

# Сыворотка 2.0: от отхода к прибыли

ПРАВИТЕЛЬСТВО  
Свердловской области  
24.11.2025  
Вх. № 57577

# СОДЕРЖАНИЕ

- / 01. ВХОДНОЙ ПОТОК СЫВОРОТКИ
- / 02. УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИЯ WPC-80
- / 03. WPI И WPH
- / 04. НАПИТКИ И ЛАКТОЗА
- / 05. ОБОРУДОВАНИЕ И ЛОГИСТИКА
- / 06. ИТОГИ И СЛЕДУЮЩИЙ ШАГ



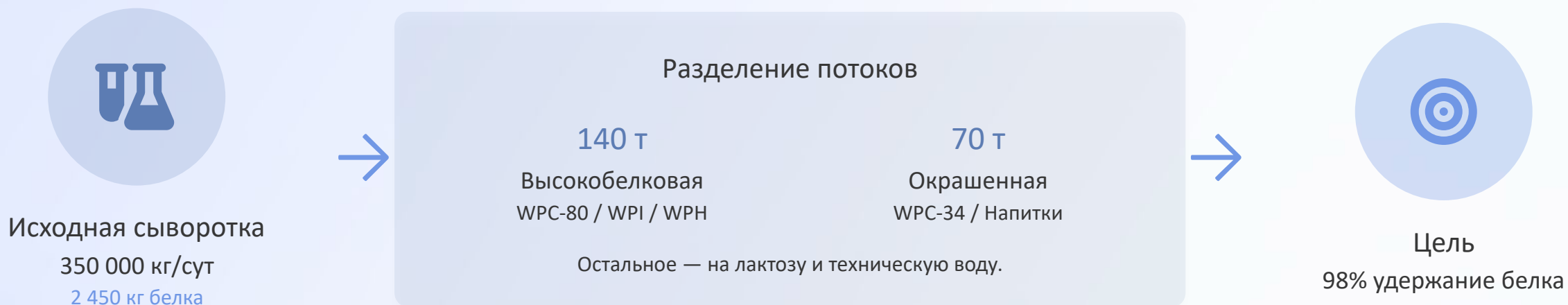
# Входной поток сыворотки

01



# Сырная сыворотка: 350 т/сут, pH 6,0

Входной поток и первичное разделение



# Творожная сыворотка: 150 т/сут, pH 4,5

Обработка кислой сыворотки: от предварительной очистки до готовой продукции





## Ультрафилтрация WPC-80

02



# Белковый баланс УФ-концентрирования

Расчет массы и концентрации белка на стадии ультраfiltrации (VCR 10:1)



Вход: Сыворотка

350 000 кг

Общая масса

2 450 кг

Масса белка (0,7%)

VCR 10:1

98% удержание



Потери белка < 2%



Выход: Ретентат

35 000 кг

Общая масса

2 401 кг

Масса белка (6,86%)

# Двухступенчатая диафильтрация

Очистка от лактозы и золы для достижения целевой чистоты белка



Ретентат УФ  
35 000 кг  
2 401 кг белка



+35 000 кг  
Вода (1-я ступень)



+35 000 кг  
Вода (2-я ступень)



Вымывание лактозы и золы



Финальный ретентат  
~35 000 кг  
2 401 кг белка  
Чистота >80%



## Сгущение и сушка WPC-80

Финальные операции для получения порошка: сгущение на выпарке до 50% СВ и распылительная сушка для удаления влаги.



### Сгущение (Выпарка)

Ретентат сгущается до 50% СВ. Используется MVR для энергоэффективности.



### Распылительная сушка

Удаление остаточной влаги. Паровой конденсат возвращается в цикл.



### Фасовка

Готовый WPC-80 фасуется в 25 кг мешки под инертной атмосферой.



Выход готового порошка

**~3 000** кг/сут

WPI и WPH

03



# Микрофльтрация для $WPI \geq 90\%$

"Золотой стандарт": отделение жира и достижение высокой чистоты белка



Сырье

Ретентат УФ

Жидкий концентрат WPC



MF 0,1-0,2 мкм  
+ Диафльтрация



$WPI \geq 90\%$

2 150 кг/сут

Чистота 90-92%



Пермеат MF возвращается в лактозную линию, минимизируя потери.

# Ферментативный гидролиз WPH

Гидролиз белка под действием ферментов для получения высокоусвояемого продукта с управляемой степенью гидролиза (DH).



Температура: 50 °C



Ферменты: Трипсин, пепсин



Время: 2 часа



Инактивация: 85 °C

## Управление степенью гидролиза (DH)



Выход готового WPH

**2 000** кг/сут

## Напитки и лактоза

04





# Рецептуры функциональных напитков

На основе деминерализованного пермеата и WPC



## Изотоник

Пермеат + электролиты (Na, K, Mg) +  
витамины B + 0,3% WPC-34.

рН 4,0 для термостабильности



## Протеиновый коктейль

WPC-60/80 (8%) + витамины + пребиотики  
(инулин) + подсластитель.

УНТ 138 °С, 4 сек



## Детский / для беременных

WPC-34/60 (3%) + премикс + натуральные  
соки. Требуется глубокой деминерализации.

Розлив в PET 0,5 л

# Кристаллизация пищевой лактозы

Переработка пермеата УФ для получения высококачественной лактозы и замыкание водного цикла.

## 1. Концентрирование

Пермеат (315 000 кг/сут) сгущается до 60% СВ.

## 2. Кристаллизация

Охлаждение до 4 °С, кристаллы отделяются декантером.

## 3. Сушка

Кристаллы сушатся при 60 °С.

## 4. Замыкание цикла

Конденсат используется как техническая вода.



Выход лактозы-моногидрата

**45 000** кг/сут

# Оборудование и логистика

05

# Мембранные установки и MVR-выпарка

Ключевое оборудование для эффективной переработки



## Мембранные установки

Используются модули **DSS-GEA** с общей площадью **2 400 м²**.  
Регенерация (CIP) каждые 8 часов для поддержания  
производительности.



## MVR-выпарка

Механическая компрессия пара обеспечивает высокую  
энергоэффективность.

Потребление энергии: **35 кВт·ч/т воды**  
На 40% ниже классической выпарки



Паровой конденсат используется для промывки фильтров, снижая расход свежей воды на **30%**.



# Потоки и энергобаланс суточный

Общий баланс проекта за сутки работы

## → Вход

Сыворотка	500 т
Электроэнергия	3 200 кВт·ч
Пар	18 т
Вода	240 м³

## ↺ Выход

WPC-80	3 000 кг
WPI	2 150 кг
WPH	2 000 кг
Лактоза	45 000 кг
Напитки	70 000 кг

Обезвоженный пермеат

420 т

Выбросы CO<sub>2</sub>

0,18 т/т прод.

(-25% к отрасли)



## Итоги и следующий шаг

06



## Ключевые KPI проекта



Извлечение белка

**98%**



Окупаемость  
**3,2 года**



Снижение OPEX

**18%**

### Выход продукции (суточный)

WPC-80: 3 000 кг

WPI: 2 150 кг

WPH: 2 000 кг

Лактоза: 45 000 кг

### Дополнительные показатели

Напитки: 70 000 кг

Цена WPC-80: 4 €/кг

Закрытый водный цикл: Да

Масштабируемость: До 700 т/сут



### Офис

Адрес: 220007, РБ, г. Минск, ул. Володько, 6/8

Телефон: +375 (17) 361-8598

Телефон/факс: +375 (17) 375-7287

Email: [office@modum-techno.by](mailto:office@modum-techno.by)

Отдел продаж: [sales@modum-techno.by](mailto:sales@modum-techno.by)