Курсовой проект

На тему:

**''Проект спирального теплообменника"**

**Могилев 2005**

**Введение**

Виноградный сок изготавливают натуральный, неподслащенный прозрачный. Сырье должно обеспечить содержание сухих веществ в соке разных товарных сортов не менее 14–16%; кислотность по винной кислоте -0,2–1,0%. Сахарокислотный желателен в пределах 22–28. В зависимости от товарного сорта в соке допускается от 0,05 до 0,15% осадка.

Хороший сок дает виноград сортов Рислинг, Алиготе, Мускат, Каберне, Лидия, Сильванер, Ркацетели, Кокур, Саперави, Воскеат и др.

Виноград моют в вентиляторной моечной машине, на транспортере обдувкой воздухом удаляют влагу с поверхности ягод, инспектируют, затем дробят сырье и прессуют мезгу. Гребни перед прессованием удаляют, так как они содержат много дубильных веществ, придающих соку травянистый вкус. Иногда их частично оставляют в мезге в качестве дренирующего материала. Необходимость удаления гребней связана с конструкцией пресса. При применении шнекового пресса, перетирающего мезгу, гребни нужно обязательно удалять.

Выход сока в среднем составляет (в % от массы мезги) 72,3 – -63,6% сока самотека и 1 фракции и 20,2% сока 2 фракции и 3 фракции.

Отжатый виноградный сок процеживают и центрифугируют. Выдержка сока полуфабриката производится в тканях, с целью удаления винного камня и самоосветление сока. Виноградный сок содержит в среднем 0,5% винного камня и представляет собой ненасыщенный раствор или пересыщенный раствор. В процессе хранения сока при нарушении равновесия, выпадают кристаллы винного камня, это портит внешний вид сока и особенно не допустимо при использовании продукта для питания детей. С понижением температуры хранения растворимость винного камня падает, что ускоряет кристаллизацию.

После 2–3 мес. хранения выпадает винный камень, сок само осветляется и его подвергают дальнейшей обработке. Сок декантируют с осадка, центрифугируют, подогревают до 70–80°С, фильтруют на фильтр-прессе через фильтр-картон, фасуют в герметически укупориваемую тару и стерилизуют при 75–850С с последующим водяным охлаждением.

При декантации сока остается отстой, составляющий 4–8% к массе исходного сырья. Сок из отстоя извлекают центрифугированием, снижая количество отходов до 1–2%.

Производство виноградного сока с выдержкой полуфабриката позволяет обрабатывать и расфасовывать продукцию в межсезонный период, что обеспечивает ритмичность работы заводов, экономичные условия хранения продукции и равномерное ее потребление в течение года. Ускоренные схемы позволяют выпускать готовую продукцию через несколько суток после заготовки сока.

Ускоренные схемы позволяют выпускать готовую продукцию через несколько суток после заготовки сока и сочетать стабилизацию тартратов в растворе или их быстрое осаждение с осветлением сока.

**1. Состояние вопроса**

Целью данного курсового проекта является подбор спирального теплообменника, который необходим при производстве виноградного сока.

Расчет теплообменного аппарата включает определение необходимой поверхности теплопередачи, выбор типа аппарата и нормализованного варианта конструкции, удовлетворяющих заданным технологическим условиям оптимальным образом.

Теплообменниками называют аппараты, в которых происходит теплообмен между рабочими средами независимо от их технологического или энергетического назначения (подогреватели, выпарные аппараты, конденсаторы, пастеризаторы, испарители и др.). Технологическое назначение теплообменников многообразно. Обычно различаются собственно теплообменники, в которых передача тепла является основным процессом, и реакторы, в которых тепловой процесс играет вспомогательную роль.

По способу передачи тепла различаются теплообменники смешения, в которых рабочие среды непосредственно соприкасаются или перемешиваются, и поверхностные теплообменника – рекуператоры, в которых тепло передается через поверхность нагрева – твердую (металлическую) стенку, разделяющую эти среды.

По основному назначению различаются подогреватели, испарители, холодильники, конденсаторы.

В зависимости от вида рабочих сред различаются теплообменники:

1) жидкостно-жидкостные – при теплообмене между двумя жидкими средами;

2) парожидкостные – при теплообмене между паром и жидкостью (паровые подогреватели, конденсаторы);

3) газожидкостные – при теплообмене между газом и жидкостью (холодильники для воздуха и др.).

По тепловому режиму различаются теплообменники периодического действия, в которых наблюдается нестационарный тепловой процесс, и непрерывного действия с установившимся во времени процессом. В теплообменниках периодического действия тепловой обработке подвергается определенная порция (загрузка) продукта. Вследствие изменения свойств продукта и его количества параметры процесса непрерывно варьируют в рабочем объеме аппарата во времени. При непрерывном процессе параметры его также изменяются, но вдоль проточной части аппарата, оставаясь постоянными во времени в данном сечении потока. Непрерывный процесс характеризуется постоянством теплового режима и расхода рабочих сред, протекающих через теплообменник.

В качестве теплоносителя наиболее широко применяются насыщенный или слегка перегретый водяной пар. Обогрев горячей водой и жидкостями также имеет широкое применение и выгоден при вторичном использовании тепла конденсатов и жидкостей (продуктов), которые по ходу технологического процесса нагреваются до высокой температуры. В сравнении с паром жидкостный подогрев менее интенсивен и отличается переменной, снижающейся температурой теплоносителя.

Общим недостатком парового и водяного обогрева является быстрый рост давления с повышением температуры. В условиях технологической аппаратуры пищевых производств при паровом и водяном обогреве наивысшие температуры ограничены 150–1600С, что соответствует давлению (5–7)∙105 Па.

В отдельных случаях (в консервной промышленности) применяется масляный обогрев, который позволяет при атмосферном давлении достигнуть температур до 2000С.

Для нагревания и охлаждения жидких сред разработаны теплообменники разнообразных конструкций.

Эти аппараты имеют цилиндрические, сферические или плоские двойные стенки – водяные или паровые рубашки, через которые происходит теплообмен.

Многотрубный теплообменник представляет собой пучок трубок, помещенных в цилиндрическую камеру (кожух); таким образом, внутренность камеры является межтрубным пространством.

При небольших расходах рабочих жидкостей число трубок в ходу может быть уменьшено в пределе до одной. Однотрубные теплообменники составляются из отдельных элементов типа «труба в трубе»**,** каждый элемент состоит из двух труб, вставленных одна в другую. Элементы соединены в батарею последовательно, параллельно или комбинированно.

Погружной трубчатый теплообменник обычно имеет вид змеевика, погруженного в сосуд с жидкостью.

Такой теплообменник представляет собой трубу с прямоугольными витками, расположенными в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

К этим теплообменникам относятся различные ребристые, пластинчатые и другие теплообменники.

**2. Технические описания и расчеты**

**2.1 Описание принципа работы технологической схемы производства виноградного сока**

Виноградный сок изготавливают натуральный, неподслащенный, прозрачный. Сырье должно обеспечить содержание сухих веществ в соке разных сортов не менее 14–16%. Хороший сок дает виноград сортов Рислинг, Алиготе, Мускат, Каберне, Лидия и др.

Виноград моют в вентиляторной моечной машине, на транспортере обдувкой воздухом удаляют влагу с поверхности ягод, инспектируют, затем дробят сырье и прессуют мезгу. Гребни перед прессованием удаляют, так как они содержат много дубильных веществ, придающих соку травянистый вкус. Иногда их частично оставляют в мезге в качестве дренирующего материала. Необходимость удаления гребней связана с конструкцией пресса. При применении шнекового пресса, перетирающего мезгу, гребни нужно обязательно удалять.

Выход сока, в зависимости от конструкции пресса, в среднем составляет (в % от массы мезги): на гидравлическом прессе – 72,3%, на шнековом – 63,6%. Шнековые прессы работают непрерывно, имеют высокую производительность, просты в обслуживании, но дают мутный сок.

Отжатый виноградный сок процеживают и центрифугируют, а затем обрабатывают с длительной выдержкой или по ускоренной схеме. Выдержка сока – полуфабриката производится в танках, цель ее – удаление винного камня и самоосветление сока. Виноградный сок содержит в среднем 0,5% винного камня и представляет собой насыщенный или пересыщенный раствор. С понижением температуры хранения растворимость винного камня падает, что ускоряет его кристаллизацию. В связи с этим применяют выдержку виноградного сока-полуфабриката при температуре -1…-20С в танках в атмосфере углекислого газа.

После 2–3 месяцев хранения выпадает винный камень, сок самоосветляется и его подвергают дальнейшей обработке. Сок декантируют с осадка, центрифугируют, подогревают до 50–600С (без выдержки), фильтруют на фильтр-прессе через фильтр-картон, фасуют в герметически укупориваемую тару и стерилизуют при 75–850С с последующим водяным охлаждением.

При декантации сока остается отстой, составляющий 4–8% к массе исходного сырья. Сок из отстоя извлекают центрифугированием, снижая количество отходов до 1–2%.

Производство виноградного сока с выдержкой полуфабриката позволяет обрабатывать и расфасовывать продукцию в межсезонный период, что обеспечивает ритмичность работы заводов, экономичные условия хранения продукции и равномерное ее потребление в течение года. Ускоренные схемы позволяют выпускать готовую продукцию через несколько суток после заготовки сока.

**2.2 Описание принципа работы спирального теплообменника**

В спиральных теплообменниках поверхность теплообмена образована двумя стальными листами толщиной 2–4 мм, свернутыми на специальном станке в спирали. Между листами при помощи приваренных дистанционных штифтов сохраняется одинаковая по всей спирали расстояние – 8 или 12 мм. Таким образом, получаются два спиральных канала, заканчивающихся в центре двумя полуцилиндрами, отделенными друг от друга перегородками. К периферийной части листов приварены коробки. Каждый цилиндр с торцовой стороны и каждая коробка имеют штуцер для входа или выхода теплоносителя. Для герметизации используют прокладки из резины, паронита, асбеста или мягкого материала. Согласно ГОСТ 12067–72, спиральные теплообменники имеют поверхность теплообмена от 10 до 100 м2, работают при давлениях до 1 МПа и температуре от -20 до +200°С.

**2.3 Тепловой расчет аппарата**

теплообменник виноградный сок аппарат

Исходные данные:

производительность аппарата G=600 л/ч=637,2 кг/ч;

температура: продукта на входе в аппарат t1=150С; на выходе из аппарата t2=700С; греющего пара tп=1200С;

скорость движения продукта: wп=0,5 м/с;

В качестве продукта используется виноградный сок:

с=1062,86 кг/м3;

µ=0,000785 Па∙с;

с=3395,44 Дж/кг∙К;

л=557,2∙10-3 Вт/м∙К;

Содержание сухих веществ в соке составляет 16%.

В качестве теплоносителя используется водяной пар.

1. Тепловая нагрузка аппарата:

Q=G1c1(t2-t1)=637,2⋅3,395 (70–15)=118981,17 кДж/ч;

1. Средняя разность температур:

а) большая разность температур:

Дtб= tп – t1=120–15=1050С;

б) меньшая разность

Дtм =tп – t2=120–70=500С.

Так как Дtб /Дtм=2,1>2, то Дtср=(Дtб – Дtм)/ln (Дtб/ Дtм)

Дtср=(105 – 50)/ln (105/ 50)=74,13 0С.

1. Эквивалентный диаметр спирального теплообменника определяем по формуле dэ≈4bδ/2b=2δ (сторона δ не участвует в теплообмене). Приняв ширину канала равную 0,01 м, получаем значение эквивалентного диаметра: dэ=2⋅0,01=0,02 м.
2. Задавшись скоростью движения раствора ω1=0,5 м/с, находим площадь сечения канала теплообменника:

f=G1/ρ13600ω1=637/1062⋅3600⋅0,5=0,00033 м2. Откуда эффективная высота теплообменника (эффективная ширина ленты) bе=0,00033/0,01=0,033 м. Принимаем ширину ленты 0,025 м, тогда площадь поперечного сечения канала f=0,00035 м2.

Действительная скорость движения сока по каналу теплообменника:

ω1=G1/ρ3600f=637,2/1062⋅3600⋅0,00035=0,47 м/с.

1. Определяем динамический коэффициент вязкости (пленки конденсата) и численные значения ее теплопроводности, коэффициент теплопроводности и плотности как функции от tпл=97,76°С:

µпл= 291,13 ∙10-6 Па∙с;

спл=4220,41 Дж/кг∙К;

лпл=68,23 ∙10-2 Вт/м∙К;

спл=959,67 кг/м3.

1. Расход греющего пара:

G2=Q/cпл(tп – t1)=118981,17/4220,41 (120–15)=268,49 кг/ч.

1. Скорость греющего пара в канале теплообменника:

ω2=268,49/959,67⋅3600⋅0,00035=0,22 м/с.

1. Вычисляем значение критерия Рейнольдса для продукта:

Re1=ω1dэρ/μ=0,47⋅0,02⋅1062/0,000785=12717

1. Вычисляем значение критерия Рейнольдса для греющего пара:

Re2=ω2dэρ/μ=0,22⋅0,02⋅959,67/0,00029113=14504

1. Принимаем диаметр спирали теплообменника Dc=1 м, находим критическое значение Re:

Reкр=20000 (dэ/Dc)0,32=20000 (0,02/1)0,32=5720

1. Вычисляем число Прандтля для продукта:

Pr1=cμ/λ=(3395,44⋅0,000785)/0,557=4,78

1. Вычисляем число Прандтля для пристенного слоя воды:

Pr2=cплμпл/λпл=(4220,41⋅0,00029113)/0,6823=1,8

1. Коэффициент теплоотдачи от теплоносителя к стенкам спирали:

Nu2=0,023Re20,8Pr20,33(1+3,54dэ/Dc)=0,023⋅145040,8⋅1,80,33(1+3,54⋅0,02/1)= 63,8

Откуда:

α2=Nu2λпл/dэ=63,8⋅0,6823/0,02=2176,5 Вт/(м2⋅с).

1. Коэффициент теплоотдачи от стенки теплообменника к продукту:

Nu1=0,023Re10,8Pr10,33(1+3,54dэ/Dc)=0,023⋅127170,8⋅4,780,33(1+3,54⋅0,02/1)= 79

Откуда:

α1=Nu1λ/dэ=79⋅0,557/0,02=2200,15 Вт/(м2⋅с).

1. Задавшись толщиной стенки теплообменника δст=0,004 м и материалом стенки из стали Х18Н10Т с коэффициентом теплопроводности λст=16 Вт/(м⋅°С), находим значение:

k=1/((1/α1)+(1/α2)+(δ/αст))=1/(0,00045943+0,000454514+0,00025)=859,14 Вт/(м⋅°С).

1. Находим поверхность теплообмена спирального теплообменника:

F=Q/kДt=(118981,17⋅1000)/(859,14⋅74,13⋅3600)=0,518 м2.

1. Длина листов спирали определяется из соотношения:

L=F/2b=0,5187,4⋅0,035=7,4 м2.

1. Число витков спирали, необходимое для получения эффективной длины, определяем по уравнению:

N=L/(2πt)+1/16 (d/t-1)2-1/4 (d/t-1)=7,55

где t=δ+δст=0,01+0,004=0,014 м;

d=2r+t=2⋅0,05+0,014=0,114 м. (r принимаем равной 0,05 м).

1. Наружный диаметр спирали теплообменника с учетом толщины листа определяется по формуле:

Dc=d+2Nt+δст=0,314+2⋅15,1⋅0,014+0,004=0,74 м.

где N=2n=2⋅7,55=15,1 – число витков обеих спиралей.

1. Зная наружный диаметр спирали, находим по формуле критическое значение Re:

Reкр=20000 (0,02/, 74)0,32=6298,04

1. Определяем потерю напора теплоносителями при прохождении через каналы спирального теплообменника:
   * Для продукта потерю напора определяем по формуле:

ДP=0,0113/((Lρω12)/(Re0,25δ))=184,8 кг/м2.

* + Для греющего пара потерю напора определяем по формуле:

ДP=0,0113/((Lρω22)/(Re0,25δ))=35,3 кг/м2.

**2.4 Расчет и подбор нагнетательного оборудования**

1) По производительности выбираем центробежный насос со следующими параметрами:

Марка Х2/25

Производительность G=4,2∙10-4м3/с

Н столба жидкости 25 м

Частота вращения 50 1/с

Электродвигатель

Тип АОЛ-12–2

Мощность 1,1 кВт

2) Выбор трубопровода.

Для всасывающего и нагнетательного трубопровода примем одинаковую скорость течения продукта, равную 0,5 м/с.

d=(4Q/wр)0,5=(4∙0,00016/3,14∙2)0,5=0,02 м.

3) Определение потерь на трение и местные сопротивления.

Находим критерий Рейнольдса:

Re=wdс/µ=(0,5∙0,02∙1062,86)/0,000785=13539,6 следовательно режим турбулентный.

Абсолютную шероховатость трубопровода принимаем Д=2∙10-4 м.

е=Д/d=2∙10-4 /0,02=0,01

1/е=100

10∙1/е=1000

560∙1/е=560000

10∙1/е <Re<560∙1/е, следовательно, в трубопроводе имеет место смешанное трение.

л=0,11 (е+68/ Re)0,25=0,11 (0,0125+68/13539,6)0,25=0,029

Определим сумму коэффициентов местных сопротивлений для всасывающей линии:

овс=о1+ о2=0,018+4,2=4,218, где

о1-сопротивление по длине трубы;

о1=л∙w2/2g∙d =0,029⋅0,25/0,02∙2∙9,81=0,018

о2-вентиль;

онагн= 5∙о1+ о2+3∙о3=5∙0,018+0,42+3∙1,1=7,59 где

о3-отводы под углом 90о.

Потерянный напор во всасывающей линии:

hвс= (л/d+ овс) ∙ w2/2g =(0,029/0,02+4,218) 0,25/2∙9,81=0,072 м.

Потерянный напор в нагнетательной линии:

hнагн= (л/d+ онагн) ∙ w2/2g =(0,029/0,02+7,59) 0,25/2∙9,81=0,108 м.

Общие потери:

hп= hвс+ hнагн=0,108+0,072=0,18 м.

Запас напора на кавитацию:

h3=0,3 (Gn2)2/3=0,3 (4,2∙10-4∙502)2/3=0,31 м.

По таблицам давлений насыщенного водяного пара находим, что при температуре 45,870С рt=9,58∙ 103 Па, атмосферное давление равно р1=105 Па.

Нвс≤р1/gс – (рt/gс+w2/2g+h3+hвс)= =105/1062,86∙9,81 (9580/1042,67+0,5/2∙9,81+1,44+0,31)=19,5 м.

**Список литературы**

1. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию / Под ред. Ю.И. Дытнерского. – М.: Химия, 1983. – 272 с.

2. Основные процессы и аппараты пищевых производств / Под ред. Ю.И. Липатова. – М.: Химия, 1987. – 272 с.

3. Основы проектирования процессов и аппаратов пищевых производств/ Под ред. И.В. Стахеева. – М.: «Вышэйшая школа», 1972

4. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии./ Под ред. П.Г. Романкова. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.

5. Основы проектирования процессов и аппаратов пищевых производств/ Под ред. И.В. Стабникова. – М.: «Вышэйшая школа», 1972