

## ИНДУКЦИОННЫЙ ПЕРИОД ЗАРОДЫШЕОБРАЗОВАНИЯ ФРУКТОЗЫ

Н. И. ОДОРОДЬКО, Н. П. ИВЧУК,  
В. В. ПЕТРУШЕВСКИЙ, Н. А. АРХИПОВИЧ  
КТИП

Один из важных участков разрабатываемого процесса получения фруктозы из сахара — ее кристаллизация.

Продолжительность процесса кристаллизации определяется длительностью скрытого фазового периода или индукционного и периода роста кристаллов.

Цель данной работы — исследование влияния некоторых физико-химических факторов (пересыщения, температуры, чистоты и вязкости кристаллизуемого сиропа, интенсивности перемешивания) на продолжительность индукционного периода при кристаллизации фруктозы из водных растворов.

Для изучения длительности индукционного периода в опытах использовали очищенные и уваренные до определенной концентрации фруктозные сиропы доброкачественностью 95—98%. Основным методом выбрали изменение вязкости сиропа в начале массовой кристаллизации в строго контролируемых условиях [1]. Вязкость кристаллизуемого фруктозного сиропа измерялась вискозиметром «Реотест-2», который представляет собой структурный ротационный прибор и подходит как для определения динамической вязкости, так и для проведения глубоких реологических исследований над неньютоновскими жидкостями. За продолжительность индукционного периода кристаллизации фруктозы во всех опытах принималось время от начала опыта, где вязкость постоянная, до повышения вязкости системы. В начале процесса вязкость системы не изменялась, а затем, через определенное время она увеличивалась, что свидетельствовало о начавшемся процессе кристаллизации.

При изучении влияния степени пересыщения на продолжительность индукционного периода кристаллизации фруктозы температура и интенсивность перемешивания оставались постоянными. Коэффициент пе-

ресыщения вычисляли по известной формуле [2].

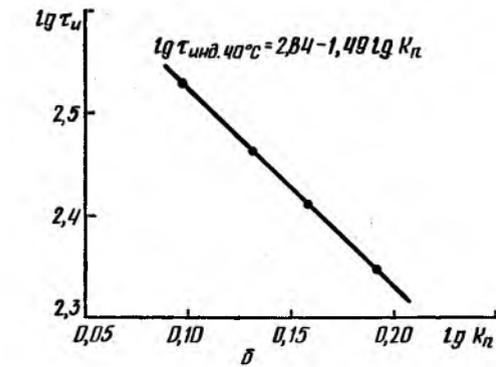


Рис. 2. Зависимость логарифма продолжительности индукционного периода кристаллизации фруктозы от логарифма коэффициента пересыщения

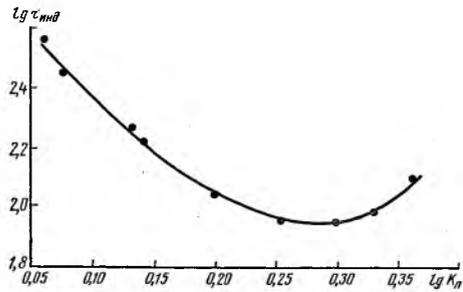


Рис. 3. Зависимость логарифма продолжительности индукционного периода кристаллизации фруктозы из водных растворов от логарифма коэффициента пересыщения в широком интервале ( $K_n=1,2-2,5$ )

ресыщения вычисляли по известной формуле [2].

Результаты исследований показаны на рис. 1 для фруктозного сиропа  $D_6=96\%$ , при  $t=40^\circ\text{C}$  в интервале коэффициента пересыщений 1,3—1,6.

Математическая обработка полученных экспериментальных данных зависимости продолжительности индукционного периода ( $\tau_{инд}$ ) кристаллизации фруктозы от степени начального пересыщения ( $K_n$ ) подтвердила справедливость линейного уравнения, предложенного в литературе [3],

$$\lg \tau_{инд} = A - B \lg K_n,$$

где  $A$  и  $B$  — коэффициенты,

$K_n$  — коэффициент пересыщения.

Согласно уравнению, логарифм длительности индукционного периода при кристаллизации фруктозы из ее водных растворов (рис. 2) находится в линейной зависимости от логарифма степени начального пересыщения в сравнительно узком интервале, (1,3—1,6).

Однако при сопоставлении данных в широком интервале пересыщений (1,2—2,5) зависимость  $\lg \tau_{инд} = A - B \lg K_n$  становится криволинейной (рис. 3).

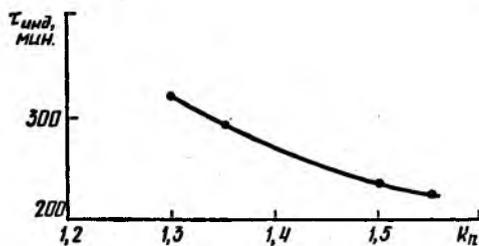


Рис. 1. Зависимость продолжительности индукционного периода кристаллизации фруктозы от коэффициента пересыщения

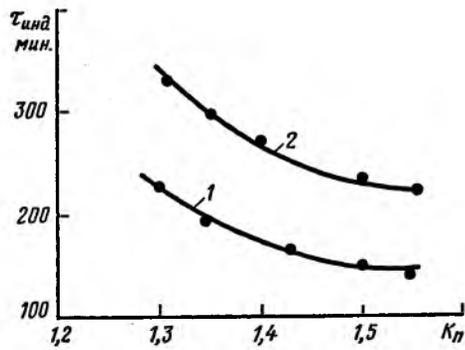


Рис. 4. Влияние температуры на длительность индукционного периода кристаллизации фруктозы при  $t$ , °С:  
1 — 30; 2 — 40

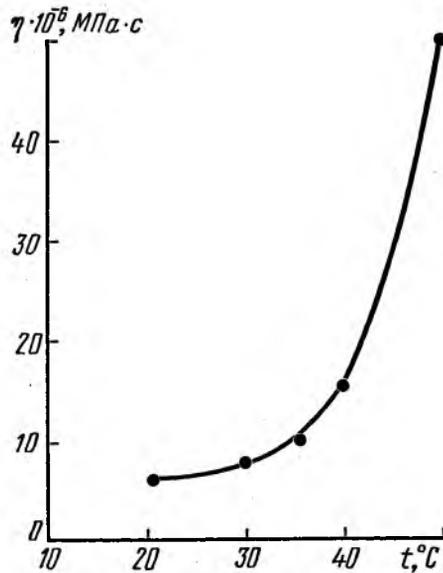


Рис. 5. Зависимость вязкости насыщенных фруктозных сиропов от температуры

Полученные результаты, очевидно, связаны с природой кристаллизуемого вещества (фруктозы). С одной стороны, это объясняется тем, что не при всех величинах начального пересыщения и скоростях кристаллизации можно пренебречь скоростью роста кристаллов на протяжении индукционного периода, а с другой стороны, большое влияние на процесс кристаллизации фруктозы оказывает вязкость сиропов, получаемых по разрабатываемой технологии.

Проведены исследования по влиянию температуры на продолжительность индукционного периода кристаллизации фруктозы. Данные приведены на рис. 4.

Как видно из рис. 4, длительность индукционного периода с повышением температуры увеличивается. Так, при кристаллизации фруктозного сиропа  $D_6=96\%$ ,  $K_n=1,5$  и  $t=30^\circ\text{C}$  индукционный период

составил 190 мин, а с повышением температуры на  $10^\circ\text{C}$  длительность увеличилась на 50 мин. Таким образом, с повышением температуры индукционный период кристаллизации фруктозы увеличивается.

Для объяснения полученных результатов были исследованы вязкости насыщенных фруктозных сиропов в интервале температур  $50-20^\circ\text{C}$  (рис. 5).

Анализ полученных результатов (рис. 5) показывает, что вязкость насыщенных фруктозных сиропов с повышением температуры возрастает, чем объясняется увеличение индукционного периода с повышением температуры. Данные по вязкости насыщенных фруктозных сиропов свидетельствуют о том,

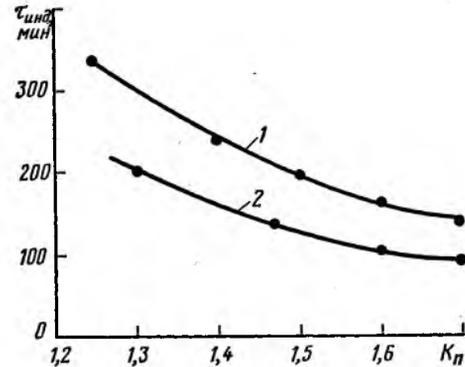


Рис. 6. Влияние чистоты кристаллизуемого сиропа на длительность индукционного периода кристаллизации фруктозы при  $D_6$ , %:  
1 — 96; 2 — 98

что кристаллизацию фруктозы из водных растворов целесообразно проводить в интервале пониженных температур.

Зависимость продолжительности индукционного периода кристаллизации фруктозы от доброкачественности сиропов представлена на рис. 6.

Из данных рис. 6 следует, что с повышением доброкачественности кристаллизуемого сиропа продолжительность индукционного периода уменьшается: при  $D_6=96\%$ ,  $t=30^\circ\text{C}$  и  $K_n=1,5$  она составляет 190 мин, а при  $D_6=98\%$ ,  $t=30^\circ\text{C}$  и  $K_n=1,5$  — 140 мин.

К сокращению длительности индукционного периода приводит увеличение скорости перемешивания утфеля (см. таблицу). Это

Скорость перемешивания, $\text{мин}^{-1}$	$\tau_{\text{инд}}$ кристаллизации фруктозы из сиропа ( $D_6=96\%$ , $t=30^\circ\text{C}$ ) при пересыщении, мин		Скорость перемешивания, $\text{мин}^{-1}$	$\tau_{\text{инд}}$ кристаллизации фруктозы из сиропа ( $D_6=98\%$ , $t=30^\circ\text{C}$ ) при пересыщении, мин	
	1,30	1,34		1,37	1,39
2,5	315	277	4,5	167	160
5,0	248	193	9,0	105	95
7,5	185	130	13,5	61	55

объясняется увеличением скорости диффузии и скорости кристаллизации фруктозы.

Исследованиями установлено, что длительность индукционного периода кристаллизации фруктозы находится в прямо пропорциональной зависимости от температуры и вязкости насыщенного раствора и в обратную пропорциональную зависимость от доброкачественности, степени пересыщения и скорости перемешивания.

#### Список использованной литературы

1. Гулюк Н. Г. Кристаллизация глюкозы. Обзорная информация. В сб.: Крахмало-паточная промышленность. — М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1979, вып. 8, с. 12.

2. Силин П. М. Технология сахара. — М.: Пищевая промышленность, 1967. — 624 с.

3. Хамский Е. В. Индукционные периоды при кристаллизации из растворов. — В сб.: Кристаллизация и свойства кристаллических веществ. Л., Наука, 1971. — 149 с.