

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА ИЗОМЕРИЗАЦИИ ЛАКТОЗЫ В ЛАКТУЛОЗУ В КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ ПОДСЫРНОЙ СЫВОРОТКЕ**

**А. Д. Лодыгин, Д. Н. Крайнюков, Е. В. Ломако, Е. В. Казакова**

Обоснована актуальность разработки технологии концентратов молочной сыворотки, обогащенных растительными компонентами. Представлены результаты исследований процесса изомеризации лактозы в лактулозу в концентрированной молочной сыворотке. Установлены оптимальные параметры процесса.

In article the urgency of development of technology of concentrates of milk whey enriched with vegetative components is proved. The results of researches of lactose at lactulose isomerisation process in the concentrated dairy whey are submitted. The optimum parameters of process are established.

Молочная сыворотка является перспективным сырьем для получения широкого спектра продуктов, характеризующихся высоким качеством, биологической ценностью и длительными сроками хранения. К наиболее перспективным направлениям комплексной переработки молочной сыворотки следует отнести производство ее концентратов, получаемых путем сгущения и сушки. Высокая биологическая ценность молочной сыворотки обуславливает ее использование в кормопроизводстве [1].

Сотрудники кафедры прикладной биотехнологии СевКавГТУ провели работу по созданию технологии бифидогенных кормовых добавок на основе вторичных сырьевых ресурсов молочной промышленности. В качестве бифидогенного фактора использовали лактулозу; уникальные физиологические свойства данного углевода доказаны многочисленными исследованиями отечественных и зарубежных ученых [2]. В основе технологии таких добавок лежит направленная изомеризация лактозы в лактулозу в присутствии щелочей-катализаторов. В качестве сырья можно использовать все виды молочной сыворотки – подсырную, творожную, казеиновую, а также мелассу молочного сахара и молочный сахар сырец.

Перспективным направлением совершенствования данной технологии является получение комбинированных концентратов с регулируемым белковым, минеральным, витаминным составом путем обогащения молочной сыворотки растительными добавками. В настоящее время проводятся исследования, посвященные разработке технологии комбинированных концентратов с бифидогенными свойствами, обогащенных белками соевого молока и вторичными сырьевыми ресурсами пивоваренной промышленности.

Для определения оптимальных параметров процесса изомеризации лактозы в лактулозу в подсырной сыворотке применительно к технологии комбинированных концентратов потребовалось изучить влияние комплекса факторов (массовая доля сухих веществ, температура, продолжительность термостатирования), влияющих на эффективность процесса и выход конечного продукта – лактулозы.

На первом этапе исследований было изучено влияние дозы вносимого гидроксида кальция на рН подсырной сыворотки с массовой долей сухих веществ 5; 10; 15; 20 %. Значения рН среды определялось в пяти повторностях, после чего вычислялось среднее значение. По результатам экспериментов были получены регрессионные зависимости рН сыворотки от концентрации вносимого щелочного реагента, использованные в последующих опытах по моделированию процесса изомеризации лактозы в лактулозу в подсырной сыворотке с заданной массовой долей сухих веществ.

Было исследовано влияние массовой доли сухих веществ, температуры процесса и продолжительности термостатирования на протекание процесса изомеризации лактозы в подсырной сыворотке. В качестве выходного параметра была выбрана степень изомеризации лактозы в лактулозу, рассчитываемая по формуле [3]:

$$S_i = 44,1 - 1,12 * [\alpha], (1)$$

где  $[\alpha]$  – удельный угол вращения плоскости поляризации, определяемый поляриметрическим методом.

Результаты экспериментов (средние значения по трем параллельным сериям опытов) представлены в таблице 1.

Анализ полученных данных позволил установить интервалы варьирования исследуемых факторов  $X_1$  (массовая доля сухих веществ, %),  $X_2$  (температура, °С) и  $X_3$  (продолжительность термостатирования, мин) при составлении равномер-ротатабельного плана полного факторного эксперимента (таблица 2).

Таблица 1 – Результаты исследований кинетики изомеризации лактозы в лактулозу

Массовая доля сухих веществ сыворотки, %	Температура, °С	Максимальное значение степени изо-меризации, $S_{i \max}$ , %	Продолжительность термостатирования до достижения $S_{i \max}$ , мин
5,0	60	34,3	30
	70	28,86	40
	80	27,1	30
	90	21,75	30
10,0	60	24,84	30
	70	33,54	30
	80	17,52	30
	90	28,32	20
15,0	60	26,56	30
	70	29,31	20
	80	13,26	40
	90	15,9	30
20,0	60	16,66	30
	70	29,03	20
	80	18,86	10
	90	21,7	20

Таблица 2 – Параметры трехфакторного эксперимента

Уровни варьирования	Факторы		
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
Основной «0»	12,5	65	30
Шаг, λ	2,5	5	10
Нижний «- 1»	10	60	20
Верхний «+ 1»	15	70	40
Звездные точки			
«- R»	8,0	57	14
«+ R»	16,5	73	46

Была осуществлена математическая обработка полученных экспериментальных данных на ПЭВМ с помощью программы «Fisher» и получено следующее уравнение регрессии:

$$Y = 29,611 - 2,928 * X_1 + 1,867 * X_2 - 2,825 * X_1^2 - 2,362 * X_2^2 + 2,688 * X_1 * X_2 - 1,563 * X_1 * X_3 + 1,723 * X_2 * X_3. \quad (2)$$

Анализ уравнения показывает, что линейное возрастание фактора X<sub>2</sub> (температура) положительно влияют на процесс изомеризации лактозы в лактулозу, а увеличение значений фактора X<sub>1</sub> (массовая доля сухих веществ) приводит к снижению выхода целевого продукта. Наиболее значимым входным параметром в исследованных диапазонах значений является массовая доля сухих веществ подсырной сыворотки. Наличие квадратичных эффектов и, как следствие, областей экстремума (максимума) для входных параметров X<sub>1</sub> и X<sub>2</sub>, позволяет определить их оптимальные параметры, сочетание которых обеспечивает максимальные значения степени изомеризации лактозы в лактулозу.

С этой целью были построены поверхности отклика выходного параметра Y (S<sub>i</sub>), отражающие его зависимость от сочетания двух факторов при фиксированных значениях третьего фактора (X<sub>1</sub> = 0; X<sub>2</sub> = 0; X<sub>3</sub> = 0).

Данные поверхности, наиболее полно иллюстрирующие исследуемый процесс, изображены на рисунках 1 – 3.

Сопоставление значений исследуемых факторов, соответствующих областям максимума, позволило определить оптимальные параметры процесса изомеризации лактозы в лактулозу в концентрированной подсырной сыворотке:

- Массовая доля сухих веществ ( $10,5 \pm 1,5$ ) %;
- Температура процесса ( $60 \pm 2$ )°С при продолжительности термостатирования ( $40 \pm 2$ ) мин или ( $70 \pm 2$ )°С при продолжительности термостатирования ( $17,5 \pm 2,5$ ) мин.

Результаты исследований будут использованы при разработке технологии комбинированных концентратов на основе молочной сыворотки с растительными компонентами.

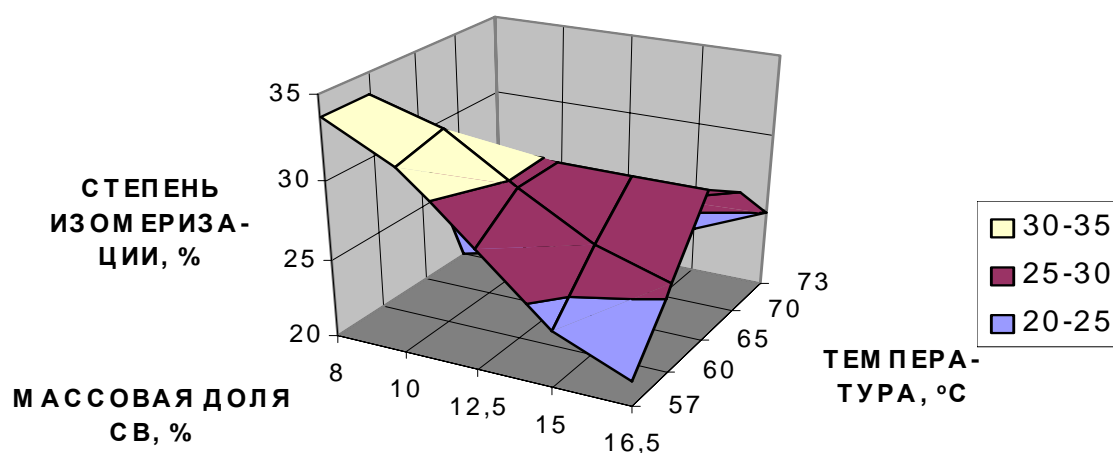


Рисунок 1 – Поверхность отклика выходного параметра при  $X_3 = 0$

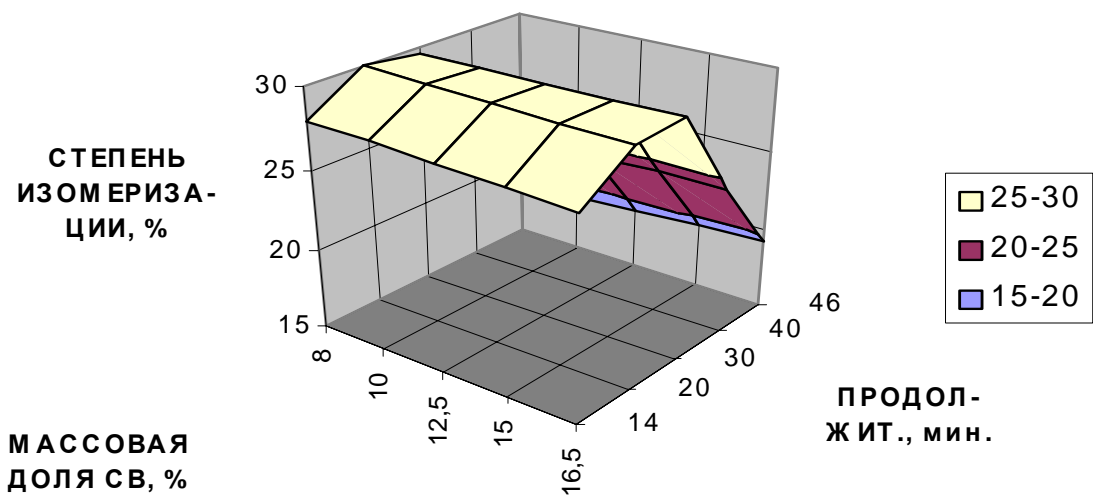


Рисунок 2 – Поверхность отклика выходного параметра при  $X_2 = 0$

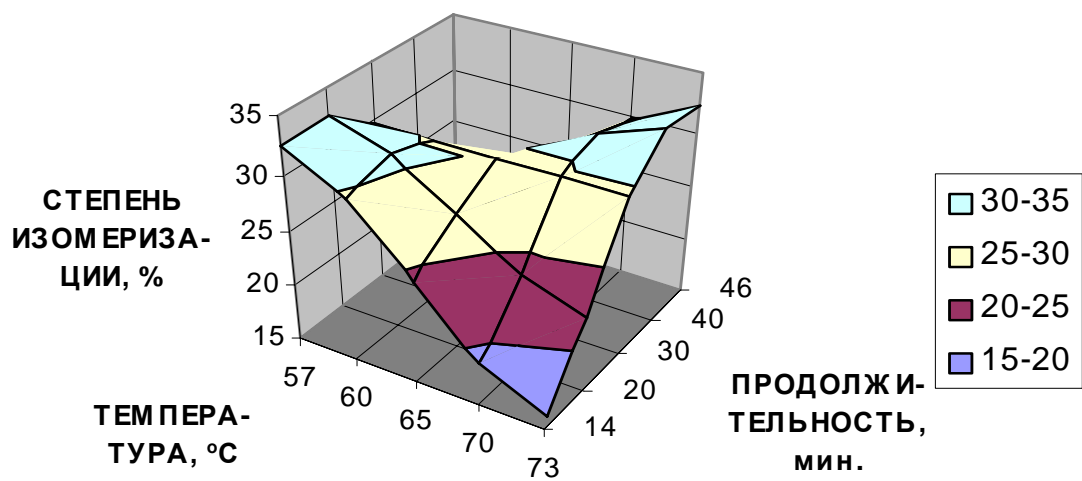


Рисунок 3 – Поверхность отклика выходного параметра при  $X_1 = 0$

### Литература

1. Храмцов А. Г., Нестеренко П. Г. Технология продуктов из молочной сыворотки. – М.: ДеЛи Принт, 2004. – 581 с.
2. Храмцов А. Г., Евдокимов И. А., Рябцева С. А. Кормовые добавки «БИКОДО» / Молочная промышленность. 1999. №6. – С. 28 – 29.
3. Рябцева С. А. Технология лактулозы. – М.: ДеЛи Принт, 2003. – 232 с.