

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ПРОИЗВОДСТВА КАРАМЕЛИ

Гапоненко Е.В., Ульянов Н.И.

**Могилевский государственный университет продовольствия
г. Могилев, Беларусь**

Технологические процессы кондитерской промышленности характеризуются высокой интенсивностью. Процесс производства карамели требует контроля и управления параметрами технологического процесса в режиме реального времени. В современном карамельном производстве массовые виды леденцовой карамели вырабатывают на механизированных поточных линиях. Розничный ассортимент карамели производят на линиях, требующих частичного применения ручных операций.

Механизированное производство карамели отличается высокой интенсивностью процессов. При формовании карамели производительность достигает 1800...2200 изделий в минуту. Такие условия производства предъявляют высокие требования в точности геометрических размеров, формы и прочностных характеристик изделий.

Процесс обработки карамельной массы и изготовления из неё изделий обусловлен физическим состоянием и механическими характеристиками массы, которые прежде всего зависят от температуры. Вязкость массы при охлаждении увеличивается в десятки раз, а при температуре 65 - 70°C она переходит в пластичное состояние, т.е. обретает способность принимать под давлением любую форму и сохранять её. При дальнейшем охлаждении ниже 35 - 40°C масса переходит в стекловидное аморфное состояние. Она становится твердой и хрупкой.

Карамельную массу получают путём уваривания водного раствора сахарозы и антикристаллизатора до остаточной влажности 2...4 %. В качестве антикристаллизатора используют инвертный сироп.

Особенности технологического процесса производства карамели обусловлены тем, что карамельная масса является весьма неустойчивой системой: сахар (сахароза) стремится принять свойственное ему кристаллическое состояние. Кроме того, при нагревании рецептурной смеси происходит химическое изменение сахарозы. Продукты такого изменения отличаются высокой гигроскопичностью, ухудшают внешний вид изделия и сокращают срок хранения карамели. Технология изготовления карамельной массы сводится к переводу кристаллического сахара-песка в аморфное состояние. Превращение кристаллического вещества в аморфное на производстве осуществляется путем приготовления раствора и его уваривания в условиях, устраняющих кристаллизацию сахарозы. Поэтому на всех стадиях технологического процесса требуется создание условий, обеспечивающих высокую стойкость карамельной массы. В частности, для снижения температуры и сокращения продолжительности удаления влаги из рецептурной смеси её уваривают под вакуумом. Вкусовые добавки, содержащие кислоты, вводят после предварительного охлаждения карамельной массы. Необходимым условием при изготовлении карамели является охлаждение уваренной карамельной массы в возможно более короткие сроки, так как скорость кристаллизации сахарозы зависит от скорости охлаждения и с понижением температуры быстро падает из-за резкого повышения вязкости массы. Поверхность готовой карамели должна обязательно защищаться от влияния окружающего воздуха. Незащищённая карамель, поглощая влагу из воздуха, быстро увлажняется, слипается и теряет товарный вид.

Наиболее распространённым способом защиты является упаковка карамели во влагонепроницаемую этикетку.

Таким образом можно выделить основную проблему, встречающуюся в производстве карамели это липкость карамели. Влагу из воздуха она набирает по следующим причинам:

1. Слишком много «инвертного» содержимого.

2. Слишком высока относительная влажность в помещении для формования и упаковки (она должна быть 45% или ниже). Карамель следует завертывать теплой, примерно при 32°C. Выбран несоответствующий упаковочный материал — проницаемость обертки карамели и упаковки для водяного пара слишком высоки.

Основу современных производств составляют технологические системы, имеющие сложную структурно-функциональную организацию. Одной из основных целей математического моделирования технологических систем является прогнозирование на этапе их проектирования основных характеристик и особенностей их функционирования в реальных условиях промышленного производства. Действующих производств средствами моделирования определяются условия реконструкции, переоборудования, изменения технологических режимов и регламентов для решения задач оптимизации производственных процессов.

Затраты на исправление выявленной ошибки возрастает на порядок, если эта ошибка выявлена не на этапе проектирования, а на этапе создания экспериментального образца и еще на порядок при серийном выпуске. Поэтому современные принципы обеспечения качества продукции предусматривают проведение основных действий по достижению качества – 75% на начальных этапах жизненного цикла.

Современное понимание проблемы адекватности предполагает проверку выполнения следующих критериев:

- 1) Непротиворечивость - дает ли модель результаты, которые не противоречат логике при изменении величин важнейших параметров;

- 2) Чувствительность - соответствуют ли относительные изменения выходных параметров модели небольшим изменениям ее входных параметров;

- 3) Реалистичность - соответствует ли модель частным случаям, для которых имеются экспериментальные данные.

Именно критерий реалистичности рассматривается в большинстве случаев в качестве основного. На его основе построены современные процедуры идентификации параметров математических моделей.

Процесс компьютерного моделирования включает и конструирование модели, и ее применение для решения поставленной задачи: анализа, исследования, оптимизации или синтеза технологического процесса. Вычислительные (имитационные) эксперименты с моделью объекта позволяют изучать объекты в полноте, недоступной чисто теоретическим подходам. За последние десятилетия произошел качественный скачок в разработке моделей, их верификации, в создании и использовании модельно-обоснованных методов исследования, в способах анализа и представления результатов моделирования. При разработке автоматизированной системы управления процессом производства карамели необходимо отрегулировать расход «инвертного» содержимого и обеспечить заданную влажность в помещении для формования и упаковки. В процессе производства карамели значения параметров технологического процесса могут изменяться, вызывая отклонения от нормального режима. В связи с этим актуальным является разработка автоматизированных систем ресурсосберегающего управления процессом производства карамели, обеспечивающих повышение качества готовой продукции и ее конкурентоспособность.