

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
“Харківський політехнічний інститут”

До друку і в світ

Дозволяю

Ректор

Л.Л.Товажнянський

**В.К. Тимченко**

**ТЕХНОЛОГІЯ М'ЯКИХ МАРГАРИНІВ**

ХАРКІВ 2001

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**В.К. Тимченко**

**ТЕХНОЛОГІЯ М'ЯКИХ МАРГАРИНІВ**

Навчальний посібник  
для студентів спеціальності 7.091705 –  
“Технологія жирів і жирозамінників”

Харків НТУ ХПІ 2001

ББК Л 782  
Т 41  
УДК 664.315.6

Рецензенти: **Г.М. Лисюк**, д-р. техн. наук, проф. ХДАТОХ  
**І.М. Демидов**, д.-р. техн. наук, проф. НТУ ХПІ

Тимченко В.К. Технологія м'яких маргаринів: Навч.-метод.  
посібник– Харків: НТУ ХПІ, 2000. - 84 с.

ISBN 966-593-174-1

У посібнику розглянуто асортимент, харчову цінність, принципи складання рецептур, закономірності структуроутворення, сучасну технологію та обладнання, а також методи дослідження якості м'яких маргаринів.

Призначено для студентів спеціальності 7.091705 “Технологія жирів та жирозамінників”, інженерно-технічних та наукових працівників.

Іл.13. Табл.15. Бібліогр. 12 назв.

ISBN 966-593-174-1

© В.К. Тимченко, 2000 р.

## **ПЕРЕДМОВА**

Навчально-методичний посібник «Технологія м'яких маргаринів» забезпечує викладання і вивчення дисциплін «Основи хімії і технології видобування і переробки жирів» і «Технологія та обладнання видобування і переробки жирів», які є завершальними у циклі дисциплін з підготовки фахівців за спеціальністю 7.091705 «Технологія жирів та жирозамінників». Матеріал посібника повністю відповідає робочим програмам названих вище дисциплін.

З даного посібника студенти дізнаються про номенклатуру м'яких маргаринів та основні методичні принципи складання рецептур, а також про методи розрахунку матеріальних і теплових балансів та методи наукових досліджень якості готової продукції, одержать знання з теоретичних основ, технології та обладнання виробництва м'яких маргаринів. Навчальний посібник «Технологія м'яких маргаринів» за структурою складається з передмови, вступу і десяти розділів.

Навчально-методичний посібник «Технологія м'яких маргаринів» призначений для студентів, викладачів названих вище дисциплін, буде корисний науковим співробітникам, інженерам-технологам та іншим працівникам – виробникам маргаринової продукції.

## ВСТУП

Сформований у 80-х роках у промислово розвинутих країнах попит на столові та кулінарні жири з підвищеним вмістом рослинних олій та зниженим або низьким вмістом жиру спричинив появу нових видів продукції, яка замінює не тільки вершкове масло, але й звичайні брускові маргарини. Названа продукція також задовольняє вимоги споживачів до зручності вживання столових сортів вершкового масла та маргарину – вимоги легкості їх намащування при використанні безпосередньо з холодильника (+10 °C) та збереження твердості за кімнатної температури (+20 °C).

Столові жирові пасти, які намащуються, одержали назву “спреди”. У Європі перші низькокалорійні спреди з’явилися у 1968 р. на ринку Англії. Нині виробництво брускового маргарину в Західній Європі становить лише 10-15 % від загального виробництва маргарину.

Спреди є змішаними продуктами, що поєднують смак та аромат вершкового масла з фізіологічною цінністю рослинних олій.

Крім загального найменування “спреди”, до яких іноді відносять і вершкове масло, і маргарини, з’явилась офіційно прийнята в багатьох країнах назва “мінарини” (minarine) – низькожирний маргариновий спред.

Проте у Швеції цей продукт називають "Zättmargarin", у Германії – "Halffettmargarine" ("напівжирний маргарин"), у Голландії – "Halvarine".

Законодавство в різних країнах щодо нових продуктів різниться та досить швидко змінюється. Довгий час у деяких країнах заборонялось виробництво низькожирного вершкового масла та змішаних продуктів, однак ці продукти завойовують ринки та набувають офіційного схвалення.

## 1 АСОРТИМЕНТ М'ЯКИХ МАРГАРИНІВ

Чисельність жирових продуктів різноманітного складу, що з'явилися останнім часом на ринку, викликала необхідність їхньої систематизації, по-перше, для кращої орієнтації споживачів у виборі жирових продуктів і, по-друге, з метою використання у законодавстві.

Молочна (ASSILEC) та маргаринова (IMACE) Федерації ЄС запропонували стандарт Спільного ринку щодо номенклатури продуктів типу спредів, які містять 20-95 % жиру. Цей стандарт поділяє названі продукти на три класи [1]:

- 1) продукти на основі молочного жиру;
- 2) продукти, які не містять молочного жиру (вони не повинні містити більше ніж 3 % молочного жиру від загального вмісту жиру);
- 3) жирові суміші тваринних і рослинних жирів, які можуть містити від 15 до 80 % жиру.

У таблиці 1.1 наведено загальну характеристику жирових продуктів названих класів.

Таблиця 1.1 – Загальна характеристика жирових продуктів

| Класи та категорії продуктів                | Англійський термін  | Вміст жиру, % | Вміст води, % | Приготування   |
|---|---------------------|---------------|---------------|--|
| 1   | 2                   | 3             | 4             | 5  |
| <b>А. Продукти на основі молочного жиру</b> | Milk-fat products   |               |               |  |
| A1. Концентроване вершкове масло            | Concentrated butter | 90-95         |               | З молока, вершків або вершкового масла шляхом вилучення води |

Продовження таблиці 1.1

| 1   | 2  | 3              | 4            | 5  |
|---|--|----------------|--------------|--|
| А.2. Вершкове масло   | Butter   | 80-90          | Не більше 16 |  |
| А.3 Сироваткове вершкове масло  | Whey butter  | 80-90          | Не більше 16 | З підсирних вершків чи суміші підсирних вершків та молока або вершків з молочного жиру   |
| А.4. Молочний спред   | Dairy spread   | 62-80          |              | З молока, вершків, безводного молочного жиру, низько- плавкої фракції молочного жиру (butter oil) або концентрованого вершкового масла |
| А.5. Вершкове масло зі зменшеним вмістом жиру (або вершкове масло з трьома чвертями жиру) | Reduced fat butter (three-quarter fat butter)        | 60-62          |              | З молока, вершків, безводного молочного жиру, низько-плавкої фракції молочного жиру або концентрованого вершкового масла               |
| А.6. Молочний спред зі зменшеним вмістом жиру (або вершкове масло з трьома чвертями жиру) | Reduced fat dairy spread<br>Reduced fat dairy spread | 41-60<br>41-60 |              | З молока, вершків, безводного молочного жиру, низько плавкої фракції масла молочного жиру або концентрованого вершкового масла         |

Продовження таблиці 1.1

| 1   | 2   | 3     | 4 | 5  |
|---|---|-------|---|--|
| А.7. Низько-жирне вершкове масло (або напівжирне вершкове масло)            | Low-fat butter (half-fat butter)                    | 39-41 |   | З молока, вершків, безводного молочного жиру, низько-плавкої фракції молочного жиру або концентрованого вершкового масла |
| <b>Б. Жирові продукти, які не містять молочного жиру</b>                    | Nonmilk fats  |       |   |  |
| Б.1. Концентровані маргарини  | Concentrated margarine                              | 90-95 |   |  |
| Б.2. Маргарини  | Margarine   | 80    |   |  |
| Б.3. Жирові спреди  | Fat spread  | 62-80 |   |  |
| Б.4. Маргарини зі зменшеним вмістом жиру (маргарини з трьома чвертями жиру) | Reduced fat margarine (three-quarter fat margarine) | 60-62 |   |  |
| Б.5. Спреди зі зменшеним вмістом жиру                                       | Reduced fat spread                                  | 41-60 |   |  |
| Б.6. Низько-жирні маргарини (або напівжирні маргарини)                      | Low-fat margarine (half-fat margarine)              | 39-40 |   |  |

Продовження таблиці 1.1



| 1  | 2   | 3     | 4 | 5 |
|--|---|-------|---|---|
| Б.7. Низько- жирні спреди  | Low-fat spread                            | 20-39 |   |   |
| <b>В. Жирові суміші з тва- ринних і рос- линних жирів</b>                | Plant and animal fat blends               |       |   |   |
| В.1. Змішаний концентрований жир   | Blended concentrate d fat                 | 62-80 |   |   |
| В.2. Суміш   | Blend                                     | 80    |   |   |
| В.3. Змішаний спред  | Blended spread                            | 62-80 |   |   |
| В.4. Суміш зі зменшеним вмістом жиру (або спреди з трьома чвертями жиру) | Reduced fat blend (three- quarter spread) | 60-62 |   |   |
| В.5. Змішаний у спред зі зменше- ним вмістом жиру                        | Reduced fat blended spread                | 41-60 |   |   |
| В.6. Низько- жирна суміш (або напів- жирна суміш)                        | Low-fat blend (half- fat blend)           | 39-41 |   |   |
| В.7. Низькожир- ний змішаний Спред                                       | Low-fat blended spread                    | 20-39 |   |   |

Класифікація жирових продуктів в Україні поки що законодавчо не закріплена.

У вітчизняній практиці до недавнього часу в промисловому масштабі виробляли досить обмежений спектр м'яких маргаринів з вмістом жирової фази від 60 до 82 %: «Сонечко» (82,25 % жирів), «Столичний» (60 %), «Масло до сніданку» та «Масло до кави» (72 %), «Здоров'я» (82 %), «Десертний» (60 %).

Освоєння сучасних ліній з виробництва м'яких маргаринів дозволило розширити асортимент маргаринової продукції. М'які маргарини швидко знайшли свого споживача, тому їх виробництво набуло прискореного розвитку.

М'які маргарини в Україні виробляють ЗАТ «Київський маргзавод», ЗАТ «Марг-Вест» (м. Донецьк), СП «Геліос-Вальтер Рау» (м. Ужгород), АТЗТ «Львівський ЖК», ЗАТ «Одеський ОЖК», ЗАТ «Харківський ЖК».

Асортимент маргаринів включає низькокалорійні, середньокалорійні і висококалорійні маргарини. Особливим попитом споживачів користується група десертних та фруктових маргаринів, таких як «Марійка», «Наталка», «Десертний шоколадний», «Полуничний», «Малиновий», які пакуються у привабливі, художньо оформлені полімерні стаканчики. Добре відомий споживачам висококалорійний маргарин «Дар сонця» – продукція спільного підприємства «Геліос-Вальтер Рау». Завоював ринок м'який маргарин «Мальва», який виробляє АТЗТ «Львівський ЖК» у гарній прямокутній полімерній коробці. Організовано нові виробництва м'яких маргаринів на малих підприємствах «Віста», «Авіс», «Пані Крістіна» та ін.

Для забезпечення стійкого попиту населення на м'який маргарин необхідно створити постійний асортимент з певного числа видів, які б мали оригінальні смакові характеристики, функціональні властивості та чітке призначення – столове, кондитерське, кулінарне чи бутербродне.

## 2 ХАРЧОВА ЦІННІСТЬ МАРГАРИНУ

Харчова цінність жирів визначається калорійністю, засвоюваністю організмом та специфічною фізіологічною дією.

Жири є найбільш важливим компонентом їжі людини. На їхню частку припадає приблизно 1/3 калорій, які надходять до організму з їжею. Калорійність жирів залежить від хімічного складу: в середньому 1 кг жиру становить 9300 ккал, або 39,0 МДж, причому чим більше в жирі вуглецю та водню, тим вище його калорійність.

До складу жирової фази м'яких маргаринів входять гідровані жири (саломаси), рідкі та тверді рослинні олії, переестерифіковані жири, калорійність яких коливається від 39,5 до 41 МДж. Відповідно, калорійність м'якого маргарину є досить значною і становить (на 100 г продукту): для низькокалорійних – не менше 360 ккал, середньокалорійних – не менше 450 ккал, висококалорійних – не менше 650 ккал .

Відомо, що жири не розчиняються у воді та травних соках. Виявлено, що шлунковий сік діє тільки на жири, які знаходяться у стані емульсії, а великі за розміром жирові частки погано обробляються ним, тому недостатньо засвоюються організмом.

Вважають, що ацилгліцерини більшості жирів у кишечнику під впливом ферментів та інших складових частин травних соків, які виділяються залозами, розщеплюються до гліцерину та жирних кислот і тільки тоді засвоюються стінками кишечника. Причому гліцерин, як водорозчинний, засмоктується стінками безпосередньо, а жирні кислоти – тільки у вигляді розчинної у воді нестійкої комплексної сполуки жирних і жовчних кислот. Потім гліцерин та жирні кислоти знову утворюють ацилгліцерини нейтрального жиру, який у вигляді емульсії лімфатичною системою надходить у кров, а далі – в запасну жирову тканину.

Виявляється, що високодисперсні емульсії нерозщепленого жиру з частками розміром не більше 0,1 мкм здатні без попереднього розщеплення засмоктуватися стінками кишечника, лімфатичною системою переходити у кров та утворювати жирові відкладення в організмі.

Таким чином, для кращого засвоювання жиру необхідно, щоб він мав здатність легко утворювати тонкодисперсні емульсії. Диспергування та емульгування жиру полегшується в тому разі, коли він знаходиться у травній системі в рідкому стані. За цих обставин м'які маргарини краще засвоюються організмом, ніж тверді брусківі маргарини.

За сучасними уявленнями, харчовий жир є не тільки концентрованим джерелом енергії, але й носієм незамінних для людини жирних кислот і жиророзчинних вітамінів.

Фізіологічна роль незамінних поліненасичених жирних кислот полягає в тому, що вони є попередником або елементом ліпідних структур клітини – біомембран, які забезпечують злагодженість обмінних процесів в організмі.

З іншого боку, поліненасичені жирні кислоти є матеріалом для синтезу в організмі циклічних перекисів арахідонової кислоти (так званих простагландинів), які регулюють усі процеси життєдіяльності на клітковому рівні.

Поліненасичені жирні кислоти не синтезуються в організмах ссавців і людини. Дієнові та трієнові кислоти, необхідні для синтезу названих вище похідних арахідонової кислоти, організм повинен одержувати з їжею, тобто жир повинен виконувати свою пластичну функцію.

Слід зазначити, що найбільш ефективними, з фізіологічної точки зору, є ненасичені жирні кислоти, які містять перший подвійний зв'язок між третім і четвертим вуглецевими атомами (якщо рахувати від  $\text{CH}_3$ -групи) – так звані омега-3-жирні кислоти. До них відносять ліноленову ( $\text{C}_{18:3}$ ), ейкозапентаєнову ( $\text{C}_{20:5}$ ) та докозагексаєнову ( $\text{C}_{22:6}$ ) кислоти.

Позитивно впливають на людський організм і омега-6-жирні кислоти: лінолева ( $\text{C}_{18:2}$ ), гамма-лінолева і арахідонова ( $\text{C}_{20:4}$ ).

### **3 ОСНОВНІ МЕТОДОЛОГІЧНІ ПРИНЦИПИ СКЛАДАННЯ РЕЦЕПТУР МАРГАРИНУ**

Рецептура маргарину повинна забезпечувати одержання такого продукту, який би за складом, структурою, фізичними властивостями та органолептичними показниками максимально наближався до вершкового масла. Так, за структурою маргарин повинен бути такою ж складною дисперсною системою жиру у молоці, яким є вершкове масло.

Відповідно до цих вимог основними компонентами маргарину повинні бути жир і молоко. Для забезпечення певних органолептичних показників у маргарин вводять барвник та ароматизатор, а для підвищення біологічної цінності – вітаміни. Смак маргарину поліпшують додаванням цукру і солі.

Якісно проведена дезодорація жирів і правильно сквашене молоко забезпечують добрі смак і запах маргарину. Структура та фізичні властивості маргарину залежать від типу та якості доданого емульгатора і точності дотримання режимів емульгування й охолодження. Поряд з цим фізичні властивості маргарину визначаються правильним кількісним співвідношенням жирових компонентів і властивостями одержуваної жирової основи.

Найважливішими технологічними (споживчими) властивостями маргарину є консистенція, легкоплавкість і пластичність.

Для одержання маргарину, який за консистенцією, легкоплавкістю та пластичністю був би аналогічним вершковому маслу, необхідно, щоб жирова основа за структурою та фізико-хімічними властивостями, а якщо можливо – то і за складом, відповідала молочному жиру. До складу жиру коров'ячого молока входять кислоти: масляна ( $C_{4:0}$ ) – до 3,5 %, капронова ( $C_{6:0}$ ) – до 2 %, каприлова ( $C_{8:0}$ ), капринова ( $C_{10:0}$ ), лауринова ( $C_{12:0}$ ), міристинова ( $C_{14:0}$ ), пальмітинова ( $C_{16:0}$ ), стеаринова ( $C_{18:0}$ ) та олеїнова ( $C_{18:1=}$ ). Молочний жир має дуже високе значення числа Рейхерта-Мейсля – близько 30 %.

Раніше при складанні рецептур жирового набору керувались тільки температурою плавлення жирів. Однак жири з однаковою температурою плавлення можуть мати різні фізичні властивості, зокрема, різну твердість – найважливіший якісний показник у виробництві маргарину, що забезпечує його консистенцію. Тому

тепер при складанні рецептур маргарину беруть до уваги температуру плавлення та твердість.

Усі тверді жири, в тому числі і молочний, складаються з твердих і рідких фракцій. Чим більше міститься в жирі твердої фракції, тим вище його твердість. Наприклад, китові саломаси з твердістю 75,200 і 800 г/см відповідно містять 30,41 і 48 % твердої фракції. Така ж залежність є характерною для рослинних саломасів.

Крім того, твердість жиру визначається також твердістю його твердих компонентів. Наприклад, твердості чистих тристеарину та трилаурину різні. Це пояснюється індивідуальними особливостями відповідних жирних кислот ацилгліцеринів.

На твердість жиру значно впливає розмір кристаликів твердих компонентів і поліморфної модифікації, у якій знаходяться кристали. Розмір кристаликів і поліморфна модифікація, в свою чергу, залежать від умов охолодження. У зв'язку з цим показник твердості жиру може мати тільки порівняльне значення при дослідженні його у строго визначених умовах.

Можна порівнювати твердості тільки тих жирів, молекулярні маси жирних кислот яких приблизно однакові, наприклад, харчові саломаси, які одержують гідруванням лінолево-олеїнових олій.

Таким чином, консистенція жиру, яка визначається твердістю, в основному залежить від кількісного співвідношення твердої та рідкої фракцій жиру, а також від фізичних властивостей твердих фракцій.

Пластичний жир, як відомо, характеризується поступовою зміною твердості зі зміною температури.

Легкоплавкість і пластичність жиру виявляється у повноті розплавлення його в роті, тобто температура повного розплавлення жиру повинна бути не вищою, ніж 36 °С (відповідно до температури тіла).

Молочний жир повністю розплавляється за температури не більше 35 °С, тому він легко і повно плавиться на язичі і не залишає у роті відчуття салистості.

За температури плавлення всієї твердої фракції жиру відбувається повне його просвітлення. На температуру повного просвітлення жиру впливає співвідношення високоплавких і низькоплавких фракцій.

Більшість рослинних саломасів містить від 18 до 32 % високоплавкої твердої фракції з температурою плавлення до 50–51 °С. У молочному жирі міститься всього 15 % високоплавкої твердої фракції з температурою плавлення до 46 °С. Отже, маргарини, виготовлені з одних тільки саломасів, мають салистий смак.

У китовому саломасі міститься 40–50 % твердої фракції, проте на відміну від рослинних саломасів він не містить фракцій з температурою плавлення вище 48 °С, через це він є дуже пластичним.

У кокосовому маслі високоплавкої твердої фракції міститься тільки 2%, тому кокосове масло є дуже бажаним компонентом жирової основи маргарину.

Одним з головних компонентів жирового набору м'яких маргаринів є саломаси або переетерифіковані жири з широким діапазоном температур плавлення – від 28 до 44 °С. Норма введення цих жирів для різних марок м'яких маргаринів становить від 12 до 79,5 %, і від пластичних властивостей та якості цих жирів значною мірою залежать властивості і структура жирової суміші, а отже, і маргарину.

Температуру плавлення і твердість жирової основи маргарину регулюють головним чином додаванням рідкої рослинної олії. Вважають, що кожні 10 % доданої до саломасу рослинної олії знижують температуру плавлення суміші на 0,8–1 °С. Таким чином, якщо додавати різну кількість рідкої рослинної олії, то можна одержати жирову основу з визначеними температурою плавлення та твердістю. Проте на температуру повного просвітлення таке додавання впливає менше.

Температура плавлення відбиває тільки часткове розплавлення жиру, але його високоплавка фракція залишається розплавленою не повністю, тому жир у цей момент залишається мутним. Між температурами плавлення та повного просвітлення існує певний розрив, який залежить від виду жиру, наприклад, для молочного жиру він становить 3–4 °С.

На температуру повного просвітлення жиру впливає співвідношення кількості високоплавких і низькоплавких фракцій, які в ньому містяться. Це співвідношення повинно бути не більшим ніж 1 : 1.

Вміст високоплавкої фракції в саломасі, який використовують у виготовленні маргарину, не повинен перевищувати 18 %. За більшого вмісту високоплавкої

фракції саломаси будуть мати температуру плавлення 35–36 °С і високу твердість. Для твердих маргаринів такий саломас мало придатний, тому що він погіршує легкоплавкість. Зниження високоплавкої та підвищення низькоплавкої фракцій у жировому наборі твердого маргарину проводять за рахунок додавання кокосового масла.

Для м'яких маргаринів такої проблеми не існує, оскільки збільшена норма додатку рослинної олії якраз потребує використання високоплавких саломасів. Так, у рецептурах дієтичних м'яких маргаринів, які містять до 80 % рідкої рослинної олії, як структуроутворювач використовують глибокогідровані жири з температурою плавлення навіть до 55 °С. Проте в деякі композиції як пластифікуючий компонент все ж додають 8-10 % кокосового масла або вершкове масло.

Таким чином, жирова основа високоякісного маргарину повинна містити рослинні саломаси з зазначеними властивостями, а також добавки рідкої олії та кокосового масла.

З метою вивчення індивідуальних властивостей початкових жирів, а також для підбору жирових сумішей та складання рецептур останнім часом використовують ділатометрію або метод ядерно-магнітного резонансу. За допомогою цих методів визначають вміст твердих компонентів ацилгліцеринів у початкових жирах та контролюють цей показник у суміші, що для м'яких маргаринів повинен бути близько 20 % при 10 °С, а при 25 °С – не нижче 7 %. У цьому разі м'які маргарини будуть відповідати основним вимогам – легко намазуватися за температури побутового холодильника, (тобто при 10 °С), а також залишатися твердими за кімнатної температури (20 °С).



## 4 ЗАКОНОМІРНОСТІ СКЛАДУ ЖИРОВИХ ОСНОВ І ПРОЦЕСИ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ У ВИРОБНИЦТВІ М'ЯКИХ МАРГАРИНІВ

М'які маргарини є переохолодженими високодисперсними емульсіями прямого, зворотнього або змішаного типу, до складу яких входять високоякісні харчові жири рослинного і тваринного походження у натуральному та модифікованому вигляді, молоко, вода, вітаміни, поверхнево-активні речовини (ПАР), харчові барвники, ароматизатори, сіль та інші добавки.

М'які маргарини призначені для безпосереднього вживання в їжу, домашньої кулінарії, а також для використання у мережі громадського харчування: при виготовленні кулінарних, кондитерських та хлібо-булочних виробів.

Науковими дослідженнями доведено, що біологічно повноцінний жир, призначений для харчування здорового організму, повинен містити 20-30 % лінолевої кислоти, 40-60 % олеїнової кислоти та не більше 30 % насичених жирних кислот, у складі яких середньо- та високомолекулярні жирні кислоти знаходяться у відношенні 1:1. До речі, середньомолекулярні насичені кислоти швидко усмоктуються у кишечнику та не відкладаються у жирових депо людського організму. Вміст *транс*-ізомеризованих жирних кислот у маргаринах загального призначення не повинен перевищувати 30 % від суми усіх жирних кислот, а у дієтичних – 8 %, тому що *транс*-ізомери, хоч і не завдають негативного впливу на організм, але поступаються традиційним *цис*-ізомерам харчовою цінністю.

Для дієтичного харчування людей з порушенням жирового обміну та хворих атеросклерозом потрібні жири з підвищеним вмістом лінолевої кислоти (не менше 40 %), у яких співвідношення між насиченими та поліненасиченими жирними кислотами наближається до 1:2.

Ефективність дії есенціальних жирних кислот значною мірою залежить від вмісту оптимальної кількості токоферолу (вітаміну Е). Наявність у раціоні великої кількості поліненасичених жирних кислот з дефіцитом альфа-токоферолу ініціює вільно-радикальне окислення тканинних ліпідів, внаслідок чого утворюються гідропероксиди. Однак і надлишок токоферолу є небажаним, оскільки у цьому випадку він виступає в ролі прооксиданту. Кількість токоферолу визначають

відносно вмісту в жирі найважливішої есенціальної кислоти – лінолевої. Оптимальним вважається введення 0,5–0,8 мг альфа-токоферолу на 1 г лінолевої кислоти.

Високу біологічну цінність мають фосфоліпіди, а також фітостероли, які містяться у жирах. Оптимальна доза фосфоліпідів у жирі – 0,7 % від загальної маси жиру, а добова потреба в них людини – близько 5 г.

Вживання жирів зазначеного кислотного складу, збагачених біологічно активними добавками (вітамінами А, Е, фосфоліпідами, бета-ситостеролом), знижує рівень холестерину у сироватці крові та в печінці, забезпечуючи чіткий антисклеротичний ефект.

У природі не існує жирового продукту, який би повністю відповідав вимогам, що висувають зараз до харчового жиру. Всі види жирів наземних тварин, включаючи вершкове масло, бідні на поліненасичені кислоти. Водночас більшість рідких рослинних олій містять значні кількості цих кислот, особливо соняшникова, сойова, кукурудзяна, бавовняна олії. Однак у рослинних оліях помітно недостатній вміст насичених жирних кислот. Внаслідок цього у харчуванні доцільно використовувати поряд з тваринними жирами та рослинними оліями відповідні суміші типу «маргарин».

Жирова композиція маргаринів є багатокомпонентною системою, яка включає натуральну рослинну олію (соняшкову, бавовняну, сойову, кокосову та інші харчові масла), а також модифіковані (гідровані та переетерифіковані) жири. При цьому слід зазначити, що модифіковані жири повинні містити мінімальну кількість *транс*-ізомерів ненасичених жирних кислот. Останнім часом з'явилися відомості про те, що *транс*-ізомери спричиняють зменшення у крові вмісту ліпідів високої густини, які перешкоджають відкладенню холестерину на внутрішніх стінках кровоносних судин. У виробництві маргаринів є всі умови для добору жирових компонентів у повній відповідності до фізіологічних вимог і напрямків їх використання. Практично маргарини можна одержувати за найрізноманітнішими рецептурами, як щодо жирнокислотного та гліцеридного складу, так і щодо збагачення їх біологічно активними речовинами.

У той же час, здатність жиру забезпечити життєво важливі для організму метаболічні процеси визначається не тільки його жирнокислотним складом, але і внутрішньо- та міжмолекулярним розподілом жирних кислот у триацилгліцеридах. З'ясовано, що не менше однієї третини лінолевої кислоти повинно знаходитись у положенні 2 триацилгліцеринів, де ця поліненасичена кислота краще захищена від окислення і разом з тим більш доступна для синтезу біологічно активних речовин. Жир оптимального жирнокислотного та гліцеридного складу повинен бути рідким за температури тіла людини, концентрація в ньому найбільш високоплавких (тринасичених) ацилгліцеринів не повинна перевищувати їхню розчинність у жирі за цієї температури.

Крім того, вимоги до жирових основ маргаринів визначаються також сферою та умовами їх використання. Жирові основи бутербродних м'яких маргаринів з підвищеним вмістом ацилгліцеринів лінолевої кислоти мають знижену твердість (30-70 г/см), тому їх фасують методом наливання у полімерну тару. Ці маргарини тривалий час повинні зберігати дрібнокристалічну консистенцію у широкому діапазоні температур споживання, що насамперед забезпечується підбором гліцеридного складу жирової основи.

Головним методом одержання жирових основ маргарину з певними фізико-хімічними характеристиками є змішування твердих пластичних і рідких компонентів, склад та технологія попередньої модифікації яких значною мірою визначається ресурсами та вартістю жирової сировини.

Тверді пластичні компоненти – гідровані та переетерифіковані жири – одержують з натуральних олій та жирів методами хімічної модифікації [1]. У композиції жирів маргарину вони є структуроутворювачами. За рідкий компонент використовують рідкі рослинні олії.

Таким чином, головна роль у структуроутворенні маргарину належить жировій основі, структура якої, у свою чергу, значною мірою залежить від умов охолодження та темперування.

Швидке охолодження жирової основи сприяє утворенню дрібнокристалічної основи маргарину. Повільне охолодження супроводжується послідовною кристалізацією ацилгліцеринів відповідно до їхньої температури тверднення. При

цьому тверді ацилгліцерини утворюють великі кристали, які спричиняють виникнення неоднорідної структури, а також таких дефектів маргарину, як “мучнистість”, “мраморність” та ін.

В умовах швидкого охолодження жирова фаза кристалізується у вигляді найдрібніших голкоподібних кристалів. Далі під час завершення процесу кристалізації, незважаючи на підвищення температури за рахунок виділення «прихованої» теплоти кристалізації, відбувається подальше зростання одиничних кристалів, що врешті-решт призводить до неоднорідності структури маргарину.

У виробництві маргарину під час тверднення жирової фази відбуваються дуже складні процеси кристалізації та рекристалізації з утворенням цілого ряду модифікацій, які позначають так:  $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $\beta^1$ ,  $\beta$ .

Утворення модифікацій у зазначеному порядку відбувається тільки за певних умов (швидкості охолодження, перемішування та термостатування).

Кристали жиру в маргарині відносять звичайно до  $\beta^1$ -форми. Перехід у  $\beta$ -фазу може негативно вплинути на консистенцію маргарину через утворення більших за розмірами кристалів. Стабілізація у  $\beta$ -форму може відбуватися під час зберігання продукту за підвищених температур.

Одержання продукту необхідної кристалічної форми залежить від багатьох факторів:

*швидкості охолодження* – зі збільшенням її утворюється нестійка кристалічна модифікація;

*швидкості перемішування* – при швидкому перемішуванні утворюється дрібніша кристалічна структура, ніж при повільному або без перемішування;

*вмісту насичених і ненасичених твердих ацилгліцеринів* – чим більше міститься у жировій фазі ненасичених ацилгліцеринів, тим більше утворюється нестійких кристалічних модифікацій;

*утворення теплоти кристалізації* – фактора особливо важливого, оскільки повільне та повне виділення теплової енергії з жирової фази маргарину, що кристалізується, спричиняє одержання продукту однорідної пластичної консистенції.

Для отримання рівномірної консистенції маргарину потрібно його повністю охолодити та завдати додаткової механічної обробки, щоб запобігти реверсії кристалічної структури й утворенню нестійких мікрокристалів.

З метою оптимізації виробничих процесів виготовлення маргарину необхідно установити термодинамічну рівновагу між теплотою кристалізації та холодильним агентом. При цьому можуть виникати такі варіанти термодинамічної залежності:

– жироводна емульсія недостатньо охолоджена:

$$- \Delta T_1 = \Delta T_2;$$

– переохолоджена:  $-\Delta T_1 > T_2 - \Delta T_3;$

– оптимальні умови охолодження  $-\Delta T_1 > T_2,$

де  $\Delta T_1$  – температурний градієнт на перших двох циліндрах переохолоджувача;  $\Delta T_2$  – температурний градієнт на останніх двох циліндрах переохолоджувача;  $\Delta T_3$  – температурний градієнт за рахунок виділення теплоти кристалізації.

При недостатньому охолодженні температурні градієнти в усіх циліндрах переохолоджувача майже однакові, а маргарин виходить твердим або у вигляді грудок.

При дуже глибокому охолодженні продукт переохолоджується і стає надто рідким і непридатним для пакування.

Оптимум охолодження досягається тоді, коли швидкість охолодження хоча б у двох останніх циліндрах буде відносно великою і максимум температурного перепаду становитиме 20 % від загального температурного градієнта ( $\Delta T_0$ ).

З метою досягнення однорідної структури маргарин після глибокого охолодження потрібно інтенсивно перемішувати, тоді дрібнодисперговані кристали твердої фази утворюють у рідкій фазі коагуляційні структури, які, за П.А.Ребіндером, мають здатність до тиксотропії, обумовлену Ван-дер-Ваальсовими силами зчеплення. У цьому випадку одержують маргарин з найбільш виразними пластичними властивостями.

У протилежному разі перевага конденсаційно-кристалізаційної структури може надати маргарину в процесі зберігання крихкості та сприятиме подальшому його

зміцненню за рахунок процесів трансформації кристалів у більш стабільну високоплавку форму.

Таким чином, утворення заданої структури маргарину при оптимальному підборі жирних компонентів на стадіях охолодження і механічної обробки може проходити по-різному. Так, охолодження емульсії і наступна перекристалізація маргарину без перемішування спричиняє утворенню конденсаційно-кристалізаційної структури. При цьому навіть при роботі в оптимальному температурному режимі спостерігається нерівномірний розподіл твердої фази у рідкій та поява великих кристалічних включень внаслідок зрощення одиничних кристалів, що негативно впливає на структурно-реологічні властивості маргарину.

Для усунення цих явищ потрібно знайти метод забезпечення таких умов, які б сприяли утворенню переважно коагуляційної структури маргарину. Наприклад, з метою декристалізації структури переохолодженої емульсії завдають інтенсивної і відносно тривалої механічної обробки, внаслідок чого під час зберігання в маргарині менше утворюється твердих просторових структур, причому без суттєвої модифікації кристалів. Механічна обробка переохолодженої емульсії сприяє одержанню високопластичного маргарину, який має дещо нижчі характеристики міцності та структура якого наближається до коагуляційної.

## 5. ОСОБЛИВОСТІ СКЛАДУ М'ЯКИХ МАРГАРИНІВ І НИЗЬКОКАЛОРИЙНИХ ПАСТ

Тенденція до суттєвого збільшення випуску м'яких маргаринів, фасованих у коробочки з полімерних матеріалів, простежується в усіх промислово розвинених країнах. Так, в Англії та Германії їх виробництво становить від 70 до 90 % загального обсягу випуску столових маргаринів.

Для м'яких маргаринів характерні підвищена біологічна цінність, однорідна пластична консистенція, здатність добре намащуватись безпосередньо після виймання з побутового холодильника.

Вміст жирової фази у рецептурах м'яких маргаринів варіюється у досить широких межах і становить від 40 до 82 %. Продукти, які містять 40-60 % жирів, належать до низькокалорійних і є порівняно новими у групі маргаринів. Виробляються також дієтичні м'які маргарини бутербродного призначення, до складу жирової основи яких входить до 50 % ацилгліцеринів фізіологічно активної лінолевої кислоти.

Структурні властивості та харчова цінність м'яких маргаринів визначаються складом і фізико-хімічними характеристиками жирової сировини. У зв'язку з цим приділяють велику увагу підбору компонентів жирової фази.

Науковими дослідженнями виявлено, що краще засвоюються організмом ті жири, які знаходяться у стані дрібнодисперсної емульсії з температурою плавлення у межах 28-34<sup>0</sup>С. У той же час вони повинні зберігати протягом тривалого часу дрібнокристалічну структуру, однорідну пластичну консистенцію у широкому діапазоні температур. Іншими словами, за фізичними властивостями м'які маргарини за температур 20-35 <sup>0</sup>С повинні наближатися до вершкового масла, а за більш низьких – перевершувати його за легкоплавкістю та пластичністю.

Для забезпечення гарної пластичності та здатності намащуватися вміст твердих ацилгліцеринів у м'яких маргаринах повинен становити 10-20 % в інтервалі температур від 10 до 30 <sup>0</sup>С. З цією метою при розробці рецептур м'яких маргаринів використовують жирові композиції, які включають рідкі рослинні олії (соняшникову, соєву, бавовняну, кукурудзяну, ріпакову та ін.) та частково гідровані жири (харчові саломаси) таких марок:

- 1 – температурою плавлення 32-34 °С, твердістю 180-250 г/см;  
 2 – температурою плавлення 34-36 °С, твердістю 280-350 г/см;  
 3-1 – температурою плавлення 35-37 °С, твердістю не нижче 550 г/см;  
 3-2 – температурою плавлення 35-37 °С, твердістю 400-500 г/см;  
 4 – температурою плавлення не вище 27 °С, твердістю не більше 50 г/см;  
 5 – температурою плавлення 42-45 °С, твердістю не нижче 800 г/см;  
 6 – температурою плавлення не нижче 53 °С, твердість – не визначається.

Характеристику харчових саломасів названих марок наведено у табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Характеристика харчових саломасів

| Назва<br>Показника                                 | Марки харчових саломасів |       |       |       |               |       |               |
|--|--------------------------|-------|-------|-------|---------------|-------|---------------|
|  | 1                        | 2     | 3-1   | 3-2   | 4             | 5     | 6             |
| 1  | 2                        | 3     | 4     | 5     | 6             | 7     | 8             |
| Груповий жирнокислотний склад, %                   |                          |       |       |       |               |       |               |
| Насичені   | 15-25                    | 15-25 | 15-30 | 10-25 | 5-15          | 20-30 | 96-100        |
| Мононенасичені                                     | 70-75                    | 70-75 | 65-75 | 65-75 | 55-80         | 65-75 | 0-4           |
| Діненасичені                                       | 5-10                     | 5-10  | 3-10  | 10-15 | 15-30         | 2-10  | -             |
| Масова частка <i>транс</i> -ізомерів, %            | 35-45                    | 40-50 | 60-65 | 45-55 | ≤ 30          | 35-45 | не нормується |
| Масова частка твердих ацилгліцеринів за t=20 °С, % | 29-35                    | 29-40 | 45-70 | 40-55 | не нормується | ≥ 45  | не нормується |

Слід відзначити, що для одержання оптимальних структур м'яких маргаринів до рецептурного складу одночасно вводять декілька марок харчових саломасів, це зумовлює широку гаму різнокислотних ацилгліцеринів з різними фізико-хімічними



властивостями, а це, у свою чергу, сприяє утворенню коагуляційних структур м'яких маргаринів. Названі структури виникають шляхом взаємодії окремих кристалів через прошарки рідкої фази; вони являють собою просторові сітки безладно зчеплених під дією Ван-дер-Ваальсових сил кристалів, кожний з яких є окремою частинкою і може рухатись незалежно від інших. Завдяки цьому м'які маргарини характеризуються найкращими пластичними властивостями.

У рецептурах дієтичних м'яких маргаринів, які містять до 80 % рідкої рослинної олії, використовують як структуроутворювачі глибокогідровані жири з температурою плавлення до 55 °С.

До деяких жирових композицій включають кокосове масло (в кількості 8-10 %) як пластифікуючий компонент і джерело середньо-молекулярних насичених жирних кислот  $C_{8:0}$  –  $C_{14:0}$ .

Останнім часом дедалі більшої популярності набуває пальмове масло як перспективна сировина для м'яких маргаринів, а також його модифіковані продукти – пальмовий олеїн і пальмовий стеарин.

Пальмове масло відрізняється тим, що воно містить приблизно однакові кількості насичених і ненасичених жирних кислот, з яких близько 44 % – це пальмітинова кислота  $C_{16:0}$ . Вона менше впливає на накопичення холестерину у сироватці крові, ніж середньомолекулярні насичені жирні кислоти – лауринова  $C_{12:0}$  і мірістинова, які містяться у кокосовому маслі.

Більш того, завдяки напівтвердій консистенції (високий рівень твердих ацилгліцеринів) пальмове масло та його фракції частково або повністю можуть замінити харчові саломаси у складі м'яких маргаринів, і, таким чином, знизити або зовсім виключити з харчового продукту *транс*-ізомери ненасичених жирних кислот. Нарешті, пальмове масло під час кристалізації має здатність утворювати стійку  $\beta$ -форму, яка обумовлює необхідні та незмінні при тривалому зберіганні структурно-реологічні властивості готового маргарину.

У спеціальних видах продукції, так званих “спредах”, застосовують композиції з рослинних і молочних жирів (у тому числі пластифікованих вершків) у фізіологічно обґрунтованих співвідношеннях.

Усі початкові жири підлягають глибокій рафінації, у тому числі адсорбційному очищенню та дезодорації. Від ретельності очищення жирів залежить якість готового маргарину.

У табл. 5.2 наведено жировий склад висококонцентрованих м'яких маргаринів, які виготовляються у деяких європейських країнах [2].

Для поліпшення біологічних органолептичних та мікробіологічних показників м'яких маргаринів додають різноманітні домішки. При цьому суттєве значення має не тільки склад водно-молочної фази, але і її підготовка: пастеризація молока і води, суворове дотримання  $pH$  водно-молочної фази, використання консервантів, антиоксидантів, ароматизаторів, барвників тощо.

Мікробіологічне псування маргарину попереджають пастеризацією водно-молочної фази, а також дотриманням необхідних санітарно-гігієнічних умов виробництва, фасування та зберігання продукту.

Таблиця 5.2 – Жировий склад м'яких маргаринів жирністю 80 %

| Компоненти   | Англія    |           | Данія     |           | Германія  |           |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|  | Звичайний | дістичний | звичайний | дістичний | Звичайний |           |
|  |           |           |           |           | варіант 1 | варіант 2 |
| Переестерифікований жир, %                                     | -         | -         | -         | -         | -         | 35        |
| Гідрована сойова олія, %, з температурою плавлення, °С:        |           |           |           |           |           |           |
| 55   | -         | 5         | -         | -         | -         | -         |
| 40-42  | 7         | 15        | 10        | 20        | -         | -         |
| 34-36  | 15        | -         | 45        | -         | 48        | -         |
| 31-33  | 28        | -         | -         | -         | -         | -         |
| Гідрована соняшник-кова олія з температурою плавлення 32 °С, % | -         | -         | -         | -         | -         | 35        |
| Сойова олія, %   | 50        | 80        | 45        | 80        | -         | -         |
| Соняшникова олія, %  | -         | -         | -         | -         | 52        | 30        |

Несприятливе середовище для розвитку мікроорганізмів, зокрема плісняви, створюють, додаючи кухонну сіль. Низьке значення  $pH$  водно-молочної фази (близько 4,5), особливо у комбінації з високою концентрацією солі гальмує розвиток плісняви, дріжджів та бактерій. Однак при цьому можуть прискорюватись процеси гідролізу жиру.

З метою регулювання  $pH$ -середовища та запобігання псуванню маргарину до водної фази додають цитринову або молочну кислоту. Наприклад, на 1 т маргарину “Кама” (Германія) 40 %-ної жирності додають 200 г молочної та 50 г цитринової кислоти.

Використання консервантів – бензойної, сорбінової кислоти, а також їхніх натрових солей – запобігає мікробіологічному та хімічному псуванню. Вибір консерванта залежить від  $pH$  водно-молочної фази, здатності жиру до окислення та інших факторів.

Як антиоксиданти у багатьох країнах використовують харчові бутилокситолуол, бутилоксианізол, які для підвищення ефективності дії додають у суміші з фосфоліпідами і цитриновою кислотою.

Останнім часом набуває розвитку індустрія природних антиоксидантів на основі водно-спиртових екстрактів різноманітних трав, кори дерев, плодів тощо, які успішно використовують для запобігання окислювальному псуванню жирних основ маргарину.

Підвищення харчових властивостей м'яких маргаринів, у тому числі дієтичного призначення, забезпечується додаванням вітамінів А, D, Е, С. Вітамін С, який розчинюється у воді та є антиоксидантом, може виконувати і функції консерванту.

Добавки, що поліпшують органолептичні властивості маргарину, – це барвники, молоко, білки молочних продуктів (казеїнати, копреципітати, підсирна сироватка та ін.), а також ароматизатори.

У рецептурах солодких бутербродних маргаринів використовують фруктозу, какао-порошок, мед. Достойною альтернативою традиційним сахаристим речовинам вважають підсолоджувачі – сахарозамінники. За ступенем солодості вони значно перевищують сахарозу, в десятки разів знижують калорійність, сприяють зниженню

осмотичного тиску, поліпшують біологічну стійкість продуктів під час зберігання. Крім того, при використанні сахарозамінників спрощуються та здешевлюються технологія виробництва, навантажувально-розвантажувальні, транспортні та складські операції. До складу підсолоджувачів-сахарозамінників звичайно входять: аспартам, ацесульфам калію, цикламат натрію, сахаринат натрію і трихлоргалактосахароза високого фармацевтичного ступеня чистоти з вмістом основної речовини не менше 98-99 %.

Для надання маргарину кольору вершкового масла застосовують масляні розчини каротину або аннато. Найбільш поширеним є  $\beta$ -каротин (провітамін А). Кількість барвника, що додається, залежить від його інтенсивності і коливається у межах 0,2-0,4 %.

Важливу роль в одержанні стійких маргаринових емульсій з потрібними структурно-реологічними характеристиками відіграють емульгатори, що, як відомо, забезпечують зниження поверхневого натягу на межі розділу водної та жирової фаз, а також утворюють міцні захисні плівки на поверхні крапельок дисперсної фази. Таким чином, емульгатори стабілізують жиро-водну емульсію перед кристалізацією та поліпшують пластичні властивості продукту.

У виробництві маргаринів як емульгатори широко застосовують дистильовані моногліцериди рослинних олій або гідрованих жирів, тваринних жирів, суміші їх з лецитином, ефіри моногліцеридів з оксикислотами, рослинні та синтетичні харчові фосфоліпіди, а також імпортовані емульгатори різноманітного складу та властивостей. Структура жирних кислот моногліцеридів визначає значною мірою спрямованість їхньої дії. Так, моногліцериди насичених жирних кислот (марки МГД) ефективні для виготовлення дрібнодисперсних висококонцентрованих емульсій брускових маргаринів. Моногліцериди з йодним числом 40-105 г  $I_2/100$  г у кількості 0,3-0,6 % стабілізують маргаринові емульсії з низьким вмістом жиру. Крім того, застосовують моногліцериди, одержані з глибокогідрованих тваринних жирів та рослинних олій з йодним числом 1-2 г  $I_2/100$  г, а також спеціальні види емульгаторів. Для м'яких маргаринів рекомендовані моногліцериди ненасичених жирних кислот з йодним числом 50-70 г  $I_2/100$  г і вмістом моноефіру 50 % – так звані «м'які» моногліцериди марки МГМ.

Фізико-хімічні показники зарубіжних та вітчизняних емульгаторів для виробництва м'яких маргаринів наведено в табл. 5.3 і 5.4.

Таблиця 5.3 – Фізико-хімічні показники зарубіжних емульгаторів

| Показники                            | Моногліцериди дистильовані на основі |                                   | Ефіри моногліцеридів з цитриново ю кислотою | Суміші моногліцеридів та ефірів полігліцеринів з жирними кислотами |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---|--|
|                                      | Глибоко-гідрованих жирів та олій     | Частково гідрованих жирів та олій |   |  |
| Вміст моно-ефіру, %                  | 90                                   | 90                                | -   | 30-35  |
| Число омилення, мг КОН/г             | 150-170                              | 150-170                           | 220-255                                     | -  |
| Вільні жирні кислоти, %              | ≤ 1,5                                | ≤ 1,5                             | -   | 1,0  |
| Вільний гліцерин, %                  | ≤ 1,0                                | ≤ 1,0                             | -   | 3,0  |
| Кислотне число, мг КОН/г             | 3,0                                  | 3,0                               | 10-40                                       | -  |
| Йодне число, г I <sub>2</sub> /100 г | 1-2                                  | 40-105                            | 3-30  | 10   |
| Температура плавлення, °С            | 70-72                                | 40-56                             | 53-60                                       | 58-62  |

Крім того, використовують композиції, які поряд з моногліцеридами містять фосфоліпіди, цитрино- та молочнокислі ефіри моногліцеридів і мають високу здатність утримувати воду та жир. Ефіри оксикислот відомі як спрямовані емульгатори у маргаринах для жаріння (цитринокислі ефіри моногліцеридів) і для кондитерських виробів (молочнокислі ефіри моногліцеридів).

Таблиця 5.4 – Фізико-хімічні показники вітчизняних емульгаторів

| Показники                            | Моногліцериди дистильовані<br>марок МГД |       |       |       | Моно-<br>гліцериди<br>м'які (МГМ) |
|--------------------------------------|---|-------|-------|-------|-----------------------------------|
|                                      | 1                                       | 2     | 3     | 4     |                                   |
| Масова частка гліцеридів, %          | 90                                      | 90    | 90    | 90    | 50                                |
| У тому числі моно<br>гліцеридів, %   | 80                                      | 80    | 80    | 80    | 45                                |
| Вільний гліцерин, %                  | 1,5                                     | 1,5   | 1,5   | 1,5   | 1,5                               |
| Йодне число, г I <sub>2</sub> /100 г | 1,0                                     | 1,0   | 34,0  | 34,0  | 50-70                             |
| Кислотне число, мг КОН г             | 3,0                                     | 3,0   | 3,0   | 3,0   | 3,0                               |
| Температура плавлення, °С            | 64-68                                   | 65-67 | 56-62 | 56-62 | 35-40                             |

У вітчизняній практиці в промислових масштабах виробляють м'які маргарини з вмістом жирової фази 60 % (“Столичний”), 82 % (“Сонечко”), 72 % (“Масло до сніданку” – на основі рослинної олії і молочного жиру); бутербродний маргарин дієтичного призначення “Здоров’я” жирністю 82 %, на переестерифікованій жировій основі та солодкий бутербродний маргарин “Десертний” жирністю 60 %, до рецептури якого додають какао-порошок і цукор, та ін.

Рецептури і жирнокислотний склад жирових основ найбільш поширених м'яких маргаринів наведено в табл. 5.5 і 5.6.

Таблиця 5.5 – Рецептури м'яких маргаринів

| Компоненти                  | М'які маргарини |             |                        |                 |                 |
|-----------------------------|-----------------|-------------|------------------------|-----------------|-----------------|
|                             | Сонечко         | Столичний   | Масло “До<br>сніданку” | Здоров’я        | Десертний       |
| Гідровані жири              | 46,00-<br>36,00 | 33,00-26,00 | 15,00-12,00            | -               | 39,00-<br>33,00 |
| Переестерифікован<br>і жири | -               | -           | -                      | 79,55-<br>78,87 | -               |
| Масло вершкове              | -               | -           | 40,0                   | -               | -               |

Продовження табл.5.5

| 1  | 2         | 3           | 4           | 5         | 6           |
|--|-----------|-------------|-------------|-----------|-------------|
| Емульгатор МГД + МГМ (1:1)               | 0,2-0,4   | 0,8-0,6     | 0,3-0,5     | 0,05-0,1  | 0,6-0,8     |
| Фосфатидний концентрат                   | 0,1       | 0,2         | -           | 0,4       | -           |
| Барвник                                  | 0,2-0,3   | 0,3-0,4     | 0,2-0,3     | 0,1-0,2   | -           |
| Сіль                                     | 0,3-0,5   | 0,3-0,7     | 0,3-0,4     | 0,15-0,2  | 0,2         |
| Молоко коров'яче                         | 10,0-12,0 | -           | -           | 14,0-15,0 | -           |
| Вода                                     | 7,75-5,60 | 39,44-39,03 | 16,43-16,32 | 3,89-2,81 | 26,95-24,43 |
| Цитринова кислота                        | 0,02-0,03 | 0,01-0,02   | 0,02-0,03   | 0,01-0,02 | 0,02-0,03   |
| Цукор-пісок                              | -         | -           | -           | 0,15-0,2  | 10,0-12,0   |
| Какао-порошок                            | -         | -           | -           | -         | 2,5         |
| Ванілін                                  | -         | -           | -           | -         | 0,01-0,02   |
| Концентрат сироватко-білковий            | -         | -           | -           | -         | 0,5-1,0     |
| Усього жирів, у тому числі жир молока, % | 82,25     | 60,25       | 72,25       | 82,25     | 60,25       |

Примітка. За іншими даними до складу маргаринів “Сонечко”, “Столичний” вводять до 10 % кокосового масла, а також вітаміни А та Е у певних дозах.

Таблиця 5.6 – Жирнокислотний склад жирових основ м'яких маргаринів

| Назва Маргарину | Вміст жирних кислот, % до жирової основи |                  |                 |                        |                |
|-----------------|--|------------------|-----------------|------------------------|----------------|
|                 | Насичених                                | Моно-ненасичених | Поліненасичених |                        |                |
|                 |  |                  | Усього          | У тому числі лінолевої | Транс-ізомерів |
| Столичний       | 19-26                                    | 46-34            | 35-40           | 34-38                  | 25-28          |
| Сонечко         | 23-29                                    | 38-29            | 39-42           | 38-41                  | 20-28          |

Продовження табл.5.6

| 1         | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Здоров'я  | 28-29 | 25-22 | 47-49 | 47-49 | 6     |
| Десертний | 19-20 | 46-44 | 35-36 | 35-36 | 23-26 |

М'які маргарини відрізняються збалансованим жирнокислотним складом: щодо співвідношення насичених і мононенасичених кислот, наявності незамінної лінолевої кислоти (38-41 %) і *транс*-ізомеризованих кислот (для масових сортів м'яких маргаринів 23-28 %, для дієтичних – не більше 6 %). Склад цієї продукції є оптимальним з точки зору фізіологічних потреб за кількістю фосфоліпідів (0,2-0,35 % жирової основи), які інтенсифікують ліпідний обмін, і таким чином суттєво обмежують накопичення жирів в організмі.

До рецептури спреду масла “До сніданку” входить до 33 % соняшникової олії, 40 % вершкового масла та 12-15 % структуроутворюючого твердого жиру. Сполучення молочного і рослинного жиру підвищує фізіологічну цінність продукту, в якому поряд з незамінною лінолевою кислотою є потрібна кількість насичених жирних кислот, у тому числі середньо-молекулярних. Порівняно з вершковим маслом спред є більш легкоплавким, має поліпшені пластичні властивості, особливо за температури домашнього холодильника, вміст *транс*-ізомеризованих кислот у ньому відповідає вимогам до дієтичного продукту (8-9 %).

М'які маргарини високо оцінені споживачами та органами охорони здоров'я як продукти, що належить включати до раціону харчування всіх вікових груп населення. Однак в Україні сьогодні їх виробництво становить усього близько 3 % від загального обсягу випуску маргарину і тому воно має значно зрости. Водночас передбачається суттєве розширення асортименту продукції, поліпшення її органолептичних і структурно-реологічних властивостей, харчових якостей.

Один з продуктів, який належить до групи м'яких маргаринів, – це так звана “низькокалорійна паста” (жирність 39-41 %). Виробництво її в країнах Європи становить від 1 до 13 % (Голландія) загального випуску маргарину. В Англії, Швеції та Франції основною модифікацією низькокалорійної пасти є продукт на основі вершкового масла, а також суміші соєвої олії та вершкового масла.



Як емульгатори для низькокалорійних паст у більшості випадків використовують дистильовані моногліцериди та соевий лецитин.

На сьогодні випускають в основному безмолочні пасти. Але існує досвід виробництва низькокалорійних паст з додаванням у водну фазу молочних білків, що поліпшують смак та аромат продукту, підвищують його біологічну цінність. Проте у водно-жирових емульсіях білкові наповнювачі не виявляють стабілізуючих властивостей. У цьому випадку як стабілізатори-загущувачі використовують гідроколоїди: альгінати, желатин, пектин, агар-агар та ін.

У поєднанні з молочними білками і стабілізаторами жирнокислотні радикали молекул моногліцеридів взаємодіють з молекулами складових частин білка і стабілізатора, утворюючи комплекси, які заважають клейстеризації крохмалю при пастеризації маргаринової емульсії, сприяють тонкому і рівномірному розподілу інгредієнтів у системі, підвищують здатність готового продукту утримувати вологу і запобігають витіканню з нього рідкої рослинної олії.

При виробництві низькокалорійних паст з додаванням білка слід обов'язково використовувати консервуючі засоби.

Типові рецептури низькокалорійних паст наведено у табл. 5.7.

До складу низькокалорійних паст вводять також ароматизатор у кількості, яка залежить від бажаного відтінку смаку й аромату пасти.

Значення показника  $pH$  водної фази становить від 4,5 до 6,7 за різними варіантами рецептур.

Таблиця 5.7 – Типові рецептури низькокалорійних паст

| Компоненти   | Вміст компонентів, %, за варіантами рецептур |     |     |     |     |
|--|--|-----|-----|-----|-----|
|  | 1  | 2   | 3   | 4   | 5   |
| Жирова фаза:   |  |     |     |     |     |
| Емульгатор –дистильовані моногліцериди з йодним числом – 55г I <sub>2</sub> /100 г | -  | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| 80-100г I <sub>2</sub> /100 г  | 0,6  | -   | -   | -   | -   |

Продовження табл.5.7

| 1  | 2       | 3             | 4    | 5       | 6         |
|--|---------|---------------|------|---------|-----------|
| Суміш жирів, в т.ч.  | 39,1    | 39,1          | 39,1 | 39,4    | 39,2      |
| Саломас пальмовий або сойовий ( $t_{пл} = 41 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) | 9,8     | 9,8           | 3,9  | -       | -         |
| Саломас соняшниковий ( $t_{пл}=35 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )            | -       | -             | -    | 15,6    | -         |
| Олія сойова  | 29,3    | 29,3          | 19,6 | -       | 15,7      |
| Масло вершкове   | -       | -             | -    | 39,4    | 23,5      |
| Водна фаза   |         |               |      |         |           |
| Вода   | 58-60   | 54,5-<br>56,5 | 51,8 | 52,4    | 51,5-52,5 |
| Желатин  | -       | 1,5-2,5       | -    | 0,0-2,0 | -         |
| Сіль   | 0,0-2,0 | 1,0-1,5       | 1,2  | 0,6     | 0,5-1,5   |
| Казеїнат натрію  | -       | -             | 7,0  | 5,0-7,0 | -         |
| Сироватковий білок   | -       | 1,0-1,5       | -    | -       | -         |
| Казеїн   | -       | -             | -    | -       | 7,0       |

Низькокалорійна паста, так само як і маргарин, є емульсією типу “вода в жирі”. Технологія її виробництва має ряд особливостей, зумовлених складністю одержання стабільних емульсій типу “вода в жирі” за низького вмісту дисперсійного середовища (жирової фази), особливо в присутності молочного білка.

До головних факторів, які визначають стабільність емульсії, належать властивості вжитих поверхнево-активних речовин і механічні умови утворення емульсії. Тому для виготовлення низькокалорійних паст застосовують тільки моногліцериди з високим вмістом ненасичених жирних кислот, а також спеціальне обладнання, що забезпечує одержання стійкої та однорідної емульсії. Емульгування здійснюється в баку з мішалкою для інтенсивного перемішування, конструкція якої виключає попадання повітря. Для забезпечення постійної циркуляції емульсії при надходженні її до переохолоджувача використовують циркуляційний насос великої продуктивності.

Збільшення кількості введеного емульгатора та зниження температури робить емульсію більш стабільною, але може викликати зростання в'язкості системи і, відповідно, погіршення органолептичних показників продукту. Як правило, при виробництві низькокалорійних паст зростання в'язкості емульсії спричиняє необхідність зниження продуктивності переохолоджувача до 50 % від номінальної.

## 6. СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИРОБНИЦТВА М'ЯКИХ МАРГАРИНІВ

В основу технології безперервного поточного виробництва м'яких маргаринів покладено метод переохолодження жиро-водної емульсії з наступною її обробкою в декристалізаторах і фільтрах-структураторах.

Технологічна схема виробництва м'якого маргарину включає такі основні стадії: емульгування, теплова обробка, охолодження, пластифікація, кристалізація, пакування готового продукту.

Для одержання дрібнодисперсної емульсії м'яких маргаринів, у тому числі і низькокалорійних, для змішування компонентів застосовують високошвидкісні мішалки з частотою обертання  $11,7-21,7 \text{ с}^{-1}$ , насоси-емульсатори, а також гомогенізатори, які забезпечують обробку емульсій під тиском  $0,2-1,0 \text{ МПа}$ .

Після попереднього емульгування маргаринову емульсію передають на переохолодження, де холод витрачається на зниження її температури і компенсацію прихованої теплоти кристалізації, а потім емульсія надходить на подальше диспергування в агрегаті механічної обробки (декристалізаторі).

Для одержання пластичного маргарину необхідно забезпечити максимальне відведення тепла на кінцевій стадії – в останньому циліндрі переохолоджувача. Зниження температури на цій стадії повинно становити не менше 20 % від загального температурного градієнта.

Найбільшого поширення за останні 25 років набули витискувальні переохолоджувачі – апарати типу «Вотатор» безперервної дії. Він складається з таких основних вузлів: пристрій для охолодження емульсії, який включає комплект охолоджуючих циліндрів і камеру для випаровування аміаку, пристрій для пластифікації і кристалізації, а також систему подачі і відведення маргаринової емульсії та холодильного агента.

Аналогічні апарати фірм «Girdler» (США), «Camtack» (Англія), «Agger» (Данія), «Schröder» (Германія), «Alfa Laval» (Швеція) мають від одного до шести циліндрів, а їх продуктивність коливається від 0,2 до 6 т/год.

Технологічний процес виробництва м'яких маргаринів на безперервній лінії фірми «Camtack» продуктивністю 4-5 т/год складається з наступних операцій: темперування дезодорованих жирів; підготовка барвника, емульгатора та жирових

додатків; підготовка води, солі, водних додатків; дозування за масою рецептурних компонентів; змішування та темперування рецептурного набору; емульгування водної і жирової фаз; охолодження емульсії; пластифікація в декристалізаторі та у фільтрах-структураторах; кристалізація; фасування у полімерні стаканчики; складання стаканчиків у картонні коробки та обандеролювання [3].

На рис.6.1 наведено технологічну схему виробництва м'яких маргаринів на лінії фірми «Camtack».

Підготовлені жирові компоненти – темперовані саломас та рослинні олії – з ємкостей 11, розчин емульгатора з ємкості 4 і барвник з бака 5 насосами 3 передають до приймального бака автоматичних вагів. Водорозчинні компоненти – молоко, розчини цукру і солі – з ємкості 1 і воду з ємкості 2 подають у бачок 9 системи автоматичного дозування. Інші жиро- і водорозчинні добавки з ємкостей 6 і 7 передають насосами-дозаторами 10 у приймальні бачки вагів.

Зважені компоненти жирової і водно-молочної фаз насосами 3 передають до змішувача 24, де протягом 5-10 хв відбувається їх змішування. Для підвищення ступеня дисперсності емульсію піддають рециркуляції в системі протягом 5-10 хв за допомогою відцентрового насоса-емульсатора 25. Зі змішувача 24 маргаринова емульсія подається через подвійний фільтр 23 у пастеризатор 20, у якому вона автоматично нагрівається гарячою водою до 85-90 °С, а далі охолоджується холодною водою до 40-45 °С. Пастеризована маргаринова емульсія насосом високого тиску 19 спрямовується до чотирициліндрового витискувального охолоджувача 17.

Для того щоб під час охолодження запобігти утворенню великих кристалів, переохолоджена маргаринова емульсія зазнає пластифікації шляхом додаткової механічної обробки у двоциліндровому декристалізаторі 18. У початковий період роботи, доки ще не встановився стабільний режим, маргаринова емульсія після декристалізатора спрямовується у систему 21-22 вторинної обробки, з якої насосом 3 повертається до змішувача 24.



Після стабілізації режиму емульгування та охолодження маргарин надходить до розподільного пристрою 16, де поділяється на два паралельних потоки, а далі через фільтри-структуратори 15 надходить у кристалізатори 14. З них напівзастиглий, але все ще рухливий маргарин подається до фасувальних автоматів 13, куди одночасно подаються стаканчики та кришки. Надлишок маргарину відводиться до системи 21-22 вторинної обробки, звідки розплавлена емульсія передається до змішувача 24.

Стаканчики з полівінілхлориду місткістю 250 г наповнюються маргарином, щільно закриваються кришками і конвейєром спрямовуються до пакувального автомата 12. Автомат знімає стаканчики з маргарином з конвеєра, складає їх по 36 штук у картонні коробки, які після обандеролювання передаються до складу готової продукції.

Технологічний процес виробництва м'яких маргаринів на лінії фірми «Schröder» продуктивністю до 5 т/год здійснюється безперервним способом і включає такі операції: зберігання та темперування рафінованих дезодорованих жирів; підготовка водно-молочних (вода, сіль, молоко тощо) і жирових (емульгатор, барвник тощо) компонентів; дозування компонентів і приготування маргаринової емульсії; пастеризація однорідної маргаринової емульсії; переохолодження, пластифікація, кристалізація; фасування та пакування готової продукції [3].

Технологічну схему виробництва м'якого маргарину на лінії фірми «Schroder» наведено на рис.6.2.

Жирові і водно-молочні компоненти м'яких маргаринів дозуються за допомогою мікропроцесорної техніки за спеціальною програмою в автоматичному режимі. Рафіновані дезодоровані жири та олії, розчин барвника з підготовчого відділення і масляний розчин емульгаторів з ємкості 6 через фільтр 4 насосом 5 подаються до ємкості 1 автоматичних вагів для жирових компонентів. Молоко пастеризоване, розчини цитринової кислоти і цукру, вода після відповідної підготовки та насичений розчин солі концентрацією 24-26 % з ємкості 3 через фільтр 4 насосом 5 подається до ємкості 2 на вагах для зважування водно-молочної фази. Усі компоненти жирової та водно-молочної фаз зважуються у кількості, передбаченій рецептурою, і насосом 5 послідовно спрямовуються до змішувача 7.





При цьому перший компонент водно-молочної фази подається до змішувача тільки після того, як туди надійшли один або два жирових компоненти і розчин емульгатора. Подача до змішувача всіх компонентів жирової і водно-молочної фаз повинна закінчуватись одночасно або так, щоб останньою зливалась одна з водних складових. Після завершення зважування до змішувача вручну вводять жирові та водні добавки (ароматизатори, вітаміни тощо). Усі компоненти мішалкою старанно перемішують у змішувачі 7 за температури 39-43 °С.

Підготовлена емульсія зі змішувача 7 насосом-емульсатором 5 перекачується у видатковий змішувач 8, з якого однорідна емульсія потрапляє у трициліндровий насос високого тиску 9 і під тиском 1,0-5,0 МПа подається до пастеризатора 10, де пастеризується за температури 80-85 °С і далі охолоджується в ньому до 39-43 °С. Температура нагрівання підтримується автоматичним пристроєм регулювання. Доки не стабілізується режим роботи пастеризатора, емульсія надходить у зворотній бак 12, звідки насосом 5 подається до змішувача 8.

З пастеризатора маргаринова емульсія потрапляє до комбінатора 11 – пристрій, що складається з трьох охолоджуючих циліндрів та одного циліндра для додаткової механічної обробки, – де охолоджується до температури 10-13 °С внаслідок випаровування рідкого аміаку за температури 10-20 °С. У циліндрі для додаткової обробки в процесі інтенсивного перемішування здійснюється перекристалізація маргарину з виділенням прихованої теплоти кристалізації і відповідним підвищенням температури на 2-3 °С. Далі маргарин через кристалізатори 15 потрапляє на фасувальні автомати 14, де наливається у стаканчики з полівінілхлориду місткістю 250 г. Стаканчики і кришки подаються на фасувальні автомати вручну.

Наповнені і закриті кришкою стаканчики транспортуються конвеєром до пакувальних автоматів 13, які виконують формувальню-пакувальню та обандеролювальню операції.

Надлишок продукту, який не потрапив до фасувальних машин, відводиться через буферний пристрій до зворотнього бака 12, там розплавляється до температури не нижче 40 °С і насосом 5 передається до видаткового змішувача 7.

Для підтримки необхідного температурного режиму у трубопроводах та апаратах лінії вода температурою 25-30 °С з підігрівачів 2 подається в оболонку кристалізатора і циліндр додаткової механічної обробки комбінатора. Ножові вали охолоджуючих циліндрів комбінатора підігріваються водою з температурою 40-50 °С, що запобігає утворенню застиглому продукту на валах у місцях кріплення ножів. Водою температурою 60 °С зігрівають трубопроводи подачі розчину емульгаторів, усі зворотні трубопроводи, оболонки бака вагів жирової фази.

Технологічний процес виробництва м'яких маргаринів на лінії фірми "Alfa Laval" продуктивністю до 5 т/год здійснюється безперервним способом і складається з таких стадій (рис.6.3): підготовка компонентів водно-молочної і жирової фаз; автоматичне дозування фаз та їхнє змішування; емульгування фаз; пастеризація маргаринової емульсії; переохолодження і декристалізація маргарину; фасування і пакування готової продукції [3].

Підготовлені жирові та водно-молочні компоненти залежно від вибраної рецептури подаються у баки 3 і 13 з тензометричними датчиками, які входять до системи автоматичного дозування початкових компонентів. Система автоматичного дозування може зберігати до 30 рецептур.

З підготовчого відділення компоненти подаються насосом через ізольовані камери 1 і 15, у яких підтримується необхідна температура. До початку дозування у бачках 2 і 14 розчиняються жиророзчинні та водні добавки відповідно в рослинній олії та воді. Після зливання добавок у баки 3 і 13 у бачок 2 потрапляє рослинна олія, а в бачок 14 – вода для обмивання; олія та вода потім також зливаються у бак 3 і 13.

Водно-молочні компоненти з бака 13 насосом 4 перекачуються до бака 3, де вони змішуються, і потім одержана груба маргаринова емульсія переміщується у змішувач 5. У баку 3 та змішувачі 5 підтримується температура 39-43 °С.

Зі змішувача 5 насосом 4 груба емульсія передається до п'ятисекційної установки 6 безперервної пастеризації, де в секції нагрівання початкова емульсія, змішана зі зворотньою, підігрівається гарячою водою до 50 °С. У секції регенерації внаслідок теплообміну з пастеризованим продуктом температурою 80-85 °С емульсія, що пастеризується, нагрівається до 72-75 °С. У другій секції регенерації



температура пастеризованої емульсії знижується до 60 °С. В останній секції маргаринова емульсія охолоджується холодною водою до 39-43 °С і насосом високого тиску 7 подається у трубчастий охолоджувач 8, де емульсія охолоджується до 10-15 °С (у першій секції аміаком за температури випаровування – 15-20 °С, у другій – за температури 2-10 °С). Вали охолоджуючих циліндрів обігриваються водою температурою 40-50 °С.

Переохолоджена емульсія спрямовується до машини 9 зі штифтовим ротором для механічної обробки, звідки готовий маргарин через розподільник 10 потрапляє до фасувальних автоматів 11, де фасується у стаканчики з полівінілхлориду місткістю 250 г. Надлишок продукту через буферний пристрій повертається до пластинчатого пастеризатора. Заповнені стаканчики транспортуються до машин 12 для пакування в картонні коробки.

Для плавлення вершкового масла призначено маслотопний барабан 17, стіл 18 для підготовки масла, насос 4 для перекачування розплавленого масла та бак 16 для зберігання масла.

Основні технологічні параметри виробництва м'яких маргаринів на названих вище установках наведені в табл.6.1.

Таблиця 6.1 – Основні технологічні параметри виробництва м'яких маргаринів на різних установках

| Параметр                                | Назва установки |            |              |
|---|-----------------|------------|--------------|
|   | “Camtack”       | “Schröder” | “Alfa-Laval” |
| 1                                       | 2               | 3          | 4            |
| Температура, °С рецептурних компонентів |                 |            |              |
| рослинних олій                          | 25-40           | 25-40      | 25-40        |
| твердих жирів                           | 35-55           | 35-55      | 35-55        |
| вершкового масла                        | 40-45           | 40-50      | 45-65        |
| Молока                                  | 23-25           | 23-25      | 23-25        |
| розчину емульгаторів                    | 60-70           | 60-70      | 60-70        |
| Води                                    | 15-40           | 15-40      | 15-40        |
| Розчин солі                             | 15-20           | 15-20      | 15-20        |

| Продовження табл.6.1  |           |           |           |  |
|---|-----------|-----------|-----------|--|
| 1   | 2         | 3         | 4         |  |
| зворотнього продукту  | 40-50     | 39-45     | 39-45     |  |
| Температура маргаринової емульсії, °С:                              |           |           |           |  |
| у змішувачі   | 39-43     | 39-43     | 39-43     |  |
| у пастеризаторі:  |           |           |           |  |
| Секція нагріву  | -         | -         | 50        |  |
| Секція регенерації  | 72-75     | -         | 72-75     |  |
| Секція пастеризації   | 85-90     | 80-85     | 80-85     |  |
| Секція охолодження  | 39-43     | 39-43     | 39-43     |  |
| у переохолоджувачі по циліндрах:                                    |           |           |           |  |
| t <sub>1</sub>  | 39-43     | 39-43     | 39-43     |  |
| t <sub>2</sub>  | 26-30     | -         | 26-30     |  |
| t <sub>3</sub>  | 14-18     | -         | 14-18     |  |
| t <sub>4</sub>  | 10-13     | 10-15     | 10-15     |  |
| Температура випаровування аміаку, °С, по циліндрах переохолоджувача |           |           |           |  |
| t' <sub>1</sub>   | - (1-3)   | (10-20)   | - (15-20) |  |
| t' <sub>2</sub>   | - (3-6)   | -(10-20)  | - (2-10)  |  |
| t' <sub>3</sub>   | - (6-10)  | -(10-20)  | -         |  |
| t' <sub>4</sub>   | - (10-15) | -(10-20)  | -         |  |
| Тривалість, хв.   |           |           |           |  |
| Емульгування  | 5-10      | 10-15     | -         |  |
| Рециркуляції  | 6-10      | 10-15     | -         |  |
| Швидкість обертання, с <sup>-1</sup> :                              |           |           |           |  |
| мішалки у змішувачах  | 0,93      | 0,16-1,02 | 3,4       |  |
| валів декристалізатора  | 1-5       | 1,5-1,83  | 0,58-3,5  |  |
| Тиск продукту, МПа:   |           |           |           |  |
| у насосі високого тиску   | 1,0-4,0   | ≤ 5,0     | ≤ 5,0     |  |
| у переохолоджувачі  | ≤ 3,5     | 3,0 - 3,5 | ≤ 4,0     |  |

## 7. ПІДГОТОВКА РЕЦЕПТУРНИХ КОМПОНЕНТІВ

Якість м'яких маргаринів визначається не тільки суворим дотриманням послідовності технологічних операцій і технологічних параметрів роботи лінії, але, значною мірою, залежить від підготовки рецептурних компонентів. Так, молоко коров'яче незбиране пастеризують за температури  $(120 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , далі охолоджують до  $23-25 ^\circ\text{C}$  і подають безпосередньо у виробництво – в ємкість для зважування водно-молочної фази. При необхідності зберігання пастеризоване молоко охолоджують до  $4-6 ^\circ\text{C}$ , а перед використанням його підігривають до  $23-25 ^\circ\text{C}$ .

Цитринова кислота використовується у вигляді 1-10%-ного водного розчину, який мірником подається безпосередньо у змішувач.

Вода у виробництві м'яких маргаринів може використовуватися сирого, пастеризованою або пом'якшеною. Сира вода повинна мати бездоганний смак, запах, колір, загальну жорсткість до 2 мг-екв/л і потрібну бактеріальну чистоту. Воду пастеризують, коли в ній міститься підвищена кількість хлору (більше 0,3 мг/л) та жорсткість її досягає 2-4 мг-екв/л чи коли вода мікробіологічно забруднена. За загальної жорсткості води вище 4 мг-екв/л або високому *pH* (лужне середовище) необхідно здійснювати пом'якшення води.

Підготовлена вода з температурою  $15-40 ^\circ\text{C}$  дозується у ємкість для зважування водно-молочної фази. При виробництві низькожирних маргаринів рекомендовано використовувати воду з температурою  $35-40 ^\circ\text{C}$ .

Сіль застосовують у виробництві м'яких маргаринів у вигляді насиченого соляного розчину густиною  $1,17-1,20 \text{ г/см}^3$ , що відповідає концентрації розчину 24-26 %. Соляний розчин готують у спеціальному трисекційному солерозчиннику, фільтрують і передають у виробництво.

Консерванти використовують для стабілізації низькожирних 60%-них маргаринів, при введенні молока (особливо у літній період) і при підвищених температурах зберігання.

Рафіновані дезодоровані жири та олії в натуральному і гідрованому вигляді зберігають у баках жиросховища окремо. Температура зберігання твердих жирів і масел повинна бути на  $5-10 ^\circ\text{C}$  вище їхньої температури плавлення, рідких олій – у межах  $25-35 ^\circ\text{C}$ .

Моногліцериди дистильовані розчиняють у дезодорованій рослинній олії у співвідношенні 1:10 за температури 80-85 °С, моногліцериди м'які – у дезодорованій рослинній олії у співвідношенні 1:10 за температури 55-60 °С. У розчини додають фосфатидний концентрат у кількості, передбаченій рецептурою. Підготовлені масляні розчини емульгаторів у співвідношенні 1:1 подають до ємкості жирової фази.

Барвник (каротин, аннато) використовують у вигляді розчину в дезодорованій рослинній олії у співвідношенні 1:5 або у вигляді готового масляного розчину, який також дозують у ємкість жирової фази.

Ароматизатори надходять у вигляді масляних або водних розчинів, які вводять у змішувач вручну. Робочі розчини ароматизаторів заданої концентрації готують у лабораторії на одну зміну. Масляні розчини вітамінів А та Е (у дезодорованій рослинній олії 1:10) так само вводять до змішувача вручну.

Вершкове масло звільняють від пергаменту, ставлять на плавитель, який розміщують над коритом. У трубках плавителя циркулює гаряча вода з температурою 65-70 °С. Розплавлення вершкового масла здійснюють при перемішуванні методом рециркуляції. Розтоплене масло з температурою 40-45 °С передають до ємкості жирової фази.

## 8. ОСНОВНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА М'ЯКИХ МАРГАРИНІВ

Будова машин та апаратів ліній з виробництва м'яких маргаринів визначається вимогами технології. Схожість технологічних операцій названих вище поточних ліній дозволяє охарактеризувати основне обладнання на прикладі однієї установки.

Так, до комплекту безперервної лінії фірми “Schröder” входить наступне технологічне та допоміжне обладнання: автоматичні ваги з мікропроцесорним управлінням, баки для соляного розчину та емульгатора, змішувачі, насос-емульсатор та насос високого тиску, пастеризатор, комбінатор, кристалізатор, фасувальна та пакувальна машини, зворотній бак, насоси, підготувачі гарячої води, локальна установка для створення вакууму та стисненого повітря, щити шкафного типу, на яких розташовано прилади автоматичного контролю та управління процесом, а також світове табло.

*Автоматичні ваги* укомплектовані баками для зважування водно-молочної та жирової фаз, виготовленими з нержавіючої сталі. Кожна ємкість розміщується на трьох вагових датчиках.

Бак для зважування водно-молочної фази – ємкість циліндричної форми з відкидною половиною – верхній частині обладнаний чотирма пневматичними клапанами для подачі водних компонентів. Місткість бака – 1000 л.

Бак для зважування жирової фази має аналогічну конструкцію і пароводяну оболонку. Для дозування жирових компонентів служать шість пневматичних клапанів. Місткість бака – 1000л.

Ваги працюють в автоматичному і ручному режимах.

Бак для соляного розчину – це ємкість вертикального типу, яка має циліндричну форму, конічне дно та роз'ємну кришку. Бак обладнаний пропелерною мішалкою (потужність електродвигуна – 1,1 кВт) і датчиками верхнього та нижнього рівнів. Місткість бака – 500 л.

Бак для розчину емульгатора являє собою ємкість циліндричної форми з роз'ємною кришкою і пароводяною оболонкою. Він обладнаний мішалкою пропелерного типу з частотою обертання  $1 \text{ с}^{-1}$  (потужність електродвигуна – 0,37 кВт), патрубками для термометра, введення та виведення розчину емульгатора, датчиками верхнього і нижнього рівнів.



У технологічній схемі лінії з виробництва маргарину фірми “Shroder” передбачено два змішувачі для одержання грубої емульсії і забезпечення безперервної стабільної роботи лінії.

**Змішувач** (рис. 8.1) – це ємкість вертикального типу, яка має циліндричну форму і виготовлена з нержавіючої сталі. Змішувач призначено для одержання грубої емульсії маргарину.

Дно змішувача 11 має нахил до вихідного патрубку 12. Корпус складається з внутрішньої 7 та зовнішньої 8 поверхонь, які утворюють теплообмінну оболонку. Встановлюється змішувач на чотирьох опорних стойках 10.

Змішувач обладнано мішал-кою 6 спеціальної конструкції (анкерного типу), яка сполучена через муфту з валом редуктора 2, що разом з електродвигуном 1 розміщено над кришкою 3. Частота обертання мішалки становить  $0,17-1 \text{ с}^{-1}$  і визначається за допомогою регулятора. Для інтенсивного перемішування на внутрішній поверхні змішувача містяться тіла опору 13.

Необхідна температура нагрівання емульсії підтримується у заданих межах пароводяною сумішшю, яка подається в

Рис. 8.1 – Змішувач

оболонку через насадку-ежектор 9 і контролюється манометричним термометром. Надлишок води зливається з оболонки через штуцер 14. Компоненти подаються до змішувача через верхній патрубок 5, готова емульсія відводиться через нижній патрубок 12. На кришці змонтовано патрубок для очищення 4. Змішувач обладнано переливним патрубком, датчиками верхнього і нижнього рівнів.

Заповнення початкового змішувача і передача емульсії до видаткового змішувача здійснюється автоматично з пульту управління.

Технічна характеристика змішувача

Місткість, л

3000

Електродвигун

|                                    |       |
|------------------------------------|-------|
| потужність, кВт                    | 7,5   |
| частота обертання, с <sup>-1</sup> | 2,83  |
| Витрата води, м <sup>3</sup> /год  | 0,5-1 |
| Витрата пари, кг/год               | 50    |
| Тиск пари, МПа                     | 0,1   |
| Габарити, мм                       |       |
| діаметр                            | 1826  |
| висота                             | 1790  |
| Маса, кг                           | 1100  |

**Насос-емульсатор відцентровий несамоусмоктувальний** призначено для виконання двох функцій: емульгування жирової і водної фаз та перекачування емульсії. Розміщується біля початкового змішувача. Час проходження емульсії через насос залежить від вимог, які висувають до емульсії, та різновиду готової продукції.

#### Технічна характеристика насосу-емульсатора

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| Продуктивність, л/год             | 30000 |
| Висота подачі, м.вод.ст.          | 30    |
| Електродвигун,<br>потужність, кВт | 5,5   |

**Насос високого тиску трициліндровий** (рис. 8.2) призначено для

подачі емульсії зі змішувача до пастеризатора і комбінатора та створення тиску, необхідного для нормальної роботи лінії.

За конструкцією цей насос є відцентровим насосом поршневого типу зі зворотньо-поступальним ходом поршнів, він обладнаний клапанним блоком 5 з трьома циліндрами, варіатором 3 і редуктором 1. -

Рис. 8.2 Трициліндровий насос високого тиску

Усі деталі, які контактують з маргариноюю емульсією, виповнено з нержавіючої сталі.

Картер повністю герметичний. Привід насосу здійснюється від електродвигуна 2 через редуктор 1 і варіатор 3, який дозволяє регулювати частоту обертання колінчатого вала насосу у межах  $1,8-7,5 \text{ c}^{-1}$ . Щоб запобігти недовантаженню фасувальної машини, продуктивність насосу під час експлуатації повинна дещо перевищувати продуктивність фасувальної машини. На усмоктувальній частині насосу розміщено трубчастий фільтр 6. Для запобігання перевантаженню насосу у нагнітальному трубопроводі вмонтовано запобіжний клапан 4 на 6,0 МПа. Тиск контролюється манометром 7. Потужність електродвигуна становить 15 кВт.

*Пастеризатор* (рис. 8.3) призначено для нагрівання емульсії до  $80 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (пастеризації) та охолодження її до  $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Маргарина емульсія у пастеризаторі нагрівається з  $40$  до  $85 \text{ }^{\circ}\text{C}$  у два етапи: з  $40$  до  $60-65 \text{ }^{\circ}\text{C}$  – у дво- стінному змійовиковому пакеті; з  $60-65 \text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $85 \text{ }^{\circ}\text{C}$  – у нагрівальному циліндрі. Охолоджується маргарина емульсія в пастеризаторі також у два етапи: з  $85$  до  $65-60 \text{ }^{\circ}\text{C}$  – у двостінному змійовиковому пакеті за рахунок теплообміну з початковою емульсією, з  $65-60$  до  $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$  у двостінному змійовиковому пакеті за допомогою холодної води.

Рис. 8.3. Пастеризатор

Пастеризатор складається з двох нагрівальних циліндрів 1 діаметром 250 мм і завдовжки 2035 мм кожний та двох змійовиків з подвійною стінкою. Циліндри обладнано паровою оболонкою та робочою камерою, всередині якої розміщено вал (колова швидкість –  $3 \text{ м/с}$ ) зі спеціальними ножами.

З одного боку вал спирається на внутрішній підшипник, а з другого – на вузол підшипника в редукторі. З боку приводу вал має ущільнення, яке запобігає витіканню продукту. Кожний вал приводиться у рух електродвигуном 7.

Двостінний змієвик, призначений для охолодження емульсії водою, розташовано над нагрівальним циліндром на підшипниках у подвійній кільцевій ємкості. Продукт, що знаходиться у міжтрубному просторі, охолоджується з одного боку водою, яка циркулює у внутрішньому змієвику, з другого (шляхом зрошення) – охолоджуючою водою зовнішньої поверхні змієвика.

Використана вода відводиться: зі змієвика через патрубок 5, а зрошуюча з кільцевої ємкості патрубком 9.

З метою раціонального використання тепла у внутрішній частині подвійної кільцевої ємкості змонтовано другий двостінний змієвик, у якому нагрівається (пастеризується) продукт за рахунок теплообміну з пастеризованою емульсією. Усі деталі, які контактують з маргариновою емульсією виконано з нержавіючої сталі. Вхід та вихід продукту здійснюється через патрубки 2 і 6.

Парову систему обладнано манометрами 3, конденсаційним горщиком для виведення конденсату 8 і запобіжним клапаном 4 на випадок виникнення перевантаження.

#### Технічна характеристика пастеризатора

|  |                    |
|--|--------------------|
| Продуктивність, кг/год                         | 5000               |
| Витрата насиченої пари $P=0,5$ МПа, кг/год     | 250                |
| Витрата охолоджуючої води                      |                    |
| $t = 12^{\circ}\text{C}$ , м <sup>3</sup> /год | 7                  |
| Температура, $^{\circ}\text{C}$                |                    |
| нагрівання:                                    |                    |
| I етап   | від 39-43 до 60-65 |
| II етап  | від 60-65 до 80-85 |
| охолодження:                                   |                    |
| I етап   | від 80-85 до 60-65 |
| II етап  | від 60-65 до 39-43 |
| Електродвигуни:                                |                    |
| потужність, кВт                                | 7,5                |
| частота обертання, с <sup>-1</sup>             | 2,95               |

**Комбінатор** (рис. 8.4) призначено для переохолодження і механічної обробки (пластифікації) маргаринової емульсії.

Комбінатор складається з трьох послідовно сполучених охолоджуючих циліндрів 2 та одного циліндра 3 для додаткової механічної обробки, кожний діаметром 250 мм і завдовжки 2035 мм.

Усі чотири циліндри змонтовано у міцній сталевій конструкції 1 і закрито кожухом. Комбінатор улаштовано на спеціальних регулюючих опорах. Він обладнаний аміачною системою охолодження 5 та контролюючими термометрами 4.

Рис. 8.4 Комбінатор

Кожний охолоджуючий циліндр (рис. 8.5) складається з камери випаровування аміаку 1, обмеженої внутрішнім циліндром 6, і робочої камери 2. Камеру випаровування аміаку, в яку надходить рідкий аміак по жолобу 3, ізолювано.

Всередині кожної робочої камери розміщено вал 5, на якому по довжині насаджено шість ножів-скребків 7. Ножі обертаються на опорних шпильках, закріплених на валу; це забезпечує щільне стикання ножів зі стінкою камери. Вал з одного боку спирається на внутрішній підшипник, а з другого – на вузол підшипника у редукторі; всередині обігривається циркуляційною водою температурою 40-50 °С, що запобігає прилипанню маргаринової емульсії до вала. З боку приводу вал має ущільнення, яке запобігає витіканню продукту. Кожний охолоджуючий вал приводиться у рух електродвигуном.

Комбінатор обладнано двома випаровувальними системами, працюючими незалежно одна від іншої; перша – для охолоджуючих циліндрів I і II, друга – для охолоджуючого циліндра III. До камери випаровування кожного охолоджуючого циліндра рідкий аміак подається за методом затоплення.

Для одержання заданої консистенції продукту охолоджена маргаринова емульсія далі пластифікується у циліндрі IV комбінатора. Циліндр має робочий вал зі штифтами, який рухається за допомогою електродвигуна. На внутрішній поверхні циліндра розташовано три ряди штифтів, відстань між якими становить 5 мм. Це забезпечує добре перемішування навіть за низької частоти обертання вала.

#### 8.5 Схема охолоджуючого циліндра комбінатора

Циліндр механічної обробки може обігріватися водою температурою 25-30 °С.

#### Технічна характеристика комбінатора

|  |         |
|--|---------|
| Продуктивність, кг/год   | 5 000   |
| Холодоагент  | Аміак   |
| Витрата холоду за температури випаровування аміаку $t = -10$ °С, кДж/год | 1047500 |
| Температура маргарину, °С  |         |
| на вході   | 39-43   |
| на виході  | 10-13   |
| Електродвигуни:  |         |
| I вал охолоджуючого циліндра:  |         |
| потужність, кВт  | 18,5    |
| частота обертання, $s^{-1}$  | 4,13    |
| II вал охолоджуючого циліндра:   |         |
| потужність, кВт  | 22      |
| частота обертання, $s^{-1}$  | 4,13    |
| III вал охолоджуючого циліндра:  |         |
| потужність, кВт  | 30      |
| частота обертання, $s^{-1}$  | 4,42    |
| IV вал охолоджуючого циліндра:   |         |

|                                    |          |
|------------------------------------|----------|
| потужність, кВт                    | 5,5      |
| частота обертання, с <sup>-1</sup> | 0,83-2,5 |
| Габарити, мм:                      |          |
| довжина                            | 4100     |
| ширина                             | 1710     |
| висота                             | 2150     |
| Маса, кг                           | 6300     |

**Кристалізатор** (рис. 8.6) призначено для остаточного формування кристалічної структури та одержання однорідної консистенції маргарину.

Це вертикальний апарат, який складається з вхідної секції 2 і чотирьох труб 4 з нержавіючої сталі, послідовно сполучених за допомогою фланців. Впускне сопло 1 конічної форми з'єднане з кристалізатором з боку надходження переохолодженої емульсії. Вихідний конічний патрубок 5 кристалізатора з'єднано з буферним

Рис. 8.6 Кристалізатор пристроєм і далі через сполучний пристрій – з фасувальною машиною. Кристалізатор має подвійну стінку і, якщо необхідно, може підігріватися.

Сферичне сито 3 розташоване у фланцях з боку входу або виходу труб кристалізатора і призначене для кращої пластифікації закристалізованого продукту, а також для запобігання потраплянню сторонніх домішок.

**Зворотній бак** (рис. 8.7) служить для прийому переохолодженої емульсії,

що утворюється в початковий період роботи лінії до встановлення нормального режиму, а також надлишку маргарину з буферного пристрою. Цей бак є циліндричною ємкістю з внутрішньою 7 та зовнішньою 8 поверхнями і похилим дном 5. Бак має кришку 9 і пароводяну оболонку, всередині нього встановлено мішалку 2 рамного типу.

Рис. 8.7 Зворотній бак

У зворотньому баку маргарин нагрівається

до утворення однорідної розплавленої емульсії, яка потім насосом передається у видатковий змішувач. Зворотній бак обладнаний патрубками 1 і 6 для входу і виходу продукту, а також насадкою-ежектором для введення пароводяної суміші в оболонку.

#### Технічна характеристика зворотнього бака

|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| Місткість, л                       | 1500 |
| Електродвигун:                     |      |
| потужність, кВт                    | 4    |
| частота обертання, с <sup>-1</sup> | 0,53 |
| Витрата пари, кг/год               | 30   |
| Витрата води, м <sup>3</sup> /год  | 0,5  |
| Тиск пари, МПа                     | 0,1  |
| Габарити, мм:                      |      |
| діаметр                            | 1434 |
| висота                             | 1180 |
| Маса, кг                           | 490  |

У деяких установках для виробництва м'яких маргаринів (наприклад, фірми "Samtask") усі чотири циліндри переохолоджувача мають однакову конструкцію і виконують одну і ту ж функцію. У цьому випадку додаткова механічна обробка здійснюється у спеціальному апараті – декристалізаторі.

*Декристалізатор* (рис. 8.8) призначено для пластичної обробки маргарину.

Рис. 8.8 Декристалізатор



Декристалізатор складається з двох або трьох горизонтальних циліндрів 2, які змонтовано на опорній рамі 6. Всередині циліндрів на валу 7 закріплено штифти (біли) 3, а на внутрішній поверхні – біли 8. Відстань між білами становить 4 мм. При обертанні вала маргарин інтенсивно перемішується, завдяки чому регулюється зростання розмірів кристалів у переохолодженій маргариновій емульсії та забезпечується однорідна, пластична консистенція маргарину. Продукт, що надходить через патрубок 4, послідовно проходить усі циліндри, які сполучаються патрубками 1. Частота обертання валів –  $1,73 \text{ с}^{-1}$ , є привід 5.

**Фасувальна машина фірми “Намба”** (Германія), схему якої подано на рис. 8.9, призначена для наповнення та укупорювання стаканчиків з м’яким маргарином місткістю 250 г. Продуктивність машини – 10-12 тис. стаканчиків за годину (2,5 – 3 т/год).

У лінії передбачено дві фасувальні машини. Кожна складається з пакувальної та приводної секцій.

Рис.8.9 Фасувальна машина фірми “Намба»

Головними вузлами приводної секції є: вузол завантаження стовпців стаканчиків та кришок 1; пристрій для подачі стаканчиків до дозатора 2; головний дозатор 3; вузол запечатування стаканчиків 5; друкарський механізм 6 (нанесення дати) і транспортні елементи.

Вузол завантаження стаканчиків 1 має самостійний пульт управління і працює в автоматичному режимі. Стаканчики спочатку вручну закладають до приймального пристрою. За сигналом фотодатчика стовпці стаканчиків подаються на

транспортний візок, який передає їх до фасувальної машини, і знову повертається у початкове положення. Далі стаканчики транспортуються від одного робочого вузла до іншого по ланцюгах, на яких змонтовано чарунки для стаканчиків. До вузла дозування одночасно прямує чотири стаканчики.

Дозатор 3 маргарину працює під тиском продукту, який надходить до фасувальної машини. Дозу маргарину регулюють ходом дозуючого поршня. Точність наповнення стаканчиків маргарином становить  $\pm 0,2$  г.

Кількість маргарину, що подається, повинна на 5 % перевищувати потребу фасувального агрегата. Надлишок маргарину повертається у зворотній бак через буферний пристрій.

Наповнені стаканчики подаються на станцію кришок 4 і закупорюються у вузлі запечатування стаканчиків 5. Закриті стаканчики проходять через друкарський механізм 6, де на дно кожного стаканчика наноситься дата, далі через пристрій прийому та вивантаження 7 вони надходять у лоток 8, звідки розвантажувальним конвеєром 9 спрямовуються до пакувальної машини.

#### Технічна характеристика фасувальної машини фірми “Namba”

|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| Продуктивність, т/год                | 2,5-3 |
| Потужність електродвигуна, кВт       | 6,5   |
| Витрата повітря, м <sup>3</sup> /год | 10    |
| Тиск повітря, МПа                    | 0,6   |
| Габарити:                            |       |
| довжина                              | 4520  |
| ширина                               | 1130  |
| висота                               | 2782  |
| Маса, кг                             | 7400  |

**Пакувальна машина фірми “Flottman”** (рис.8.10) призначена для формування коробів, заповнення їх стаканчиками та заклеювання

Машину розміщують за фасувальним агрегатом, з яким вона зв'язана транспортером 1. Сформовані коробки складають вручну штабелями у магазин для коробів 3. За допомогою підйомника коробки подаються на станцію наповнення 4, де відкриваються стулки дна та кришки. У вузлі сполучення 2 у три ряди одночасно

розміщують по чотири стаканчики з маргарином, потім їх штабелюють у три шари в спеціальному пристрої для збору шарів і передачі їх у короб на станцію наповнення 4. Наповнений короб потрапляє у вузол загинання стулок дна і кришки 5 і 6 і після заклеювання у вузлі 7 передається транспортером 8 до складу готової продукції.

#### 8.10 Пакувальна машина фірми “Flottman”

Пакувальна машина працює в автоматичному режимі; вона обладнана пневматичною системою і програмним пристроєм управління.

##### Технічна характеристика пакувальної машини фірми “Flottmen”

|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| Продуктивність шарів, хв.            | До 20 |
| Потужність електродвигуна, кВт       | 8,8   |
| Витрата повітря, м <sup>3</sup> /год | 4     |
| Тиск повітря, МПа                    | 0,6   |
| Габарити, мм:                        |       |
| довжина                              | 3585  |
| ширина                               | 1820  |
| висота                               | 2000  |

## 9. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ У ВИРОБНИЦТВІ М'ЯКИХ МАРГАРИНІВ

### 9.1 Розрахунок матеріального балансу

Матеріальний баланс спочатку складають на 1 т готового продукту, потім виконують перерахунок продуктового балансу на добу, місяць, рік на основі типових рецептур і діючих у промисловості нормативів відходів і втрат, що залежать від виду продукції та її товарної форми, з урахуванням фактичного фонду роботи обладнання.

Наведений матеріальний баланс розраховано на прикладі рецептури м'якого маргарину "Столичний", норматив відходів і втрат якого становить 0,58 % (в тому числі відходи жирів – 0,20 %, втрати жирів – 0,15 %, втрати нежирових речовин – 0,23 %).

Матеріальний баланс подано в табл. 9.1.

Таблиця 9.1 – Матеріальний баланс на 1 т маргарину "Столичний"

| Найменування компонентів                                   | Маса компонентів |       |                                      |
|--|------------------|-------|--------------------------------------|
|  | %                | кг/т  | з урахуванням відходів і втрат, кг/т |
| 1  | 2                | 3     | 4                                    |
| Саломас марки 1 ( $t_{пл}=31-34\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) | 27,0             | 270,0 | 271,61                               |
| Саломас марки 1 ( $t_{пл}=40-43\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) | 5,0              | 50,0  | 50,28                                |
| Олія рослинна  | 26,63            | 266,3 | 267,91                               |
| Емульгатори:<br>МГМ (м'які)                                | 0,8              | 8,0   | 8,0                                  |
| Фосфатидний<br>Концентрат                                  | 0,2              | 2,0   | 2,0                                  |
| Барвник харчовий   | 0,3              | 3,0   | 3,0                                  |
| Сіль   | 0,3              | 3,0   | 3,0                                  |

Продовження таблиці 9.1

| 1                          | 2      | 3      | 4      |
|----------------------------|--------|--------|--------|
| Молоко коров'яче незбиране | 10,0   | 100,0  | 100,0  |
| Вода                       | 29,626 | 296,26 | 296,26 |
| Цитринова кислота          | 0,04   | 0,4    | 0,4    |
| Ароматизатор               | 0,004  | 0,04   | 0,04   |
| Бензоат натрію             | 0,1    | 1,0    | 1,0    |
| Втрати нежирових речовин   | -      | -      | 2,3    |
| Усього                     | 100,0  | 1000,0 | 1005,8 |

Для складання продуктового балансу, тобто для визначення потреби у сировині на добу, місяць, рік, прийнято такі початкові дані:

продуктивність поточної лінії – 5 т/год;

режим роботи обладнання – двозмінний (16 год);

фактичний фонд роботи обладнання – 297 днів;

кількість робочих днів на місяць – 27.

Розрахунок продуктового балансу наведено у табл. 9.2.

Таблиця 9.2 – Продуктовий баланс маргарину "Столичний"

| Найменування компонентів                    | Потреба у сировині |                 |           |
|---|--------------------|-----------------|-----------|
|   | на добу, т         | на місяць,<br>т | На рік, т |
| 1   | 2                  | 3               | 4         |
| Саломас марки 1 ( $t_{пл}=31-34^{\circ}C$ ) | 21,73              | 586,71          | 6453,81   |
| Саломас марки 1 ( $t_{пл}=40-43^{\circ}C$ ) | 4,02               | 108,54          | 1193,94   |
| Олія рослинна                               | 21,43              | 578,61          | 6364,71   |

Продовження таблиці 9.2

| 1                          | 2     | 3       | 4        |
|----------------------------|-------|---------|----------|
| Фосфатидний концентрат     | 0,16  | 4,32    | 47,52    |
| Барвник харчовий           | 0,24  | 6,48    | 71,28    |
| Сіль                       | 0,24  | 6,48    | 71,28    |
| Молоко коров'яче незбиране | 8,00  | 216,00  | 2376,00  |
| Вода                       | 23,70 | 639,90  | 7038,90  |
| Цитринова кислота          | 0,032 | 0,86    | 9,50     |
| Ароматизатор               | 0,004 | 0,11    | 1,19     |
| Бензоат натрію             | 0,08  | 2,16    | 23,76    |
| Втрати нежирових речовин   | 0,08  | 2,16    | 54,648   |
| Усього                     | 80,46 | 2172,42 | 23896,62 |

## 9.2. Теплові розрахунки

**9.2.1 Тепловий баланс процесу темперування рецептурного набору у змішувачі.** Процес темперування у змішувачах призначений для вирівнювання температури в об'ємі рецептурного набору і створення оптимальних умов для емульгування водної і жирової фаз.

Наведений тепловий баланс складено на основі рецептури маргарину "Столичний", який виробляють на лініях продуктивністю 5 т/год. Початкові дані для розрахунку наведено у табл. 9.3

Таблиця 9.3 – Початкові дані для розрахунку теплового балансу

| Найменування компонентів                           | Масова витрата,<br>кг/с |          | Питома теплоємність,<br>кДж/кг·К |          |
|--|-------------------------|----------|----------------------------------|----------|
|  | Символ                  | Значення | Символ                           | Значення |
| Саломас марки 1 ( $t_{пл}=31-34^{\circ}\text{C}$ ) | $G_1$                   | 0,378    | $c_1$                            | 2,131    |
| Саломас марки 1 ( $t_{пл}=40-43^{\circ}\text{C}$ ) | $G_2$                   | 0,07     | $c_2$                            | 2,145    |

Продовження табл.9.3.

| 1                          | 2     | 3     | 4     | 5     |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Олія рослинна              | $G_3$ | 0,368 | $c_3$ | 1,775 |
| Емульгатор МГМ             | $G_4$ | 0,01  | $c_4$ | 1,912 |
| Фосфатидний концентрат     | $G_5$ | 0,003 | $c_5$ | 1,957 |
| Барвник харчовий           | $G_6$ | 0,004 | $c_6$ | 1,775 |
| Сіль                       | $G_7$ | 0,004 | $c_7$ | 0,921 |
| Молоко коров'яче незбиране | $G_8$ | 0,14  | $c_8$ | 3,936 |
| Вода                       | $G_9$ | 0,41  | $c_9$ | 4,19  |

Інші рецептурні компоненти (цитринова кислота, ароматизатор, бензоат натрію) суттєво не впливають на розрахунок через малі значення масових витрат.

Початкову температуру водо- і жиророзчинних компонентів та рослинної олії приймають рівною 293 К (20 °С), саломасу – на 5 °С вище температури плавлення. Кінцеву температуру суміші, за якої здійснюється темперування, приймають рівною 313 К (40 °С). Рівняння теплового балансу процесу темперування має вигляд:

$$Q_1 + Q_{\text{вп}} = Q_2 + Q_{\text{вк}} + Q_{\text{втр}}, \quad (9.1)$$

де  $Q_1$  – кількість теплоти рецептурних компонентів маргарину за початкової температури, кВт;  $Q_{\text{вп}}$  – кількість теплоти гарячої води, що циркулює в оболонках змішувача, за початкової температури, кВт;  $Q_2$  – кількість теплоти композиції після темперування і змішування, кВт;  $Q_{\text{вк}}$  – кількість теплоти гарячої води за кінцевої температури, кВт;  $Q_{\text{втр}}$  – втрати теплоти у навколишнє середовище (приймають рівними  $(0,05 \div 0,1) \cdot (Q_2 - Q_1)$ ).

Кількість теплоти рецептурних компонентів маргарину за початкової температури:

$$Q_1 = \sum G_i c_i t_1, \quad (9.2)$$

де  $t_1$  – початкова температура рецептурних компонентів, К,

тобто

$$Q_1 = (G_1 c_1 + G_5 c_5) \cdot 293 + G_2 c_2 \cdot 320 + (G_3 c_3 + G_4 c_4 + G_6 c_6 + \dots G_9 c_9) \cdot$$

$$\cdot 293 = 1167,03 \text{ кВт.}$$

Кількість теплоти композиції після темперування і змішування

$$Q_2 = G_{\Sigma} c_m t_2, \quad (9.3)$$

де  $G_{\Sigma}$  - сумарна масова витрата рецептурних компонентів, кг/с (табл. 9.3);  $c_m$  – питома теплоємність маргаринової емульсії (розрахована адитивним шляхом за даними табл. 9.1 і 9.3);  $c_m = 2,794$  кДж/кг · К;  $t_2$  – кінцева температура маргаринової емульсії після темперування, К.

Підставивши числові значення, маємо:

$$Q_2 = 1,387 \cdot 2,794 \cdot 313 = 1212,96 \text{ кВт.}$$

Кількість теплоти гарячої води за початкової та кінцевої температури визначається за рівняннями:

$$Q_{\text{вп}} = W c_n t_n; \quad (9.4)$$

$$Q_{\text{вк}} = W c_k t_k; \quad (9.5)$$

де  $W$  – масова витрата води, кг/с;  $c_n$  і  $c_k$  – питома теплоємність води за відповідних температур, кДж/кг · К;  $t_n$ ,  $t_k$  – відповідно початкова і кінцева температури гарячої води, К (за виробничими даними,  $t_n = 343$  К;  $t_k = 318$  К).

Тоді рівняння (9.1) можна подати у вигляді:

$$1167,03 + W \cdot 4,212 \cdot 343 = 1212,96 + W \cdot 4,199 \cdot 318 + 2,30. \quad (9.6)$$

Звідки знаходимо витрату гарячої води на процес темперування:

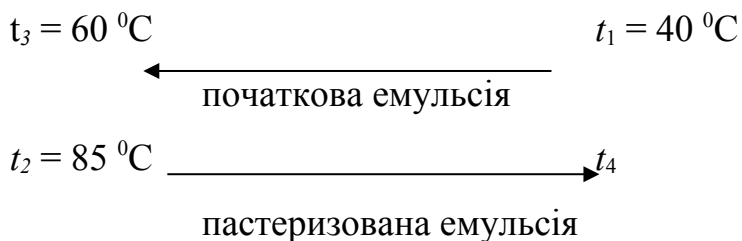
$$W = \frac{1212,96 + 2,30 - 1167,03}{4,212 \cdot 343 - 4,199 \cdot 318} = 0,44 \text{ кг/с,}$$

що становить 25,3 м<sup>3</sup>/добу.

### 9.2.2. Тепловий баланс процесу пастеризації маргаринової

**емульсії.** Початкові дані для складання теплових балансів за стадіями нагрівання та охолодження, які здійснюються у пастеризаторі, визначено на підставі попередніх розрахунків, а також технологічних даних роботи установки фірми «Schröder».

**Тепловий баланс секції регенерації.** Схема теплових потоків має вигляд:



Рівняння теплового балансу:



$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4 + Q_{\text{втр}}, \quad (9.7)$$

де  $Q_1$  – кількість теплоти початкової емульсії, кВт;  $Q_2$  – кількість теплоти пастеризованої емульсії, кВт;  $Q_3$  – кількість теплоти нагрітої емульсії, кВт;  $Q_4$  – кількість теплоти охолодженої емульсії, кВт;  $Q_{\text{втр}}$  – втрати теплоти навантаження у навколишнє середовище (приймаємо  $Q_{\text{втр}} = 0,05 \cdot (Q_3 - Q_1)$ ).

З урахуванням попередніх розрахунків і на підставі відомих рівнянь можна записати:

$$1,05 (Q_3 - Q_1) = Q_2 - Q_4 \quad (9.8)$$

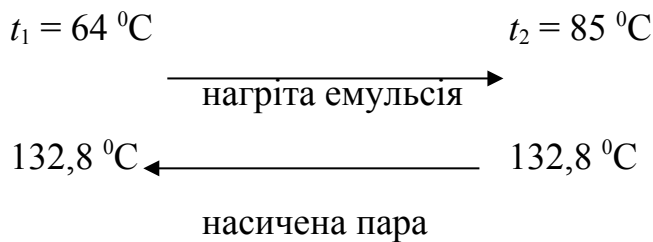
Підставляючи відомі значення до рівняння (9.8), знаходимо температуру пастеризованої емульсії ( $t_4$ ) на виході з секції пастеризації:

$$t_4 = \frac{G_{\Sigma} c_m t_2 - 1,05 G_{\Sigma} c_m (t_3 - t_1)}{G_{\Sigma} c_m} \quad (9.9)$$

Допускаючи, що питома теплоємність маргаринової емульсії у зазначених температурних інтервалах практично однакова і масова витрата емульсії не змінюється, рівняння (9.9) трансформується у наступне:

$$t_4 = t_2 - 1,05 t_3 + 1,05 t_1 = 337 \text{ К (64 } ^\circ\text{C)}.$$

**Тепловий баланс секції пастеризації.** Схема теплових потоків має вигляд:



Як теплоносій у секції пастеризації використовується насичена пара з тиском 0,3 МПа і температурою 132,8 °С. Корисна ентальпія водяної пари зазначених параметрів становить  $i_n = 1959$  кДж/кг, конденсата  $i_k = 450$  кДж/кг.

На підставі рівняння (9.7) тепловий баланс секції пастеризації можна записати так:

$$P i_n - P i_k = Q_2 - Q_1 + 0,05 \cdot (Q_2 - Q_1), \quad (9.10)$$

де  $P$  – масова витрата насиченої пари, кг/с,

або так:

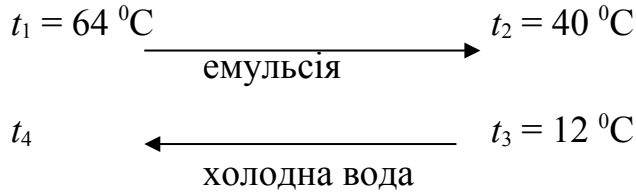
$$1,05 G_{\Sigma} c_m (t_2 - t_1) = P (i_n - i_k). \quad (9.11)$$

Звідки знаходимо масову витрату насиченої пари:

$$P = \frac{1,05 G_{\Sigma} c_m (t_2 - t_1)}{i_n - i_k} = 0,054 \text{ кг/с}, \quad (9.12)$$

що становить 3,11 т/добу.

**Тепловий баланс секції охолодження.** Схема теплових потоків має вигляд:



За аналогією рівняння теплового балансу можна записати у вигляді:

$$G_{\Sigma} \cdot C_M \cdot t_1 + W \cdot C_B \cdot t_3 = G_{\Sigma} \cdot C_M \cdot t_2 + W \cdot C_B \cdot t_4 + Q_{\text{втр}} \quad (9.13)$$

Масова витрата охолоджуючої води  $W$  за зазначеної продуктивності поточної лінії становить  $7 \text{ м}^3/\text{ГОД}$ , або  $1,94 \text{ кг/с}$  [4].

Таким чином, можна визначити температуру охолоджуючої води на виході із секції охолодження:

$$t_4 = \frac{WC_B t_3 + 0,95 G_{\Sigma} C_M (t_1 - t_2)}{WC_B} = 22,9 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (9.14)$$

### 9.2.3. Тепловий баланс переохолодження маргаринової емульсії.

Загальна кількість теплоти, яка відводиться у переохолоджувачі при охолодженні маргаринової емульсії, визначається так:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3, \quad (9.15)$$

де  $Q$  – кількість теплоти переохолоджувача, кВт:

$$Q_1 = G_z (i_1 - i_2), \quad (9.16)$$

тут  $G_z$  – масова витрата маргаринової емульсії, кг/с;  $i_1$  – початкова ентальпія маргаринової емульсії, при  $t_1 = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$   $i_1 = 155 \text{ кДж/кг}$ ;  $i_2$  – кінцева ентальпія маргарину, при  $t_2 = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $i_2 = 37,3 \text{ кДж/кг}$ ;

$Q_2$  – кількість теплоти, яке виділяється при перемішуванні маргарину, кВт:

$$Q_2 = \alpha \cdot N_{\text{уст}}, \quad (9.17)$$

тут  $\alpha$  – коефіцієнт переходу електричної енергії у тепло, за практичними даними,  $\alpha = 0,6$ ;  $N_{\text{уст}}$  – сумарна потужність електродвигунів на валах переохолоджувача,  $N_{\text{уст}} = 76 \text{ кВт}$  [4];

$Q_3$  – втрати теплоти у навколишнє середовище, кВт:

$$Q_3 = \beta \cdot (Q_1 + Q_2), \quad (9.18)$$

тут  $\beta$  – коефіцієнт втрат тепла, приймають рівним 0,1.

Тоді:

$$Q = 229,74 \text{ кВт.}$$

Кількість холодильного агента, який циркулює в апараті і чинить необхідний холодильний ефект, визначається так:

$$p = Q/q, \quad (9.19)$$

де  $Q$  – кількість теплоти, яка відводиться у переохолоджувачі, кВт;  $q$  – холодопродуктивність рідкого аміаку,  $q = 1118,7$  кДж/кг.

Отже,

$$p = 229,74/1118,7 = 0,205 \text{ кг/с.}$$

За загальноприйнятою методикою тепловий баланс переохолодження маргаринової емульсії у комбінаторі можна представити у вигляді:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 + Q_{\text{втр}}, \quad (9.20)$$

де:  $Q_1$  - кількість теплоти маргаринової емульсії на вході у комбінатор, кВт ;

$Q_2$  – кількість теплоти, що виділяється при перемішуванні маргарину, кВт;

$Q_3$  – кількість теплоти рідкого аміаку, що надходить як холодильний агент у комбінатор, кВт;

$Q_4$  – кількість теплоти переохолодженої емульсії маргарину , кВт;

$Q_5$  - кількість теплоти газоподібного аміаку, що виходить з комбінатору, кВт;

$Q_{\text{втр}}$  – втрати теплоти у навколишнє середовище, кВт [ $Q_{\text{втр}} = 0,05(Q_1 + Q_2 - Q_4)$ ]

Кількість теплоти маргаринової емульсії на вході у комбінатор дорівнює її кількості тепла після охолодження у пастеризаторі :

$$Q_1 = G_{\Sigma} c_m t_1, \quad (9.21)$$

Де:  $t_1$  – температура, до якої маргаринова емульсія остаточно охолоджується у пастеризаторі ( $t_1 = 40$  °C),

Тобто:

$$Q_1 = 1,387 \cdot 2,794 \cdot 313 = 1212,96 \text{ кВт.}$$

Кількість теплоти, що виділяється при перемішуванні маргарину, визначається за формулою (9.17) :

$$Q_2 = 0,6 \cdot 76 = 45,6 \text{ кВт.}$$

Кількість теплоти рідкого аміаку, що надходить у комбінатор визначається за формулою :

$$Q_3 = P \cdot i_p, \quad (9.22)$$

де :  $P$  – кількість холодильного агента, кг/с. За наведеними вище розрахунками  $P = 0,205$  кг/с.

$i_p$  – ентальпія рідкого аміаку, кДж/кг. За виробничими даними, якщо величина тиску конденсації пари аміаку складає  $P_p = 1,47$  Мпа,  $i_p = 599,84$  к Дж/кг.

Тоді :

$$Q_3 = 0,205 \cdot 599,84 = 122,96 \text{ кВт.}$$

Кількість теплоти переохолодженої до  $t_2 = 10$  °C емульсії маргарину згідно формулі (9.21) :

$$Q_4 = 1,387 \cdot 2,625 \cdot 283 = 1090,37 \text{ кВт,}$$

де :  $2,625$  кДж/кг  $K$  - величина питомої теплоємності маргаринової емульсії за  $t_2 = 10$  °C (прийнято за даними експлуатації подібних установок).

Кількість теплоти газоподібного аміаку, що виходить з комбінатору :

$$Q_5 = p \cdot i_2, \quad (9.23)$$

де :  $i_2$  – ентальпія пари аміаку, кДж/кг . За умови  $p_2 = 0,207$  Мпа,  $i_2 = 1659,78$  кДж/кг.

Тоді

$$Q_5 = 0,205 \cdot 1659,78 = 340,25 \text{ кВт.}$$

Втрати теплоти у навколишнє середовище складають :

$$Q_{\text{втр}} = 0,05 ( 1212,96 + 45,6 - 1030,37) = 11,4 \text{ кВт.}$$

На підставі даних теплових розрахунків, а також додатково виконаних за методикою, описаною в п. 9.2, складаємо тепловий баланс основного обладнання поточної лінії фірми “Schroder” у вигляді таблиці 9.4.

Таблиця 9.4- Тепловий баланс основного обладнання  
поточної лінії фірми “Schroder”

| Прихід теплоти | Значення,<br>кВт | Витрати теплоти | Значення,<br>кВт |
|----------------|------------------|-----------------|------------------|
| 1              | 2                | 3               | 4                |

1. Змішувачі

|  |         |  |         |
|--|---------|--|---------|
| Кількість теплоти<br>рецептурних<br>компонентів маргарину<br>за початкової<br>температури, $Q_1$ | 1167,03 | Кількість теплоти<br>маргари-нової емульсії<br>після темперування і<br>змішування, $Q_2$ | 1212,96 |
| Кількість теплоти<br>гарячої води за<br>початкової температури,                                  | 635,67  | Кількість теплоти<br>гарячої води за кінцевої<br>температури, $Q_{\text{вк}}$            | 587,52  |

|               |         |   |         |
|---------------|---------|---|---------|
| $Q_{вп}$      |         | Втрати теплоти у навколишнє середовище, $Q_{втр}$ | 2,30    |
| Всього за п.1 | 1802,70 |   | 1802,78 |

## 2. Пастеризатор

|   |         |  |          |
|---|---------|--|----------|
| 2.1 Секція регенерації  |         | Кількість теплоти нагрітої емульсії, $Q_3$                         | 1290,38  |
| Кількість теплоти початкової емульсії $Q_1$                               | 1212,96 | Кількість теплоти охолодженої емульсії, $Q_4$                      | 1305,87  |
| Кількість теплоти пастеризованої емульсії, $Q_2$                          | 1387,25 | Втрати теплоти у навколишнє середовище, $Q_{втр}$                  | 3,87     |
| Всього за п.2.1   | 2600,21 |  | 2600,12  |
| 2.2 Секція пастеризації   |         | Кількість теплоти пастеризованої емульсії, $Q_2$                   | 1387,25  |
| Кількість теплоти водяної пари ( $P=0,3$ МПа, $i_p = 1959$ кДж/кг), $Q_p$ | 131,25  | Кількість теплоти водяного конденсату ( $i_k = 450$ кДж/кг), $Q_k$ | 30,15    |
|   |         | Втрати тепла у навколишнє середовище, $Q_{втр}$                    | 3,87     |
| Всього за п. 2.2  | 1421,63 |  | 1421, 27 |
| 2.3 Секція охолодження  |         | Кількість тепла охолодженої  |          |
| Кількість тепла   |         |  |          |

|  |         |  |         |
|--|---------|--|---------|
| початкової емульсії, $Q_1$                 | 1305,87 | емульсії, $Q_3$  | 1212,36 |
| Кількість теплоти охолоджуючої води, $Q_2$ | 2316,65 | Кількість теплоти нагрітої води, $Q_4$                   | 2405,25 |
|  |         | Втрати теплоти у навколишнє середовище, $Q_{\text{втр}}$ | 4,64    |
| Всього за п. 2.3                           | 3622,52 |  | 3622,85 |

## 2. Комбінатор

|  |         |  |         |
|--|---------|--|---------|
| Кількість теплоти початкової емульсії, $Q_1$                         | 1212,96 | Кількість теплоти переохолодженої, $Q_4$                 | 1030,37 |
| Кількість теплоти, що виділяється при перемішуванні маргарину, $Q_2$ | 45,6    | Кількість теплоти газоподібного аміаку, $Q_5$            | 340,25  |
|  |         | Втрати теплоти у навколишнє середовище, $Q_{\text{втр}}$ | 11,4    |
| Всього за п.3  | 1381,52 |  | 1382,02 |

## 9.3 Розрахунок основного технологічного обладнання

### Змішувач (рис. 8.1)

#### 9.3.1. Розрахунок об'єму змішувача

Необхідний об'єм змішувача визначаємо за формулою:

$$V_{\text{зм}} = W \tau / \varphi, \quad (9.24)$$

де :  $W$  - об'ємна швидкість подачі компонентів водно-молочної і жирової фаз до змішувача,  $\text{м}^3/\text{с}$  ;

$\tau$  - час перебування маргаринової емульсії у змішувачу,  $\text{с}$  ;

$\psi$  - коефіцієнт заповнення (приймаємо  $\psi = 0,8$ )

Об'ємну швидкість подачі компонентів водно-молочної і жирової фаз розраховуємо так:

$$W = \frac{G_{\Sigma}}{\rho_{\Sigma}}, \quad (9.25)$$

де :  $G_{\Sigma}$  - сумарна масова витрата компонентів маргаринової емульсії,  $\text{кг}/\text{с}$  (див. табл.. 9.3.)

$\rho_{\Sigma}$  - густина маргаринової емульсії,  $\text{кг}/\text{м}^3$  .

Відомо, що

$$\frac{1}{\rho_{\Sigma}} = \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{\rho_i}, \quad (9.26)$$

де :  $m_i$  - частка кожного компоненту в рецептурному наборі долі одиниці (див. табл.. 9.1)

$\rho_i$  – густина кожного  $i$ -того компоненту ,  $\text{кг}/\text{м}^3$  (приймається за довідковими даними);

Тоді :

$$\frac{1}{\rho_{\Sigma}} = \frac{0,27}{898,5} + \frac{0,05}{898,5} + \frac{0,2663}{921} + \frac{0,008}{921} + \frac{0,002}{921} + \frac{0,003}{921} + \frac{0,003}{1193} + \frac{0,1}{1031} + \frac{0,2963}{1000} = 0,00102$$

Тоді :

$$\rho_{\Sigma} = \frac{1}{0,00102} = 980,39 \text{ кг}/\text{м}^3$$

Сумарна масова витрата компонентів маргаринової емульсії за даними табл.. 9.3. складає :



$$G_{\Sigma} = 0,378 + 0,07 + 0,368 + 0,01 + 0,003 + 0,004 + 0,004 + 0,14 + 0,41 = \\ = 1,387 \text{ кг/с}$$

Час перебування маргаринової емульсії у змішувачі складається з терміну таких операцій : заповнення – 10 хв., перемішування – 10 хв., звільнення – 10 хв.; всього  $\tau = 30$  хв.

Таким чином, необхідний об'єм змішувача складатиме :

$$V_{\text{зм}} = \frac{1,387 \cdot 30 \cdot 60}{980,39 \cdot 0,8} = 3,18 \text{ м}^3$$

Місткість типового змішувача складає 3000 л, тому розрахунок виповнено вірно.

### 9.3.2. Розрахунок поверхні теплообміну пароводяної оболонки

Необхідну поверхню теплообміну пароводяної оболонки знаходимо з основного рівняння теплопередачі :

$$F = Q / k \Delta t_{\text{сер}} , \quad (9.27)$$

Де  $Q$  – теплове навантаження пароводяної оболонки, кВт;

$k$  – коефіцієнт теплопередачі, Вт/м<sup>2</sup> К. Приймаємо  $k = 200$  Вт/м<sup>2</sup> К [10];

$\Delta t$  – середня різниця температур між граючою водою і емульсією, °С.

Теплове навантаження пароводяної оболонки визначаємо за даними табл. 9.4.

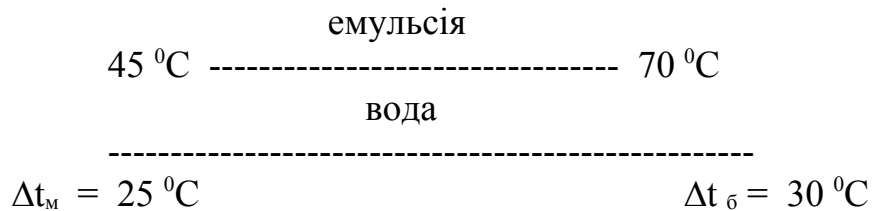
(п.1) :

$$Q = (Q_2 - Q_1) 1,05 = (1212,96 - 1167,03) 1,05 = 48,23 \text{ кВт}$$

Середня різниця температур визначається за попередніми даними (див. п. 9.2.1).

Схема теплових потоків така :

$$20 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ ----- } 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$$



Оскільки  $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_m} = \frac{30}{25} = 1,2 < 2$  , то :

$$\Delta t_{cp} = \frac{30 + 25}{2} = 27,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Таким чином, необхідна поверхня теплопередачі пароводяної оболонки змішувача складатиме :

$$F = \frac{48,23 \cdot 10^3}{200 \cdot 27,5} = 8,8 \text{ м}^2$$

### 9.3.3 Розрахунок установчої потужності на валу мішалки

Необхідну установчу потужність електродвигуна на валу мішалки знаходимо за методикою, описаною в [11].

Спочатку знаходимо діаметр нормалізованої мішалки :

$$d = D / 3 \text{ ,} \tag{9.27}$$

де : d – діаметр нормалізованої мішалки, м ;

D – діаметр змішувача, м ( за технічною характеристикою D = 1826мм = 1,826 м ).

Тоді :  $\alpha = 1,826 / 3 = 0,61 \text{ м}$

Визначаємо режим перемішування за формулою :

$$Re_{ц} = \frac{\rho \cdot n \cdot d^2}{\mu} \text{ ,} \tag{9.28}$$

де : Re – критерій Рейндольдса ;

$\rho$  - густина маргаринової емульсії ( $\rho = 980,39 \text{ кг/м}^3$  , див. п. 9.3.1.)

$n$  – частота обертання мішалки,  $\text{с}^{-1}$  ( за технічною характеристикою максимальне значення  $n = 60 \text{ об/хв.} = 1 \text{ с}^{-1}$  ).

$\mu$  - динамічний коефіцієнт в'язкості,  $\text{Па} \cdot \text{с}$  ( за даними [12]  $\mu_{40} = 0,35 \cdot 980,39 \cdot 10^{-4} = 3,43 \cdot 10^{-2} \text{ Па} \cdot \text{с}$  ).

Тоді :

$$\text{Re} = \frac{980,39 \cdot 1 \cdot 0,61^2}{3,43 \cdot 10^{-2}} = 100635, \text{ режим турбулентний}$$

( $\text{Re} > 10000$ ) .

Далі визначаємо значення критерія потужності за графіком (рис. У11 [11]) ;  $K_N = 7,0$  .

Розраховуємо потужність, яку витрачає мішалка при сталому режимі :

$$N_p = K_N \rho n^3 d^5 = 7,0 \cdot 980,39 \cdot 1^3 \cdot 0,61^5 = 550 \text{ Вт}$$

Потужність у пусковий момент звичайно у 2-3 рази перевищує роботу. Тобто :

$$N_{\text{пуск}} = 3 N_p = 3 \cdot 550 = 1650 \text{ Вт} = 1,65 \text{ кВт}$$

Нарешті визначаємо установчу потужність, приймаючи к.к.д. електродвигуна з передачею 0,95 і запас потужності в 20 % :

$$N_{\text{уст}} = 1,65 \cdot 1,2 / 0,95 = 2,08 \text{ кВт}$$

### Пастеризатор (рис. 8.3)

Розрахунок пастеризатора обмежено визначенням необхідної поверхні теплообміну кожної з 3-х секцій.

#### 9.3.4. Розрахунок поверхні теплопередачі секції регенерації

Теплове навантаження секції складає (див. п. 2.1. табл.. 9.4):

$$Q = (Q_3 - Q_1) \cdot 1,05 = (1290,38 - 1212,96) \cdot 1,05 = 81,29 \text{ кВт}$$

Схема теплових потоків :

$$\begin{array}{l} 60 \text{ }^\circ\text{C} \text{-----} 40 \text{ }^\circ\text{C} \\ \text{початкова емульсія} \\ 85 \text{ }^\circ\text{C} \text{-----} 64 \text{ }^\circ\text{C} \\ \text{пастеризована емульсія} \\ \Delta t_{\text{с}} = 25 \text{ }^\circ\text{C} \qquad \qquad \qquad \Delta t_{\text{м}} = 24 \text{ }^\circ\text{C} \end{array}$$

Середня різниця температур складає :

$$\Delta t_{\text{сер}} = \frac{25 + 24}{2} = 24,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Значення коефіцієнту теплопередачі за довідковими даними складає :

$$k = 100 \text{ Вт/м}^2 \text{ К.}$$

Тоді згідно формулі (9.27) поверхня теплопередачі секції регенерації буде

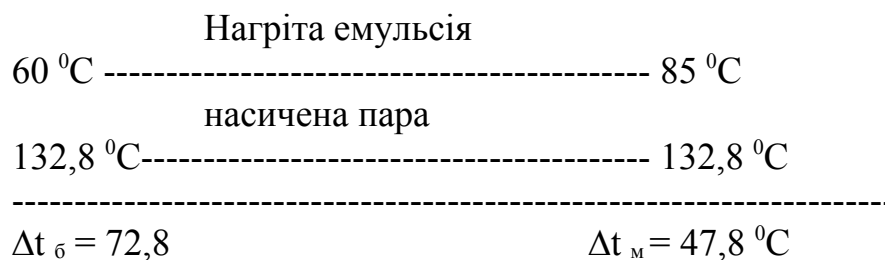
$$F = \frac{81,29 \cdot 10^3}{100 \cdot 24,5} = 33,2 \text{ м}^2$$

### 9.3.5. Розрахунок поверхні теплообміну секції пастеризації

Теплове навантаження секції складає (див. п.2.2. табл.. 9.4) :

$$Q = (Q_2 - Q_1) \cdot 1,05 = (1387,25 - 1290,38) \cdot 1,05 = 101,71 \text{ кВт}$$

Схема теплових потоків :



Середня різниця температур складає :

$$\Delta t_{\text{сер}} = \frac{72,8 + 47,8}{2} = 60,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Значення коефіцієнту теплопередачі у цьому випадку приймається рівним

$$k = 200 \text{ Вт/м}^2 \text{ К [10].}$$

Тоді згідно формулі 9.27) поверхня теплообміну секції пастеризації складатиме :

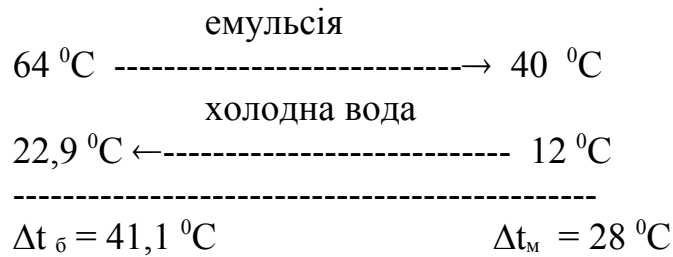
$$F = \frac{101,71 \cdot 10^3}{200 \cdot 60,3} = 8,4 \text{ м}^2$$

### 9.3.6. Розрахунок поверхні теплообміну секції охолодження

Теплове навантаження секції складає (див. п.2.3. табл..9.4) :

$$Q = (1305,87 - 1212,96) \cdot 1,05 = 97,55 \text{ кВт}$$

Схема теплових потоків :



Середня різниця температур складає :

$$\Delta t_{\text{сеп}} = \frac{41,1 + 28}{2} = 34,55\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Коефіцієнт теплопередачі приймається рівним  $k = 200\text{ Вт/ м}^2\text{ К}$  [10].

Тоді згідно формулі (9.27) поверхня теплообміну секції охолодження складатиме :

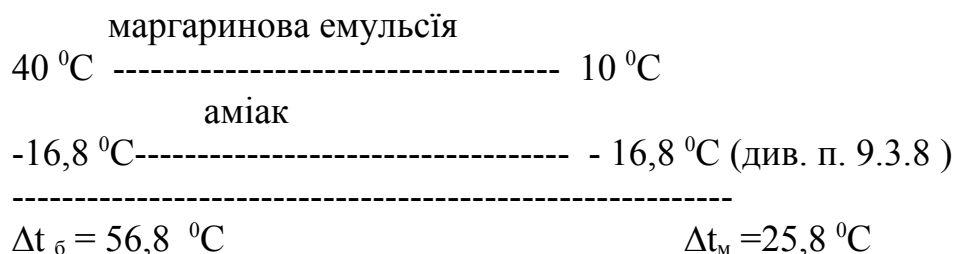
$$F = \frac{97,55 \cdot 10^3}{200 \cdot 34,55} = 14,1\text{ м}^2$$

### Комбінатор (рис. 8.4)

#### 9.3.7. Визначення поверхні теплообміну всіх циліндрів

Повне теплове навантаження комбінатору, який виконує функцію переохолоджувача, згідно даним п. 9.2.3 складає 229,74 кВт.

Схема теплових потоків в даному випадку має такий вигляд :



Тому , що :

$$\frac{\Delta t_{\text{г}}}{\Delta t_{\text{м}}} = \frac{56,8}{26,8} = 2,1 > 2 ,$$

середня різниця температур визначається за формулою :

$$\Delta t_{\text{сер}} = \frac{40 - 10}{2,3 \lg \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}} = 40,2 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (9.29)$$

Тобто :

$$\Delta t_{\text{сер}} = \frac{40 - 10}{2,3 \lg \frac{56,8}{26,8}} = 40,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Визначення коефіцієнту теплопередачі між аміаком і емульсією за даними аналогічних переохолоджувачів складає 1630 Вт/м<sup>2</sup> К.

Тоді величина поверхні теплообміну всіх циліндрів складатиме :

$$F = \frac{229,74 \cdot 10^3}{1630 \cdot 40,2} = 3,5 \text{ м}^2$$

Поверхня теплообміну кожного з 3-х охолоджуючих циліндрів :

$$F_0 = \frac{3,5}{3} = 1,17 \text{ м}^2$$

### 9.3.8. Розрахунок параметрів аміачної системи охолодження.

Виконано за методикою ВНІЕКІпродмаш (м.Москва).

Об'єм пари аміаку, що відсмоктується з комбінатору :

$$V_{\text{п}} = \rho \cdot V_1^1, \quad (9.30)$$

Де :  $\rho$  - кількість холодильного агенту, кг/год (див. п.9.2.3.) ;

$V_1^1$  – питомий об'єм пари аміаку при температурі  $t_0 = 18 \text{ } ^\circ\text{C}$  ( $V_1^1 = 0,574 \text{ м}^3/\text{кг}$ )

Тоді :

$$V_{\text{п}} = 0,205 \cdot 3600 \cdot 0,574 = 0,118 \text{ м}^3/\text{с}$$

Діаметр усмоктувальної магістралі від циркуляційного ресивера комбінатора :

$$D_1 = \sqrt{V_{\text{п}} / (0,785 \cdot W_{\text{п}})}, \quad (9.31)$$

де :  $W_n$  - швидкість пари аміаку в усмоктувальній магістралі,  $W_n = 10$  м/с.

Діаметр циркуляційного ресивера для комбінатора :

$$D_2 = \sqrt{0,118 / (0,785 \cdot 10)} = 0,123 \text{ м}$$

Діаметр циркуляційного ресивера для комбінатору :

$$D_3 = \sqrt{V_n / (0,785 \cdot W_p)}, \quad (9.32)$$

де :  $W_p$  - швидкість пари аміаку у ресивері,  $W_p = 0,5$  м/с.

$$D_2 = \sqrt{0,118 / (0,785 \cdot 0,5)} = 0,55 \text{ м}$$

Діаметр рідинного аміачного трубопроводу від від переохолоджувача компресорної до апарату :

$$D_3 = \sqrt{V_p / (0,785 \cdot W_m)}, \quad (9.33)$$

де :  $W_m$  – швидкість подачі рідкого аміаку у трубопроводі, :  $W_m = 1$  м/с ;

$V_p$  – об'єм рідкого аміаку, що подається,  $\text{м}^3$ .

Об'єм рідкого аміаку розраховують за формулою :

$$V_p = \rho \cdot V_2, \quad (9.34)$$

де :  $V_2$  – питомий об'єм рідкого аміаку при  $t = 18^\circ\text{C}$ ,

$$V_2 = 1,509 \text{ л/кг} (1,509 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}).$$

Тоді :

$$V_p = 0,205 \cdot 1,509 \cdot 10^{-3} = 0,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

Нарешті :

$$D_3 = \sqrt{0,31 \cdot 10^{-3} / (0,785 \cdot 1)} = 0,02 \text{ м.}$$

Кількість аміаку, який циркулює в системі, при кратності циркуляції  $Z = 100$  :

$$G = \rho \cdot Z = 0,205 \cdot 100 = 20,5 \text{ кг/с} \quad (9.35)$$

Об'єм рідкого аміаку :

$$V_p = G \cdot V_2 = 20,5 \cdot 1,509 \cdot 10^{-3} = 0,031 \text{ м}^3/\text{с} \quad (9.36)$$

Кількість тепла, яка відбирається в апараті переохолодженим аміаком визначається за формулою :

$$Q_2 = G \cdot c \cdot (t_2 - t_1), \quad (9.37)$$

де :  $c$  – теплоємність аміаку,  $c = 4,609$  кДж/кг К ;

$t_2$  – температура аміаку на виході з комбінатору,  $^{\circ}\text{C}$ .

$t_1$  - температура аміаку на вході аміаку до комбінатору,  $^{\circ}\text{C}$ . За даними експлуатації лінії  $t = - 18$   $^{\circ}\text{C}$ /

Температуру аміаку на виході з комбінатору знаходимо з формули (9.37):

$$t_2 = \frac{Q}{G c} + t_1 , \quad (9.38)$$

$$t_2 = \frac{229,74}{20,5 \cdot 4,609} + (- 18) = - 15,6$$
  $^{\circ}\text{C}$

Середня температура аміаку в апараті дорівнює :

$$t_{\text{сеп}} = \frac{- 15,6 + (-18)}{2} = - 16,8$$
  $^{\circ}\text{C}$

Діаметр прямої та зворотної магістралі рідкого аміаку при  $Z = 100$  складає :

$$D_4 = \sqrt{0,031 / (0,785 \cdot 1)} = 0,2$$
 м

Якщо кратність циркуляції аміаку  $Z = 50$ , то кількість і об'єм рідкого аміаку за формулами (9.35) і (9.36) :

$$G = 0,205 \cdot 50 = 10,25$$
 кг/с

$$V_p = 10,25 \cdot 1,509 \cdot 10^{-3} = 0,016$$
 м<sup>3</sup>/с.

Температура аміаку на виході з комбінатору за формулою (9.38) складатиме :

$$t_2 = \frac{229,74}{10,25 \cdot 4,609} + (-18) = - 13,2$$
  $^{\circ}\text{C}$

Середня температура аміаку в апараті :

$$t_2 = \frac{- 13,2 + (-18)}{2} = - 15,6$$
  $^{\circ}\text{C}$



Діаметр прямої та зворотної магістралі рідкого аміаку при  $Z = 50$

$$D_4 = \sqrt{0,016 / (0,785 \cdot 1)} = 0,14 \text{ м}$$

### Кристалізатор (рис. 8.6)

#### 9.3.9 Розрахунок поверхні охолодження

Поверхня охолодження кристалізатора визначається за формулою :

$$F_k = \pi \cdot d_b \cdot l, \quad (9.39)$$

де :  $d_b$  - внутрішній діаметр кристалізатора ( за технічною характеристикою :  $d_b = 0,177 \text{ м}$  ) ;

$l$  – довжина кристалізатора (за технічною характеристикою  $l = 1,1 \text{ м}$ ).

Тоді :

$$F_k = 3,14 \cdot 0,177 \cdot 1,1 = 0,62 \text{ м}^2$$

Робочий об'єм кристалізатора :

$$V = 0,785 \cdot d_b^2 \cdot l = 0,785 \cdot 0,177^2 \cdot 1,1 = 0,027 \text{ м}^3$$

Термін перебування маргаринової емульсії у кристалізаторі :

$$Z_k = \frac{V \cdot 2 \cdot \rho_r}{\Pi \cdot 1,05}, \quad (9.40)$$

де :  $V$  - об'єм кристалізатору,  $\text{м}^3$  ;

$2$  - кількість кристалізаторів в лінії ;

$\rho_r$  – густина переохолодженого маргарину,  $\text{кДж/кг К}$

$\Pi$  – продуктивність лінії, або масова витрата компонентів ( $\Pi = 1,387 \text{ кг/с}$ , табл. 9.3.)

$1,05$  – коефіцієнт, який враховує повертання надлишку маргарину.

Тоді :

$$Z_k = \frac{0,027 \cdot 2 \cdot 908}{1,387 \cdot 1,05} = 33,7 \text{ сек.}$$



## 10. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ МАРГАРИНОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Якість маргаринової продукції оцінюється органолептичним, фізико-хімічними і структурно-реологічними методами.

До органолептичних показників відносять смак, запах, колір, однорідність консистенції, здатність намазуватися. Вони, в основному, визначаються за методиками діючої нормативної документації.

Здатність намазуватися є важливою властивістю для деяких різновидів жирів, особливо для тих, які безпосередньо вживаються в їжу. Добра властивість намазуватись є однією з умов збуту маргаринової продукції. Визначають цей показник, головним чином, органолептичним методом, який є досить суб'єктивним і на який витрачається багато часу.

За результатами зарубіжних досліджень створено методику визначення здатності намазуватися [5], для реалізації якої розроблено спеціальний прилад. Цей апарат являє собою металеву трубку завдовжки 120 мм, діаметром 32 мм, через яку поршнем продавлюють зразок проти перфорованої пластинки з 24 відтулинами, кожна діаметром 1,5 мм. Трубка має водяну оболонку, що забезпечує постійну температуру стиснення. Під час обробки (стиснення) руйнується кристалічна решітка жиру та первинні зв'язки між кристалами і зразок стає більш м'яким.

Здатність намазуватися ( $W$ , %) визначається за наступною формулою:

$$W = \frac{C_n - C_k}{C_n} \cdot 100, \quad (10.1)$$

де  $C_n$  і  $C_k$  – початкова і кінцева твердість, г/см.

Таким чином, (10.1) характеризує зменшення твердості зразка внаслідок механічної обробки, виражене у процентах відносно початкової твердості.

Якщо порівняти два маргарини з однаковою початковою, але з різною структурною твердістю  $C_c = C_n - C_k$ , то можна зробити висновок: той маргарин, який має меншу структурну твердість, буде більш пластичним. Продукт, у якого значення  $W$  вище, є більш крихким і м'яким.

Значення  $W$  (%) можна також розрахувати за рівнем пенетрації:

$$W = 1 - (P_n/P_0) \cdot 100, \quad (10.2)$$

де  $P_n$  – глибина penetрації у необробленому зразку;  $P_0$  – глибина penetрації в обробленому зразку.

*A.I. Haighton* (Англія) виявив, що маргарини, які добре намазуються, мають значення  $W = 70-75 \%$ , тоді як у твердих та крихких жирів ця величина становить  $80 \%$ .

За допомогою хімічних методів дослідження маргарину визначають кислотне, пероксидне і йодне числа, вміст неомилених речовин, жирнокислотний склад та вміст *цис*- та *транс*-ізомерів. Ці методи достатньо висвітлені у спеціальній літературі з хімії та технології жирів [6].

Фізико-хімічними методами визначають температури плавлення і застигання, ділатацію, в'язкість, консистенцію і penetрацію.

Фізичний стан маргарину, його структуру виявляють за допомогою диференційно-термічного і рентгеноструктурного аналізу, а також методом ядерно-магнітного резонансу [5,7,8]

**Диференційно-термічний метод (ДТМ).** Нерівномірність фазових станів триацилгліцеринів у процесі кристалізації дозволяє, змінюючи швидкості охолодження і нагрівання, температурні режими та тривалість термостатування, одержувати тверду фазу з різним гліцеридним складом у поліморфних формах.

Диференційно-термічні і рентгеноструктурні дослідження виявили, що в системах зі складним гліцеридним складом і роздільною груповою кристалізацією, наприклад у маргаринах, поліморфні перетворення здійснюються самостійно в кожній з груп. Ефект переходу і плавлення метастабільних форм у стабільні маскується плавленням різноманітних кристалів.

**Диференційно-калориметричний метод (ДКМ).** Вміст твердих компонентів у маргарині визначають диференційно-калориметричним методом, який дозволяє одержати більш точні відомості, ніж ділатометрія. За цим методом зразок додатково розм'якшують, і далі дослідження проводять: для м'яких маргаринів – за температури до  $4 \text{ }^\circ\text{C}$ , а для твердих – до  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**Метод ядерно-магнітного резонансу (ЯМР).** Ядерно-магнітний резонанс є важливим фізичним методом дослідження олій, жирів та маргаринів. *L.O. Andersson* і *G. Proctor* (Англія) методом ЯМР визначали вміст твердого жиру в маргарині.

Порівнюючи результати, одержані ДТМ, ЯМР та дилатометричним методом, вчені виявили, що методи ЯМР та ДТМ дозволяють швидше визначити кількість твердих компонентів у маргаринах і маслах.

Спектроскопія ЯМР дає можливість ідентифікувати і досліджувати структуру жирних кислот та ацилгліцеринів, а також їхніх похідних, контролювати процеси модифікації жирів. У галузі дослідження структури моно- та діацилгліцеринів ЯМР є добрим доповненням хроматографічних методів.

**Визначення в'язкості.** Для визначення реологічних властивостей емульсії та маргарину широкого використання набули ротаційні віскозиметри, принцип дії яких базується на вимірюванні опору або крутних моментів, створюваних речовиною, що аналізується.

Останнім часом використовують вібраційні віскозиметри, перевагою яких є широкий діапазон вимірювання, висока чутливість і точність.

Принцип дії цих віскозиметрів полягає у визначенні затухання чутливого елемента датчика, зануреного у вимірюване середовище, яке відбувається внаслідок демпфуючого ефекту (в'язкості).

Ультразвукові віскозиметри – це універсальні прилади, що мають наступні переваги: широкий діапазон вимірювань, високу точність, безінерційність, відсутність рухомих деталей та ін. Проте ці прилади є дуже складними електронними пристроями.

До структурно-реологічних властивостей відносять: **твердість**, яка зумовлена структуроутворенням твердої фази, що залежить від температури плавлення; **міцність**, яка визначається граничним напруженням зрушення і характеризується умовами кристалізації в процесі зберігання; **пластичність і текучість**, зумовлені сумарним ефектом кристалоутворення, а також в'язкісними властивостями.

Найпоширеніший метод, за допомогою якого видосліджують твердість, полягає у розрізанні шматка маргарину певної температури дротиком визначеного діаметра. Як показник беруть навантаження, яке спричиняє розрізання продукту. За таким принципом працює відомий прилад Камінського [9].

**Пластичність** є властивістю тіла, що полягає у намаганні стримати деформацію і після зняття напруження відновлювати форму, тобто це здатність зберігати форму.

Пластичність деяких жирів за певної температури визначається співвідношенням твердої та рідкої фракцій жиру. Жир з доброю пластичністю не змінює в широкому інтервалі співвідношення вмісту твердих і рідких ацилгліцеринів. Для визначення пластичності необхідно знати вміст у жирі твердої фракції. Вміст твердої фракції визначається дилатацією.

Виявлено, що добру пластичність мають жири, у яких вміст твердої фракції становить 15-30 % і не змінюється в інтервалі температур від 10 до 30 °С. Якщо у жирі міститься більше 35 % твердих ацилгліцеринів, то він є твердим; для м'яких жирів цей показник становить 10-12 %.

Твердість, міцність, пластичність, в'язкість, здатність намазуватися часто визначають збірним терміном **консистенція**.

Тверді жири за кімнатної температури є гетерогенним пластичним матеріалом, який містить дві фази – тверду, що складається з великої кількості дрібних кристалів, певним чином пов'язаних між собою, і рідку (рослинну олію), в якій ці кристали дисперговані.

Властивості твердих пластичних жирів залежать від багатьох факторів: розміру, кількості і різновиду кристалів твердого жиру; твердості та міцності кристалічної решітки; відносної кількості твердої та рідкої фаз; в'язкості рідкої фази.

**Консистенцію** маргарину можна охарактеризувати через деякі реологічні властивості, які визначаються наступними способами:

- пластоміром – підготовлену пробу розміщують між двома паралельними пластинами під навантаженням і вимірюють деформацію [7];
- методом угинання – у цьому випадку мірою консистенції є величина прогинання закріпленої з двох кінців проби під дією власної ваги;
- методом розрізу – двома або декількома затягнутими дротиками розрізають маргариновий кубик з певною довжиною ребра. Як одиниця вимірювання

консистенції служить час розрізання за певного навантаження або сила розрізання за постійної швидкості;

– пенетрацією – за цим способом мірою консистенції є проникнення в пробу маргарину тіла конусоподібної, кулястої або іншої форми. Так, використовуючи конусоподібні або гольчасті пенетрометри, можна вимірювати не тільки твердість, але й міцність продукту.

Результати пенетрації використовують при обчисленні граничного напруження зрушення  $G$ , г/см<sup>2</sup>:

$$G = K \cdot \frac{m}{p^{1.6}}, \quad (10.3)$$

де  $K$  – фактор, який залежить від кута зрушення;  $p$  – глибина пенетрації,  $p = 0,1$  мм за 5 с;  $m$  – маса конуса, г.

## Список літератури

1. Азнаурьян М.П., Калашева Н.А. Современные технологии очистки жиров, производства маргарина и майонеза. –М.: Сампо-Принт, 1999. – 492 с.
2. Савилова К.Г., Азнаурьян М.П., Каспаров Г.Н. и др. Производство мягких маргаринов. Обзор. – М.: ЦНИИТЭИПищепром, 1985. –Вып. 7. – 24 с.
3. Арутюнян Н.С., Корнена Е.П., Янова Л.И. и др. Технология переработки жиров. – М.: Пищепромиздат, 1998. – 452 с.
4. Руководство по технологии получения и переработки растительных масел / Под ред. А.Г.Сергеева – Т.VI. – Кн.1. – Л.: НПО "Масложирпром", 1989. – 357 с.
5. Шмидт А.А., Панасюк Н.В., Чекмарева И.Б. Новые способы производства маргарина. – М.: ЦНИИТЭИПищепром, 1974. –28 с.
6. Руководство по методам исследования, технохимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности. – Т.1. – Кн.1. – Л: ВНИИЖ, 1967. – 585 с.
7. Руководство по методам исследования, технохимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности. – Т.1. – Кн.2. – Л.: ВНИИЖ, 1967. – 465 с.
8. Руководство по методам исследования, технохимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности. –Т.6. – Вып.3. – Л.: ВНИИЖ, 1982. – 418 с.
9. Руководство по методам исследования, технохимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности. – Т.3.–Л.: ВНИИЖ, 1964. – 493 с.
10. Файнберг Е.Е., Товбин И.М., Луговой А.В. Технологическое проектирование жироперерабатывающих предприятий.- М: Легкая и пищевая промышленность, 1983.- 416 с.



11. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие для вузов.-Л: Химия, 1987.-576 с.

12. Чубик И.А., Маслов А.М. Справочник по теплофизическим константам пищевых продуктов и полуфабрикатов.-М.: Пищевая промышленность, 1966.-156 с.

## ЗМІСТ

с

|  |    |
|--|----|
| Передмова .....  | 3  |
| Вступ .....  | 4  |
| 1. Асортимент м'яких маргаринів .....  | 5  |
| 2. Харчова цінність маргарину .....  | 11 |
| 3. Основні методологічні принципи складання рецептур<br>маргарину .....  | 13 |
| 4. Закономірності складу жиркових основ і процеси структуро-утворення у<br>виробництві м'яких маргаринів ..... | 18 |
| 5. Особливості складу м'яких маргаринів і низькокалорійних<br>паст .....                                       | 25 |
| 6. Сучасні методи виробництва м'яких маргаринів .....  | 40 |
| 7. Підготовка рецептурних компонентів .....  | 52 |
| 8. Основне обладнання для виробництва м'яких маргаринів .....  | 54 |
| 9. Технологічні розрахунки у виробництві м'яких маргаринів .....   | 68 |
| 10. Методи дослідження якості маргаринової продукції .....   | 77 |

Навчальне видання

**Тимченко** Валентина Кузьмівна

## ТЕХНОЛОГІЯ М'ЯКИХ МАРГАРИНІВ

Навчально-методичний посібник  
для студентів спеціальності 7.091705 –  
“Технологія жирів і жирозамінників”

Роботу рекомендувала до видання З.М. Товстолуг  
Відповідальний за випуск Ф.Ф.Гладкий

Редактор Л.А.Копієвська

План 2000 р., п.75

Підписано до друку

Формат 60x84/16 Папір офсетний

Друк – ризографія. Гарнітура Ум. друк. арк.5,5. Облік.-вид. арк. 5,7.

Тираж 100 прим. Зам. №

Ціна договірна

---

НТУ ХПІ, 61002, Харків, вул.. Фрунзе, 21.

---