.98 г). Подсластители «Сладин» представляют собой смесь сахарина и сахарината натрия, ацесульфата калия, аспартама, цикламата, цукралозы и наполнителей глюкозы или мальтодекстрина, имеет коэффициент сладости – от 50 до 450 SES.

Фирма «Аспа свит» (Россия) является производителем подсластителей под названием «Аспа свит». Подсластители производят за ТУ 9197-001 - 49929776-99, признанный НИИ питания РАМН и имеют гигиенический вывод Министерства здравоохранения РФ.

В основу подсластителей «Аспа свит» положены подсластители с разным коэффициентом сладости: аспартам (Е 951) - 120-200 ед., ацесульфам (Е 950) 130-200 ед., цикламат (Е 950) - 30 ед., сахарин (Е 954) 300-500 ед., цукралоза (Е 955) - 600 ед. по отношению к сладости сахарозы, которая равняется 1,0.

Подсластители - дульцин, суосал и производные мочевины, триптофану, бензола и некоторых аминокислот

Еще в 1883 году было известно, что 4-етоксифенилмочевина имеет интенсивный сладкий вкус. Это соединение известно как **дульцин** (сахарол), сладость которого в 150-200 раз больше сахарозы.

Молекулярная масса дульцина – 180,2, температура плавления 474 К (174°C). Дульцин образуется при конденсации *p*-фенетидина с мочевиной при 437 К (1601°C). Дульцин представляет собой бесцветные, иглообразные кристаллы, которые растворяются в воде и этаноле. При нагревании в кислой среде дульцин разлагается на несладкие составные части. В результате сопоставления вкуса аналогов дульцину установлено, что *O*-производные не имеют вкуса, а *S*-производные имеют горький вкус. Сам дульцин хорошо

усваивается. Сейчас дульцин запрещено использовать в пищевых продуктах, потому что была определена его токсичность.

При исследовании производных диизоцианатов случайно был открыт сладкий вкус в N-(4-нітрофеніл)-N'-карбоксиетилмочевины (суосан), который имеет сладость в 350 раз больше, чем сахароза.

Молекулярная масса *суосана* равняется 253,1, температура плавления 453 К (180°C), он хорошо растворяется в воде, стойкий к температуре 513 К (2401°C)

Аминокислота триптофан в 25-50 раз более сладка сахарозы. В 1968 году было установленный, что производные триптофана также имеют сладкий вкус, и это дало толчок к синтезу производных триптофана.

Интенсивный сладкий вкус без неприятного привкуса имеет D-6-хлоротриптофан, сладость которого в 1000-1300 раз больше, чем в сахарозы. L-форма этого соединения не имеет вкуса, но владеет антидепресивным действием.

Соединения Вг, F-, $\text{CH}_3\text{O}-$ $(\text{CH}_3)_2\text{CH}-$ это производные триптофана, которое имеет сладкий вкус.

Производные бензола имеют очень высокую сладость и они были очень распространены в период второй мировой войны. Максимально интенсивным сладким вкусом владеет I - пропоксипроизводное соединение, которое имеет общее название P-4000. Это соединение в 4000 раз лаще сахарозы и не имеет горького привкуса. Однако, было установлено, что P-4000 имеет токсичные свойства и поэтому этот подсластитель был запрещен.

Дуоксан (1-етокси-2-амино-4нітробензол) имеет сладость, которая в 330 раз больше, чем у сахарозы. Дуоксан представляет собой желтые кристаллы. Это производные нитроамина, имеют высокую токсичность.

Много аминокислот имеют сладкий вкус, однако отмечено, что вкус их изменяется от того, в какой изомерной форме они находятся. Если аминокислота находится в D -форме, то имеет сладкий вкус, а если в L -форме, то горький, или отнюдь не имеют вкус.

Подсластители имеют высокое значение SES, потому используются в небольших количествах и не могут выполнять роль структурообразователей. Использование одного подсластителя (взамен сахара) практически невозможно при производстве кондитерских изделий. Использование подсластителей при производстве кондитерских изделий требует вводить в состав рецептурных композиций специальных структурообразователей. Это довольно сложная задача. Рациональный способ использования подсластителей – это использование их вместе с сахарозаменителями с низким значением SES (лактитолом, изомальтом, сорбитом), что обеспечит такую сладость кондитерским изделиям, какую имеют изделия на сахаре.