

Потери массы и сахарозы на тракте подачи свеклы в завод и пути их снижения

В.Н. Кухар, генеральный директор, ООО ФИРМА «ТМА»

Л.И. Чернявская, заведующая отделом сырья, контроля и учета производства, УкрНИИСП

Представлены результаты исследований в течение сезона потерь сахарозы на тракте подачи свеклы в завод путем измерения количества образующихся кислот, а также микробиологической зараженности транспортно-моечной воды, даны рекомендации по уменьшению этих потерь.

В результате механизации процессов выращивания, обработки и уборки сахарной свеклы значительно возросло количество битых и травмированных корнеплодов, увеличилась загрязненность свеклы, что в свою очередь привело к увеличению загрязненности транспортно-моечных вод механическими примесями, органическими веществами и микроорганизмами.

По отчетным данным сахарных заводов общая загрязненность корнеплодов при приемке составляет 12–14%, а при повышенной влажности почвы – 30–40%. Серийные очистители свеклоукладочных машин отделяют только 12–25% от исходного количества примесей, в основном свободную землю. Остальное количество загрязнений (около 75%) поступает сначала в кагат, а потом вместе со свеклой на завод. С точки зрения технологии процесса переработки свеклы и получения сахара очень важно отделить все примеси на тракте подачи и в мойке [4].

По данным массовых фитопатологических обследований, выполненных на различных перерабатывающих предприятиях, свекла, которая попадает в бункер перед резками, характеризуется большим количеством механически поврежденных корнеплодов, которые наносятся при механизированной уборке, погрузке, укладке в кагаты, погрузке и разгрузке с автомашин и вагонов, при подаче све-

клонасосами и элеваторами. Количество механически поврежденных корнеплодов составляет 98-100%, из них сильно - до 35-40%. При гидротранспортировании и мойке корнеплодов с их поврежденных поверхностей и разбитых частей сахара переходит в воду.

Общее количество боя составляет в среднем 5-6% к массе свеклы. Бой и куски свекломассы при классификации распределяются на товарную свекломассу, возвращаемую в производство, и отходы, направляемые на корм скоту.

На участке от приемки до переработки свеклы потери массы и сахарозы в основном обусловлены потерями массы и сахарозы при краткосрочном хранении свеклы в бурачных, потерями массы и сахарозы в отходах механизмов, установленных на тракте подачи, потерями боя, хвостиков и сахарозы, которая вымывается из них в транспортно-моечную воду.

По нашим исследованиям количество массы боя и хвостиков, возвращаемого в производство, в зависимости от системы классификации, составляет около 1,5-3,5% к массе переработанной свеклы. Сахаристость массы этой части боя – около 12–13%. Количество боя размером меньше 1 см, попадающего в жом, составляло в среднем 0,22% к массе переработанной свеклы, содержание сахарозы в нем - 3,5-5%. Нами также были определены потери массы свеклы, уходящей с водой на поля

фильтрации. Установлено, что в среднем в 10 л транспортно-моечной воды содержится 20 г свекловичного боя. Содержания сахарозы в нем составляло 1,54% к его массе.

Таким образом, свекловичный бой и хвостики, направляемые на корм животным и на поля фильтрации, имеют содержание сахарозы значительно меньше, чем в отдельных частях корнеплода. Следовательно, остаток сахарозы перешел в транспортно-моечную воду при нахождении в ней в разной степени поврежденной свеклы, ее обломков и боя.

Транспортно-моечная вода сахарного производства является источником значительных потерь сахарозы, величина которых зависит от ряда факторов: степени повреждения корнеплодов, температуры и рН воды, продолжительности пребывания корнеплодов в воде. Кроме того, загрязненная транспортно-моечная вода является одним из главных источников поступления микроорганизмов на производство и, вследствие их размножения и процессов метаболизма, значительных неучтенных потерь сахарозы при ее экстрагировании (0,15...0,67% к массе свеклы). Транспортно-моечная вода, вследствие многократной циркуляции, особенно при отсутствии подщелачивания, находится в состоянии частичного брожения, вызываемого микроорганизмами в присутствии сахара.

По мнению финских уче-

ных, потери сахарозы в транспортно-моечной воде в значительной степени зависят от погодных условий и степени повреждения свеклы [12]. На финских сахарных заводах они колеблются от 0,12 до 0,4% к массе свеклы. Этими же авторами были также проведены исследования по расшифровке учтенных и неучтенных потерь на всех этапах производства сахара из свеклы, согласно которым учтенные и неучтенные потери сахарозы в транспортно-моечной воде составляют 29,1% от общих потерь сахарозы, а неучтенные потери сахарозы в этой воде - 37,1% от общих неучтенных потерь сахарозы.

По данным немецких исследователей, потери сахарозы при гидротранспортировании свеклы в суммарном выражении колеблются от 0,06 до 0,5% к массе свеклы для нормальной свеклы и до 1% для свеклы мороженной [11, 13]. Ими было доказано, что на степень вымывания сахара из свеклы влияют следующие факторы: способ подачи свеклы в завод, высота падения свеклы при загрузке бурчаных, погодные условия, степень зрелости корнеплодов сахарной свеклы, их тургорность и степень повреждения, длительность хранения.

Согласно исследованиям Уленброка, при транспортировке неповрежденных корнеплодов сахарной свеклы потери сахарозы в транспортно-моечной воде составляют 0,08% к массе свеклы, корнеплодов с поврежденной поверхностью - 0,12% к массе свеклы, битых корнеплодов - 0,25% к массе свеклы. При увеличении высоты падения корнеплодов от 1 до 6 м потери сахарозы увеличиваются в 10 раз, при этом, свежая свекла повреждается больше, чем свекла хранившаяся. Потери сахарозы в транспортно-моечной воде при транспортировке хранившейся свеклы меньше приблизительно в 2 раза, чем при транспортировке

свежей свеклы [13].

Вымытая из корнеплодов свеклы сахароза, разлагается с образованием различных продуктов, в том числе и кислот.

Транспортно-моечная вода в значительной мере обсеменена микроорганизмами, количество которых зависит от ряда факторов: способа очистки воды, температуры окружающей среды и погодных условий, степени исходной инфицированности свеклы, содержания сахарозы и органических веществ в воде, режима работы очистных сооружений и др.

По исследованиям, проведенным в разных странах и в разные годы, ориентировочное содержание микроорганизмов в 1 см³ транспортно-моечной воды сильно варьирует, что может быть связано со способами уборки, переработки и подачи сырья, очистки транспортно-моечной воды и другими факторами. В 2001 году были получены такие величины микробиологической обсемененности 1-го см³ транспортно-моечной воды: термофилы - $1,56 \cdot 10^4 \dots 1,3 \cdot 10^5$ (колонийобразующих единиц) КОЕ, мезофилы - $1,82 \cdot 10^3 \dots 1,1 \cdot 10^4$ КОЕ, плесневые грибы - $2 \cdot 10^3 \dots 1 \cdot 10^4$ КОЕ. Согласно данным Вайды, вода, которая поступает на мойку, содержит $1 \cdot 10^8 \dots 1 \cdot 10^9$ КОЕ мезофильных и $1 \cdot 10^4 \dots 1 \cdot 10^5$ КОЕ термофильных микроорганизмов. По данным других ученых в 1 см³ транспортно-моечной воды может содержаться от $4 \cdot 10^8$ до нескольких миллиардов спор микроорганизмов [6, 7, 8, 9].

Свекла, обсемененная микроорганизмами, поступает на производство и поэтому значительное внимание стоит уделять тщательному отмыванию ее от земли, растительных примесей, ополаскиванию свеклы чистой водой после мойки и тщательной дезинфекции поверхности корнеплодов после ополаскивания. Если не уделять достаточно внимания этой проблеме, сахарный завод будет иметь высокие

неучтенные потери сахарозы. Поскольку на поверхности корнеплодов сахарной свеклы находится значительное количество микроорганизмов, то в бункерах перед свеклорезками, при недостаточном обеззараживании поверхности свеклы, происходит интенсивный рост микроорганизмов на стенках бункера и поверхности свеклы. Даже при попадании в бункер продезинфицированной свеклы, происходит вторичное заражение ее микроорганизмами. При получении свекловичной стружки микроорганизмы с поверхности свеклы переходят на поверхность стружки, и, попадая в диффузионный аппарат, в благоприятных условиях, начинают расти, вызывая разложение сахарозы и образование кислот. Продукты распада сахарозы (органические кислоты и редуцирующие вещества), а также продукты метаболизма некоторых микроорганизмов, которые образуют биогенные кислоты, полисахариды декстран и леван, затрудняют течение дальнейших технологических процессов, увеличивают содержание солей кальция и увеличивают содержание сахара в мелассе [2, 10].

В транспортно-моечной воде свеклосахарного производства содержатся такие микроорганизмы [2, 10]:

■ **Bacillus subtilis, Bacillus mesentericus** – образуют споры, которые сохраняются в полупродуктах на протяжении всего технологического процесса и могут встречаться даже в сахаре-песке. **Bacillus subtilis** образует из сахарозы полисахарид леван, который затрудняет фильтрование соков;

■ бактерии рода **Leuconostoc** – очень опасный вредитель сахарного производства, который вместе с транспортно-моечной водой попадает на свеклу, и далее в сахарных растворах образует слизистую капсулу, состоящую из декстрана. При этом сок становится вязким, малоподвижным, значительно

ухудшається фільтрація соков, вплоть до ее прекращения;

■ молочнокислые бактерии рода **Lactobacterium** – разлагают сахарозу, которая содержится в растворе, до молочной кислоты с выделением газов. Газы являются одной из причин пенообразования сока, а образовавшиеся кислоты снижают pH продукта;

■ дрожжи рода **Saccharomyces** – вызывают спиртовое брожение с выделением спирта и газа, которое приводит к потерям сахара и скоплению углекислого газа;

■ термофильные бактерии **Bacillus stearothermophilus** – опасны тем, что выдерживают высокие температуры (до 120°C). Они биохимически весьма активны – вызывают существенные изменения в среде обитания за короткий промежуток времени и образуют до 90 % молочной кислоты от количества сбраживаемого сахара;

■ маслянокислые бактерии рода **Clostridium** [1, 2, 6, 8, 10] и др.

Транспортерно-мочная вода при большой загрязненности может быть опасным очагом инфицирования свеклы, а, следовательно, и свекловичной стружки.

Потери сахарозы в транспортерно-мочной воде обусловлены тем, что процесс переноса сахарозы из клеток свеклы начинается уже в лотке гидротранспортера и протекает тем интенсивнее, чем большее количество механически поврежденных корнеплодов. Вымытая из корнеплодов свеклы сахароза, разлагается с образованием различных продуктов, в том числе и кислот.

Целью наших исследований было исследование изменения микробиальной загрязненности транспортерно-мочной воды и определение потерь сахарозы, вследствие ее разложения, в течение всего производственного сезона.

Объектом исследования

была транспортерно-мочная вода, которая отбиралась из лотка гидротранспортера в сухую стерильную посуду с крышкой. В отобранных пробах определяли: микробиологическую загрязненность по группам микроорганизмов – культивированием микроорганизмов на питательных средах, pH – pH-метром, содержание органических и минеральных кислот – пропусканием навески воды через катионитные колонки в H⁺ форме [1, 6].

Методика определения. Определение содержания микроорганизмов.

Пробу транспортерно-мочной воды тщательно перемешивали и готовили разведения 1:10⁵; 1:10⁶; 1:10⁷. Производили посев разведений транспортерно-мочной воды на чашки Петри глубинным способом в 3-х повторностях. Культивировали посевы в термостате при температуре:

36...37°C – для определения мезофилов и общего содержания микроорганизмов, на среде МПА;

55°C – для определения термофилов на среде МПА+10% сахарозы;

25...27°C – для определения группы плесневых грибов и дрожжевых клеток на среде Чапека.

Подсчет колоний производили через 24-48-72 часа. Чашки с плесневыми грибами выдерживали в термостате до 7 суток.

Определение содержания кислот.

Содержание органических и минеральных кислот в транспортерно-мочной воде определяли следующим образом: 20 г воды количественно переносили в предварительно заряженные катионитные колонки в H⁺ форме, добавляли в колонки дистиллированную воду до расширения, открывали зажим колонки так, чтобы за 1 с из носика вытекала 1 капля. Элюат собирали в колбу объемом 500 см³. После прохождения всей жидкости, доливали сно-

ва дистиллированную воду до расширения и увеличивали скорость вытекания жидкости в 2 раза. Элюирование продолжали до полного вымывания кислот. Собранный элюат оттитровывали 0,1 н раствором NaOH. Эквивалентное количество кислотных радикалов в 100 г воды рассчитывали по предложенной формуле [5].

(В проведении исследований принимали участие В.П. Адамович и Т.В. Зорг).

Результаты исследований.

Нами были исследованы изменения микробиальной загрязненности транспортерно-мочной воды и определены потери сахарозы вследствие ее разложения в течение всего производственного сезона.

При микробиологическом исследовании транспортерно-мочной воды нами было отмечено количественное и качественное разнообразие микроорганизмов. Пробы были отобраны на 10 и 60 сутки от начала производственного цикла, что позволило нам оценить увеличение количества микроорганизмов в транспортерно-мочной воде по сравнению с длительностью пребывания вод в работе и проследить динамику количественных изменений микроорганизмов в группах термофилов, мезофилов и грибов в зависимости от погодных условий. Результаты исследований приведены в **таблице 1**.

В проанализированных пробах воды были обнаружены термофилы, мезофилы и плесневые грибы в количествах, превышающих имеющиеся литературные данные последних лет. Это показывает насколько необходимо тщательное очищение и обеззараживание транспортерно-мочной воды именно в последнее время, когда в результате механизации процессов выращивания, уборки, погрузки свеклы на транспортное средство, возрос уровень загрязнения корнеплодов, а также в связи с ранними пусками заводов повыше-

Таблиця 1

Величина микробиологической зараженности транспортерно-моечной воды

| Количество дней от начала производственного сезона, суток | Температура воды, °С | Количество микроорганизмов, КОЕ в 1 см ³ | | | |
|---|----------------------|---|---------------------|-------------------|---------------------|
| | | общее количество | в том числе | | |
| | | | мезофилы | термофилы | плесневые грибы |
| 10 | 12 | 9·10 ⁸ | 8·10 ⁸ | 4·10 ⁴ | 2·10 ⁴ |
| 60 | 4 | 5·10 ⁸ | 4,5·10 ⁸ | 5·10 ³ | 6,2·10 ³ |

на температура транспортерно-моечной воды. Снижение температуры транспортерно-моечной воды способствует уменьшению ее обсемененности. Так, понижение средней температуры воды на 6°С привело к уменьшению общей обсемененности на 55%, при этом количество мезофилов уменьшилось почти в 1,7 раз, количество термофилов снизилось в 8 раз, плесневых грибов - в 3,2 раза.

При микроскопировании (рис. 2 и 3) было обнаружено, что среди мезофильной группы микроорганизмов преобладают

стрепто- и диплококки, встречаются палочки, а среди группы плесневых грибов были обнаружены грибы родов *Penicillium* и *Mucor*. На рис. 2 представлены наиболее типичные колонии мезофилов, выросшие на МПА из разведения 1:10⁷. Были обнаружены колонии белесоватого и светло-желтого цвета с блестящей поверхностью и небольшой радиальной складчатостью, в основном округлой формы с неровными краями. Микроскопируются дипло- и стрептококки. На поверхности чашки видны также колонии неправильной

формы с матовой поверхностью. Под микроскопом видны спороносные палочки. Общее количество микроорганизмов составило 1·10⁸ шт.

Рис. 3 иллюстрирует колонии грибов. Разведение – 1:10³, культивировались на среде Чапека в течение 1 недели. На фото явно видны колонии, характерные для рода *Penicillium* и рода *Mucor*.

Полученные результаты по определению потерь сахарозы в транспортерно-моечной воде приведены в табл. 2.

Нами была выполнена ма-

Таблиця 2

Изменение количества кислот в транспортерно-моечной воде в течение сезона производства

| Показатель | Длительность производства, суток | | | | |
|---|----------------------------------|--------|---------|---------|--------|
| | 10 | 16 | 18 | 28 | 60 |
| pH ₂₀ | 11,1 | 9,8 | 10,3 | 9,6 | 8,0 |
| Навеска пробы, г | 20 | 20 | 20 | 20 | 10 |
| Количество прореагировавшего 0,1 н раствора NaOH | 1,5 | 2,8 | 3,1 | 3,5 | 3,5 |
| Эквивалентное количество кислотных радикалов, мг-экв/100 г воды | 0,7575 | 1,4140 | 1,5655 | 1,7675 | 3,5350 |
| Количество молочной кислоты, мг/100 г воды | 68,175 | 127,26 | 140,895 | 159,075 | 318,15 |
| Потери сахарозы, мг/100 г воды | 94,69 | 176,75 | 195,69 | 220,94 | 441,88 |
| Потери сахарозы, % к массе воды | 0,095 | 0,177 | 0,196 | 0,221 | 0,442 |
| Потери сахарозы, % к массе свеклы | 0,085 | 0,150 | 0,167 | 0,188 | 0,376 |

Таблиця 3

Результаты математической обработки экспериментальных данных количества органических кислот (в пересчете на молочную) в транспортерно-моечной воде в зависимости от длительности сезона производства

| Коеф. корреляции, r | Критерий достоверности коеф. коррел., t _r | Ошибка коеф. коррел., m _r | Среднеквадратическое отклонение | | Ошибка коэффициента регрессии | | Уравнение регрессии |
|---------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------|----------------|-------------------------------|--------------------|---------------------|
| | | | σ _x | σ _y | m _{b y/x} | m _{b x/y} | |
| 0,99 | 10,52 | 0,015 | 19,87 | 93,33 | 0,02 | 0,441 | Y = 24,59 + 5,046·X |

X - длительность производства, суток,
Y - содержание органических кислот, мг/100 г воды

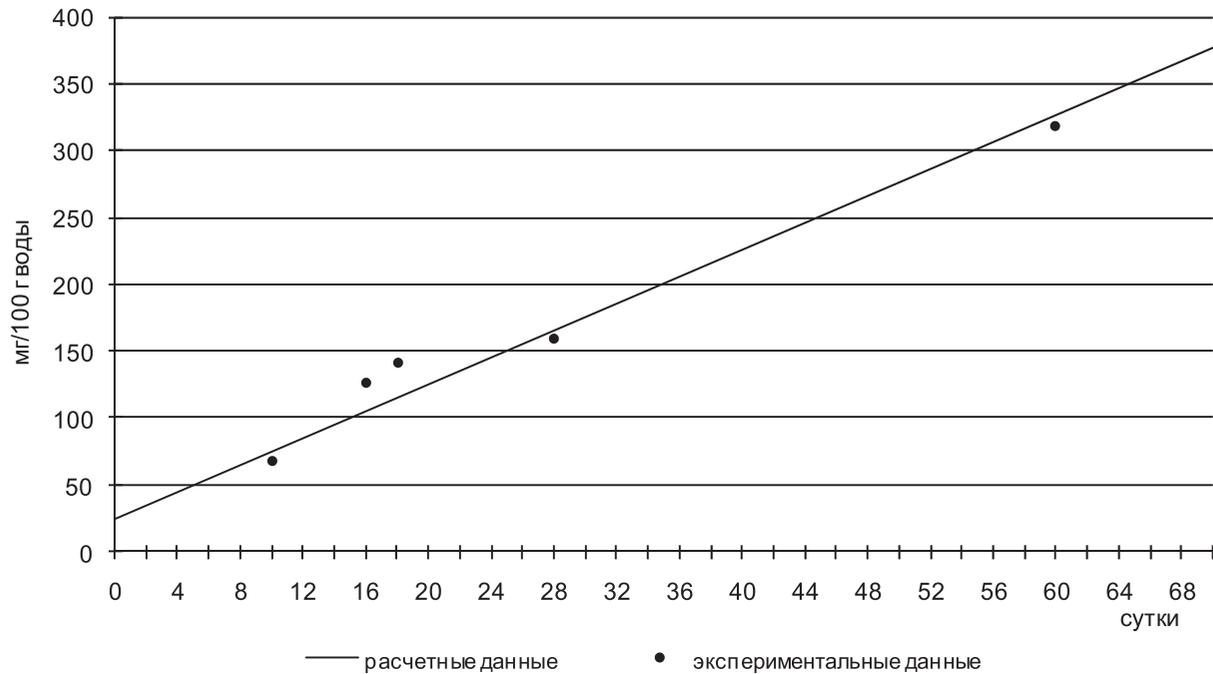


Рис. 1. *Зміна вмісту кислот у транспортно-моечній воді залежно від тривалості сезону виробництва.*

тематическа обробка експериментальних даних з використанням методу найменших квадратів і отримано рівняння регресії, згідно з яким між тривалістю виробничого сезону і вмістом кислот, що утворюються в результаті розпаду сахарози, в транспортно-моечній воді, існує лінійна залежність. В таблиці 3 наведено результати математическої обробки експериментальних і розрахованих даних, а на рис. 1 представлено залежність

вмісту суми кислот в транспортно-моечній воді від тривалості виробничого сезону. Коефіцієнт кореляції між отриманими і розрахованими даними становить 0,9867.

Було встановлено, що втрати сахарози в транспортно-моечній воді, внаслідок її розкладання, збільшуються при збільшенні тривалості виробничого сезону, і на 60 днів роботи заводу становлять 0,376% до маси свекли, що повністю узгоджується з дан-

ними іншими дослідниками [12, 13].

Утворюючіся кислоти практично не видаляються при отстаиванні транспортно-моечній воді. Дуже мала їх частка при додаванні известки дає нерозчинимі солі кальція і випадає в осадок, більша частка накопичується в циркулюючій воді, викликаючи зниження рН води.

Транспортно-моечна вода внаслідок різних причин сильно пениється. Пена є джерелом вторинного мікробіологічного забруднення води і території. Ми провели експерименти з різними пеногасителями. При використанні пеногасителів процес пеноутворення значно зменшується. Так, при використанні пеногасителя Talox BT пена майже не утворюється, а якщо вона і утворюється (при низьких витратах пеногасителя), то за 1-2 хв повністю зникає. При використанні пеногасителя Cyanamer P70 за 5 хв зникає від 78 до 100% пени при витраті пеногасителя від 0,0025 до 0,05%.

На основі вищевикладеного можна зробити наступні висновки:

Для зменшення втрат сахарози в транспортно-моечній



Рис. 2. *Колонії мезофілів*



Рис. 3. *Колонії грибів*

ТЕХНІКА & ТЕХНОЛОГІЇ

воде необходимо снизить количество механически поврежденных корнеплодов путем усовершенствования техники для возделывания, уборки сахарной свеклы, укладки ее на хранение и подачи на переработку, конструкции свеклонасосов.

Подавать в бурчаную свеклу целесообразно только после хранения, то есть свеклу, которая частично потеряла свой тургор и будет меньше биться при загрузке ее в бурчаную и гидротранспортировании в завод.

Необходимо поддерживать возможно низкую температуру транспортерно-моечной воды, применяя для этого башенные или бассейновые охладители, проводить периодическое ее хлорирование.

Для ополаскивания свеклы после мойки необходимо применять чистую воду, поверхность корнеплодов после ополаскивания обязательно обрабатывать антисептиком.

Необходимо поддерживать оптимальные значения pH и температуры транспортерно-моечной воды. Для улучшения отстаивания воды и интенсификации этого процесса целесообразно применять эффективные коагулянты и флокулянты. Было установлено, что все марки флокулянтов значительно интенсифицируют процесс отстаивания и повышают его эффективность при незначительных расходах.

Одним из радикальных способов уменьшения потерь сахарозы в транспортерно-моечной воде есть организация сухой по-

дачи свеклы и исключение из технологической схемы свеклонасосов и элеваторов, которые значительно повреждают корнеплоды. По этому пути пошли многие сахарные заводы Западной Европы, изменив традиционную схему гидроподачи. На заводах стран СНГ в настоящее время такую схему используют несколько заводов, после проведенной реконструкции предприятий.

Список использованных источников

1. Белостоцкий Л.Г., Находкина В.З. Указания по ведению микробиологического контроля свеклосахарного производства. К. : ВНИИСП. - 1984. - С. 151-152.
2. Богданов В.М., Баширова Р.С., Кирова К.А. Техническая микробиология пищевых продуктов. М. : Пищевая промышленность, 1968. - С. 418-420.
3. Зарубежный опыт очистки сточных вод сахарных заводов // Сахарная промышленность. Серия 11. Выпуск 3. Обзорная информация. - М. 1983. - С. 13.
4. Кухар В.Н. Новое в технологии мойки свеклы / В.Н. Кухар, П.И. Лысюк, Л.И. Чернявская // Сахар. - 2003. - № 2. - С. 45-47.
5. Методические указания по оценке качеств сахарной свеклы. - ВНИИСП. - 1981. - С. 94-96.
6. Находкина В.З. Микробиология в свеклосахарном производстве // М. : Пищевая про-

мышленность. -1967. - С. 12-15.

7. Пархомец А.П., Находкина В.З., Сорокин А.И. Исследование биологических качеств и методов дезинфекции транспортерно-моечных вод. В сб. Сахарная промышленность. - М. : ЦНИИТЭИ пищепром, 1977, № 1, С. 10-19.

8. Пархомец А.П., Сергиенко В.И. Биологическая очистка сточных вод сахарных заводов. - М. : Легкая и пищевая промышленность, 1984. - С. 19.

9. Пархомец А. П., Сорокин А.И. О применении реагентов для очистки транспортерно-моечной воды. // Сахарная промышленность. - 1985 г. №5.

10. Руководство по микробиологическому контролю сахарного производства. М. : ЦИНТИПИЩЕПРОМ, 1968. - С. 61-62.

11. Gorsler M., Kollatsch D. Biologische Abwasserreinigung nach dem Kombinationsverfahren am Beispiel einer Zuckerfabrik. - Zucker, 1975, Bd.28, No4, S.174-177.

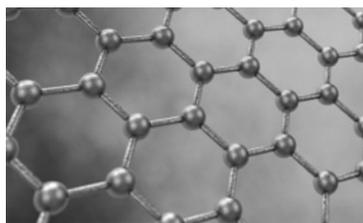
12. Hallanoro H. Untersuchungen über die "unbestimmten Zuckerverluste" in finnischen Rübenzuckerfabriken // Zucker Industrie . - 1985. - N5. - S. 480-483.

13. Von W. Uhlenbrok. Zuckerferluste Schwemmwasser und ihre analytische Erfassung // Zucker.- 1972.- N 24.- S. 771-773.

14. Инструкция по химико-техническому контролю и учету сахарного производства. // К. : ВНИИСП. - 1983. - С. 130-131.

ИНТЕРЕСНЫЕ ФАКТЫ

«Наносахар»: частицы песка в сахарной оболочке



Согласно патенту израильской компании «DouxMatok», система очень проста: берутся безвредные частички целлюлозы или диоксида кремния (это основной компонент обыкновенного речного песка, а также популярная пищевая добавка) и каждую по отдельности покрывают слоем сахара. Наночастички настолько малы, что язык их не чувствует, зато ощущает сладость. На вкус новый продукт ничем не отличается от сахара, но после того, как тело поглощает оболочку, остальная часть продукта не переваривается и выводится из организма. Вдобавок наночастички не растворяются в воде, поэтому поддерживают свою целостность и эффективность, даже если размешать такой «сахар», например, в чае.

Источник: журнал «Популярная механика»