

Сушильная установка для свекловичного жома и экспериментальные пищевые продукты

А. М. ЧЕРНИКОВ, учитель биологии и ОБЖ (e-mail: andche@yandex.ru)

СОШ № 45, г. Курск

Г. Ф. КАПЛУНОВ, ведущий специалист (e-mail: kaplunov2008@yandex.ru)

Курский ЦНТИ, филиал ФГБУ РЭА Минэнерго России

Введение

Человеку для нормальной жизнедеятельности необходима пища, содержащая не только достаточное количество калорий, но и имеющая ещё одно важное свойство, а именно – достаточный объём. Пищеварительная система человека устроена таким образом, что он должен поглощать пищу в определённом объёме, который обеспечивает нормальную перистальтику кишечника, являющуюся одним из условий здорового пищеварения.

К сожалению, в рационе питания современного человека нередко преобладает высококалорийная пища, имеющая незначительный объём, а это может стать причиной некоторых заболеваний. В прошлом тоже возникала проблема из-за несбалансированности пищи по параметрам «калорийность – объём», но с той разницей, что не хватало калорий. Люди употребляли много натуральной, растительной пищи относительно низкой калорийности. Вспомним, к примеру, низкокалорийную репу, которая до завоза картофеля была основной овощной культурой на Руси.

Численность человечества продолжает расти, следовательно, объём пищи, который ежедневно требуется людям, тоже увеличивается. Свекловичный жом может стать одним из существенных источников пищевых волокон, создающих объём пищи, но только при отсутствии в нём вредных и опасных для здоровья человека веществ.

Материалы и методы исследования

Научное исследование осуществлялось с применением методов системного анализа и экспертных оценок, сравнительного физико-технического анализа традиционной и инновационной барабанных сушильных установок, органолептического метода оценки качества алкогольного напитка, расчётного метода расхода газа на сушку жома.

Результаты и их обсуждение

При получении сахара из свекловичной стружки в диффузионный сок выходит основная часть водорастворимых веществ, включая потенциально опасные для человека – нитраты, остатки пестицидов и катионы тяжёлых металлов. Кроме этого, значительная часть водорастворимых веществ удаляется из жома с жомпрессовой водой при глубоком отжатии. Сырой свекловичный жом содержит минимальное количество опасных веществ, но при последующей высокотемпературной сушке он загрязняется продуктами горения и пиролиза, тоже очень вредными для человеческого организма.

В целом процесс высокотемпературной сушки жома в традиционной барабанной сушильной установке имеет следующие недостатки:

- теплоноситель поступает в сушильный барабан в виде факела горящего топлива очень высокой температуры 800–850 °С;
- перегрев корпуса сушильного барабана в зоне входящего факела, вследствие чего около 5 % жома обугливается и существует даже опасность возгорания жома;
- при перегреве корпуса сушильного барабана существенно увеличиваются потери тепловой энергии;
- используется смесь топочного газа и присадочного воздуха, из-за чего в сушильном барабане появляются потоки недогретого и перегретого воздуха;
- движение воздуха внутри сушильного барабана ламинарное;
- несоответствие традиционных сушильных установок новым требованиям экологической безопасности по выбросам вредных газов.

С целью получения незагрязнённого продуктами горения сушёного свекловичного жома (ССЖ) разработана барабанная низкотемпературная сушильная установка с перекрёстным током теплоносителя [1, 2].

Сушильная установка для свекловичного жома с перекрестным током низкотемпературного теплоносителя, включающая сушильный барабан с электромеханическим приводом, бункер влажного жома с дозатором, загрузочную и разгрузочную камеры, циклон, хвостовой вентилятор, выхлопную трубу, компрессор с осушителем воздуха и теплообменник отличается тем, что на линии центральной оси сушильного барабана установлен воздухопровод в форме трубы, выполненный из устойчивого к коррозии материала с отверстиями, обеспечивающий распределение потока осушенного нагретого воздуха внутри барабана [1, 2].

Высокая эффективность сушки жома в разработанной установке обусловлена следующими причинами:

- в сушильный барабан поступает равномерно нагретый в теплообменнике воздух до рабочей температуры 60–90 °С (но не выше 120 °С) без примеси топочных газов;

- отдельный теплообменник (генератор горячего воздуха) позволяет точно регулировать температуру теплоносителя, поступающего в сушильный барабан;

- перекрёстный ток теплоносителя, поступающего через воздухопровод, обуславливает турбулентное движение воздушных потоков в барабане; при этом вихревые воздушные потоки увеличивают площадь соприкосновения воздуха с жомом, создавая эффект «кипящего слоя», благодаря чему повышается КПД сушки жома;

- снижается расход топлива (согласно нашим расчётам расход газа составит 150–180 м³ на 1 т ССЖ, расчёт приводится ниже);

- нет необходимости использовать присадочный воздух, поэтому предусмотрена относительная герметизация сушильного барабана термоизолирующим наружным кожухом для уменьшения потерь тепла через поверхность корпуса;

- из-за сопротивления воздуха при подаче через воздухопровод произойдёт небольшое снижение давления внутри сушильного барабана; снижение давления даже на несколько мм рт. ст. будет понижать температуру испарения воды и способствовать экономии энергии.

Таким образом, предлагаемая сушильная установка обладает рядом преимуществ перед традиционными барабанными сушильными установками: это экономичность, экологическая безопасность, и самое главное — она позволяет получать ССЖ, не загрязнённый продуктами горения и топочными газами, пригодный для дальнейшей глубокой переработки и использования в пищевой промышленности в качестве пищевых волокон, производства свекловичного пектина и др.

Какие же новые экспериментальные пищевые продукты можно создать на основе «чистого» ССЖ, полученного в усовершенствованной установке?

Вариантов множество, остановимся лишь на одном: алкогольный напиток «Настойка свеклосахарная», являющийся побочным продуктом получения свекловичного пектина по способу ферментативного гидролиза протопектина [3, 4]. Суть способа получения свекловичного пектина в том, что «ферментативный гидролиз протопектина осуществляют ферментом протопектиназой, в качестве источника которого используют свежесжатый сок корнеплодов сахарной свёклы, достигших технологической спелости, в количестве 5–10 % от массы пектинового сырья» [3].

Использование в качестве исходного сырья свекловичного жома, высушенного при низкой температуре атмосферным воздухом, является необходимым условием, исключающим попадание в конечный продукт вредных веществ [4].

Водная вытяжка, используемая для приготовления настойки «Свеклосахарная», образуется при ферментативном гидролизе протопектина из свекловичного жома низкотемпературной аэробной сушки ферментом протопектиназой с последующим осаждением и отделением пектина [4]. Водно-спиртовую смесь для настойки «Свеклосахарная» получают осаждением пектина из ферментативного гидролизата двойным объёмом спирта ректификованного высшей очистки [4]. После отделения осажённого пектина образуется водно-спиртовая смесь с содержанием этилового спирта 66°. Эту водно-спиртовую смесь разбавляют специально подготовленной умягчённой водой до концентрации спирта 40° и фильтруют на угольной колонке [4].

Настойка «Свеклосахарная» имеет мягкий вкус, обусловленный растворимыми моно-, олиго- и полисахаридами, образующимися в водном растворе при ферментативном гидролизе протопектина, а также органическими кислотами и другими биоорганическими веществами свекловичного сока, добавляемыми в небольшом количестве на стадии получения ферментативного гидролизата [4]. Цвет — соломенно-жёлтый. Состав: вода питьевая исправленная, спирт этиловый ректификованный высшей очистки, натуральные вещества водной вытяжки из продуктов переработки сахарной свёклы [4].

Расчёт расхода природного газа на получение 1 т ССЖ в барабанной низкотемпературной сушильной установке с перекрёстным током теплоносителя

Влагоёмкость воздуха в диапазоне температур от 90 до 100 °С составляет от 418 до 588 г/м³. Для расчёта берём среднюю величину 500 г/м³.

Из 10 т жома с влажностью 80 %, поступающего в сушильный барабан, необходимо удалить 6,3 т воды. Выход сушёного жома 3,7 т.

$V_{\text{теор}} = 6,3 \cdot 10^3 \text{ кг} / 0,5 \text{ кг/м}^3 = 12,6 \cdot 10^3 \text{ м}^3$,
где $V_{\text{теор}}$ – теоретический объём воздуха, необходимый для удаления 6,3 т воды.

Для нагревания $12,6 \cdot 10^3 \text{ м}^3$ воздуха от 0 до 100 °С требуется:

$$12,6 \cdot 10^3 \cdot 10^6 / 0,8 = 15,75 \cdot 10^9 \text{ Дж.}$$

Перевод Дж в Гкал:

$$1 \text{ Гкал} = 4,19 \cdot 10^9 \text{ Дж.}$$

Минимальный расход энергии на сушку жома составляет:

$$15,75 \cdot 10^9 \text{ Дж} / 4,19 \cdot 10^9 \text{ Дж} = 3,76 \text{ Гкал/ч.}$$

Минимальный расход условного топлива

$$3,76 \text{ Гкал} / 6,73 = 0,56 \text{ т.}$$

Минимальный расход природного газа:

$$1 \text{ т условного топлива} = 866,6 \text{ м}^3 \text{ природного газа.}$$

$0,56 \cdot 866,6 = 485,3 \text{ м}^3$ природного газа на 3,7 т сушёного жома.

На 1 т сушёного жома минимальный расход газа составляет

$$485,3 / 3,7 = 131,2 \text{ м}^3.$$

В реальных условиях расход воздуха и энергии на сушку возрастёт. Насколько – зависит от эффективности процесса отдачи влаги жомом.

Эффективность отдачи воды жомом зависит от площади соприкосновения жома с воздухом (повышается при распределении воздуха в сушильном барабане по воздухопроводу) и интенсивности перемешивания частиц жома и воздуха (увеличивается вследствие возникающего в массе жома эффекта «кипящего слоя»). По этим параметрам предложенная сушильная установка превосходит аналоги, следовательно, потери тепловой энергии не превысят 15–36 % от минимального расхода газа.

Таким образом, в предложенной установке реальный расход газа составит 150–180 м³ на 1 т ССЖ.

Заключение

Сушёный свекловичный жом, полученный в инновационной сушильной установке, будет отличаться высокой чистотой по сравнению с полученным в традиционной высокотемпературной сушильной установке, поэтому может быть использован в качестве сырья в пищевой промышленности и, следовательно, будет иметь более высокую рыночную стоимость.

Технология сушки свекловичного жома в низкотемпературной барабанной сушильной установке с дальнейшей переработкой его в инновационные пищевые продукты может дать товарную массу, превышающую стоимость продукта основного производства – сахара. Этот факт в долгосрочной перспективе способен обеспечить высокую конкурентоспособность свекло-

сахарного производства на мировом рынке сахаристых веществ.

Список литературы

1. Черников, А.М. Безотходная экологически безопасная технология переработки свекловичного жома / А.М. Черников, Г.Ф. Каплунов, Ю.С. Багликова. – Сахар. – 2019. – № 5.
2. Сушильная установка для свекловичного жома: пат. на ПМ 184631 РФ: МПК F26B 11/04 (2006.01) / Семькин Владимир Анатольевич, Каплунов Григорий Федорович, Черников Андрей Михайлович, Багликова Юлия Сергеевна; заявитель и патентообладатель Черников Андрей Михайлович. – № 2018100763; Заявл. 10.01.2018; Оpubл. 01.11.2018, Бюл. № 31.
3. Способ получения свекловичного пектина: пат. 2658701 РФ: МПК C08B 37/06 (2006.01) / Черников Андрей Михайлович; заявитель и патентообладатель Черников Андрей Михайлович. – № 2017127610; Заявл. 01.08.2017; Оpubл. 22.06.2018, Бюл. № 18.
4. Способ получения алкогольного напитка: пат. 2725691 РФ: МПК C12G 3/06 (2006.01) / Черников Андрей Михайлович; заявитель и патентообладатель Черников Андрей Михайлович. – № 2019117808; Заявл. 07.06.2019; Оpubл. 03.07.2020, Бюл. № 19.

Аннотация. В статье рассматривается полезная модель барабанной низкотемпературной сушильной установки с перекрёстным током теплоносителя для свекловичного жома, анализируются преимущества данной сушильной установки по сравнению с традиционными барабанными сушильными установками. Обсуждается использование ССЖ низкотемпературной аэробной сушки в пищевой промышленности для получения свекловичного пектина по технологии ферментативного гидролиза протопектина с побочным производством алкогольного напитка «Настойка свеклосахарная». Приводится расчёт расхода тепловой энергии для получения ССЖ.

Ключевые слова: сушёный свекловичный жом (ССЖ), барабанная сушильная установка с перекрёстным током теплоносителя, аэробная низкотемпературная сушка жома, пектиновые вещества жома (протопектин), фермент протопектиназа, свекловичный сок, свекловичный пектин, алкогольный напиток «Настойка свеклосахарная».

Summary. The article considers a useful model of a low-temperature drum drying unit with a cross-current coolant for beet pulp, analyzes the advantages of this drying unit in comparison with traditional drum drying units. The use of dried beet pulp by low-temperature aerobic drying in the food industry for the production of beet pectin using the technology of enzymatic hydrolysis of protopectin with the by-product of the alcoholic beverage «Beet sugar tincture» is discussed. The calculation of heat energy consumption for the production of dried beet pulp is given.

Keywords: dried beet pulp, drum drying unit with cross-flow of heat carrier, aerobic low-temperature drying of pulp, pectin substances of pulp (protopectin), protopectinase enzyme, beet juice, beet pectin, alcoholic drink «Beet sugar tincture».