

# Zahušťování a sušení kvasničného mléka

Ing. ZDENĚK AUNICKÝ, CSc., Konzervárny a lihovary, projekční a technické středisko, Praha

## 1. Úvod

Zvyšování produkce masa vyžaduje zajistit potřebné množství a sortiment krmiv. Zde mají významný vliv krmné bílkoviny, získané kultivací kvasinek na melase, lihu nebo jiném substrátu. Míra celostátního deficitu v produkci krmných bílkovin je velká a je známa. Je podtržena situací v dodávkách rybí moučky, kde ceny rychle stoupají a suroviny je nedostatek. Přihlédneme-li současně ke skutečnosti, že je možno zvýšit dávky krmných bílkovin do krmných směsí na několikanásobek dnešního stavu, zjistíme, že potřeba krmných bílkovin bude mít prudce stoupající tendenci.

Tato skutečnost vede ke stavbě nových závodů a k nutnosti rozšiřovat dosavadní závody. Rekonstrukce existujících závodů je problém v mnoha směrech složitější, vzhledem k návaznosti na existující stav.

Při zvyšování výrobní kapacity je vždy snaha dosáhnout zvýšení produkce při minimálních investičních nákladech. To znamená buď hledat a odstraňovat úzké profily linky, nebo při posuzování z hlediska ceny investic změnit výrobní podmínky tak, aby nejnákladnější nebo nejméně dostupná investice kapacitně stačila stavu po rekonstrukci bez nutnosti realizace nového zařízení.

Při výrobě krmných bílkovin jsou hlavními výrobními články fermentace, separace a sušení. V daném případě představuje sušárna výrobní článek, který nelze rozšířit nebo stavět novou kapacitu. Proto se pro rekonstrukci této výrobní linky hledala cesta, která by znamenala rozšíření kvasného prostoru a separace bez zásahu do vlastní sušárny. Řešení spočívá ve zvýšení obsahu sušiny kvasničného mléka, určeného k sušení. Za současného stavu se do sušárny vede netermolyzované mléko se sušinou 17 %. Použití vyšší koncentrace sušiny než 19–20 % není možné vzhledem k prudkému vzrůstu viskozity tohoto média. S přihlédnutím k požadované kapacitě sušárny je nutno zvýšit sušinu mléka na 24 %. Použití mléka s touto sušinou však je možné pouze po předchozím ztermolýzování mléka, kterým se podstatně sníží viskozita. Ztermolýzované mléko se sušinou 17 % lze potom zahustit na potřebnou sušinu a dále je sušit.

V souvislosti s touto cestou bylo nutno řešit tyto otázky:

- stanovení podmínek termolýzy,
- volbu způsobu zahušťování a provozní ověření,
- provozní ověření sušárny při použití zahuštěného mléka,
- ověření a doplnění informací o fyzikálních vlastnostech mléka z hlediska použitých výrobních operací.

## 2. Fyzikální vlastnosti kvasničného mléka

Při termolýze kvasničného mléka se snižuje viskozita mléka. To je základem, o který se opírají veškeré úvahy spojené s intenzifikací dané výroby krmného droždí ve vztahu k sušárně. Netermolyzované mléko s 24 % sušiny představuje značně konzistentní, zcela nečerpateľnou hmotu. V souvislosti s prováděnými zkouškami je nutno znát tyto informace:

- dobu, potřebnou k úplné termolýze mléka a teplotu této termolýzy,
- informace o vlivu termolýzy na viskozitu mléka v oblastech zajímavých koncentrací,
- závislost mezi viskozitou netermolyzovaného mléka a koncentrací sušiny,
- závislost viskozity netermolyzovaného mléka na teplotě,
- závislost mezi specifickou hmotou a koncentrací sušiny mléka.

Vzhledem k bezpečnosti chodu rozprašovacího zařízení sušárny lze předpokládat, že je nutné, aby viskozita zahuštěného termolyzovaného mléka nebyla vyšší než viskozita dosud používaného mléka netermolyzovaného se sušinou 17 %.

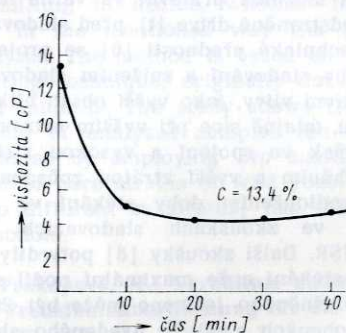
Vzhledem ke zcela omezenému množství informací o chování mléka za požadovaných podmínek bylo nutno existující informace ověřit a neexistující informace doplnit vlastními zkouškami.

### a) Průběh termolýzy

Ve vodní lázni při teplotě 70 °C se zahřívalo mléko o koncentraci 13,42 % sušiny. V určených časových intervalech byly vzorky co nejrychleji ochlazeny pod 30 °C a dále byla u nich určena měrná hmota a viskozita. Získané výsledky jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1. Závislost viskozity kvasničného mléka na době termolýzy

| Čas [min] | Teplota [°C] | Měrná hmota [kg/m <sup>3</sup> ] | Viskozita [cP] | Koncentrace [%] |
|-----------|--------------|----------------------------------|----------------|-----------------|
| 0         | 70           | 1042                             | 13,25          | 100             |
| 10        | 70           | 1042                             | 4,95           | 37              |
| 20        | 70           | 1042                             | 4,18           | 32              |
| 30        | 70           | 1042                             | 4,18           | 32              |
| 40        | 70           | 1043                             | 4,78           | 36              |



Obr. 1. Závislost viskozity na době termolýzy

Na průběhu termolýzy má v daném případě vliv především teplota. Při teplotě, při které se později konaly provozní pokusy (72–75 °C), dosáhne viskozita minima přibližně po dvaceti minutách. Jestliže doba termolýzy byla delší než 30 minut, hodnota viskozity se proti dosažené minimální hodnotě mírně zvýšila. Pokus byl několikrát opakován, vždy se stejným průběhem a shodnými výsledky.



Dalším faktorem, který má výrazný vliv na změnu viskozity při termolýze, je sušina termolýzovaného mléka.

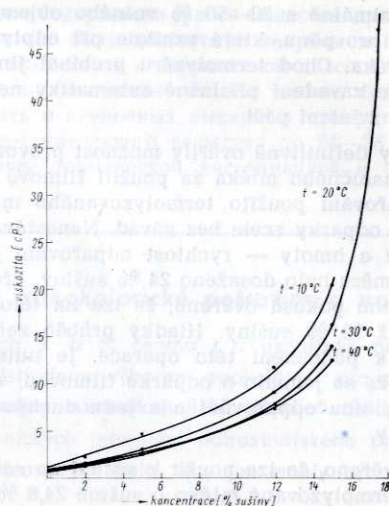
Tabulka 2. Vliv koncentrace sušiny netermolýzovaného kvasničného mléka na změnu viskozity mléka při termolýze

| Koncentrace [%] | Měrná hmota [kg/m <sup>3</sup> ] | Viskozita [cP] | Viskozita [%] | Termolýza teplota [°C] | Termolýza doba [min] | Pozn.             |
|-----------------|----------------------------------|----------------|---------------|------------------------|----------------------|-------------------|
| 11,96           | 1035                             | 9,10           | 100           | 72—75                  | 47                   | provozní pokus    |
| 12,51           | 1038                             | 3,42           | 38            | 72—75                  | —                    | laboratorní pokus |
| 13,44           | 1042                             | 13,25          | 100           | 70                     | 40                   | provozní pokus    |
| 13,50           | 1043                             | 4,78           | 36            | 70                     | —                    | provozní pokus    |
| 17,34           | 1053                             | 46,7           | 100           | 72—75                  | 47                   | provozní pokus    |
| 17,44           | 1054                             | 7,17           | 15            | 72—75                  | —                    | provozní pokus    |

Z výsledků zkoušek je patrné, že čím vyšší koncentraci má mléko termolýzované při konstantní teplotě, tím je změna viskozity po termolýze výraznější. Při 12 % sušiny klesla viskozita mléka po termolýze na 38 % původní hodnoty, při sušině mléka 17 % klesla viskozita na 15 % původní hodnoty.

#### b) Závislost viskozity netermolýzovaného kvasničného mléka na koncentraci sušiny a na teplotě mléka

Pro netermolýzované mléko lze uvedené závislosti sledovat v rozmezí koncentrací asi do 18 % sušiny mléka a do teploty max. 40 °C. Při vyšší teplotě se může mléko již částečně termolýzovat, vyšší koncentrace již nelze měřit běžnými viskozimetry.

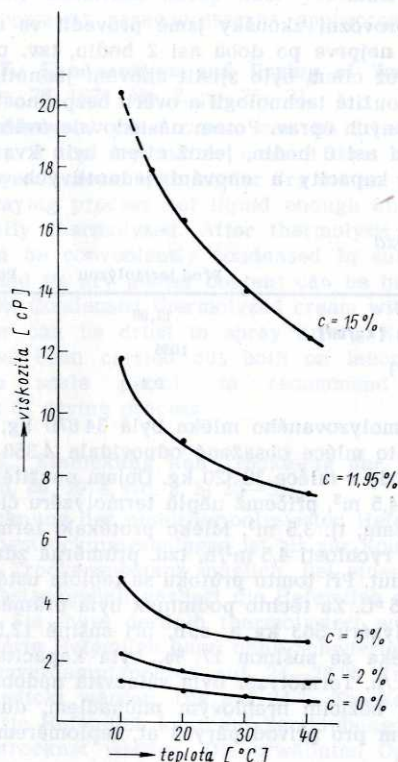


Obr. 2. Závislost viskozity netermolýzovaného mléka na koncentraci a teplotě

Tabulka 3. Vliv sušiny a teploty netermolýzovaného kvasničného mléka na viskozitu

| Sušina [%] | Teplota [°C] | Viskozita [cP] | Měrná hmota [kg/m <sup>3</sup> ] |
|------------|--------------|----------------|----------------------------------|
| 0          | 10           | 1,31           | 999,7                            |
|            | 20           | 1,01           | 998,2                            |
|            | 30           | 0,80           | 995,6                            |
|            | 40           | 0,66           | 992,2                            |
| 2          | 10           | 2,2            | 1006                             |
|            | 20           | 1,65           | 1006                             |
|            | 30           | 1,40           | 1005                             |
|            | 40           | 1,30           | 1003                             |
| 5          | 10           | 4,7            | 1016                             |
|            | 20           | 3,1            | 1014                             |
|            | 30           | 2,7            | 1014                             |
|            | 40           | 2,6            | 1010                             |
| 11,9       | 10           | 11,8           | 1037                             |
|            | 20           | 9,1            | 1035                             |
|            | 30           | 7,9            | 1034                             |
|            | 40           | 7,4            | 1033                             |
| 15         | 10           | 20,5           | 1053                             |
|            | 20           | 16,3           | 1052                             |
|            | 30           | 14,0           | 1051                             |
|            | 40           | 12,5           | 1051                             |
| 17,34      | 20           | 46,7           | 1053                             |

U netermolýzovaného mléka viskozita se vzrůstem sušiny exponenciálně roste. Při změně sušiny z hodnoty 0 % na 15 % vzroste viskozita z 1,01 cP na 16,3 cP při 20 °C, tj. o 15,3 cP, tj. 16krát.



Obr. 3. Závislost viskozity netermolýzovaného mléka na teplotě a koncentraci

Na 1 % sušiny v této oblasti připadá změna viskozity 1 cP. Naopak při změně koncentrace z hodnoty 15 % na 17,34 % sušiny se změnila viskozita mléka z hodnoty 16,3 cP na 46,7 cP, tj. vzroste o 30,4 cP. V této oblasti koncentrací sušiny mléka připadá na 1 % sušiny průměrný přírůstek viskozity asi 13 cP.

Při změně teploty mléka z 10 °C na 40 °C klesne viskozita netermolýzovaného mléka (při koncentraci sušiny v rozmezí 0—15 %) asi na 50—60 % původní hodnoty při 10 °C. To znamená, že na změnu teploty mléka o 1 °C připadá změna viskozity asi 1,7—2,0 % původní hodnoty.

### 3. Provozní pokusy

Otázky spojené s termolýzou a zahušťováním v laboratorním měřítku byly v podstatě ujasněny. S přihlédnutím k množství odpařené vody při sušení bylo možno též teoreticky předpokládat, že lze zahuštěné termolýzované mléko sušit v dosavadní sušárně. Nebyly však k dispozici zkušenosti s dlouhodobější kontinuální provozní termolýzou. (To jsou otázky regulace teploty, zdržné doby, pění. . .) Nebylo dále jasno, zda zahuštění mléka v odparce bude možné a za jakých podmínek (tj. rychlost odpařování, pění, tekutost mléka, typ odparky . . .). Chování mléka při provozním odpařování nebylo odzkoušeno. Při použití rozprašovací sušárny zase nebylo známo, zda se změnou podmínek (tj. při konstantním množství odpařené vody a při podstatně vyšším průtoku sušiny) se nezvýší zatížení pohonu atomizéru, chvění hřídele, znečištění nebo poškození atomizéru, nesníží obsah sušiny produktu nebo nevzniknou jiné odchylky od dosavadního stavu. Obecně lze stav informací shrnout tak, že respektujeme-li rozdíl mezi chováním mléka živočišného a kvasničného, potom při jakékoliv změně technologie (při zařazení odparky se jednalo o nový prvek



vůbec) se dostáváme do oblastí, kde se musí dosavadní zkušenosti nejprve extrapolovat za známé hranice, potom laboratorně ověřit a dále definitivně vyzkoušet v provozním měřítku.

Vlastní provozní zkoušky jsme provedli ve dvou etapách, a to nejprve po dobu asi 2 hodin, tzv. orientační měření, jehož cílem bylo zjistit chování jednotlivých zařízení při použité technologii a ověřit bezpečnost a správnost navržených úprav. Potom následovalo ověřovací měření trvající asi 6 hodin, jehož cílem bylo kvantitativně vyhodnotit kapacity a chování jednotlivých výrobních článků.

#### a) Termolýza

| Stav mléka                                    | Před termolýzou | Po termolýze |
|---|-----------------|--------------|
| Sušina [%]                                    | 11,96           | 12,51        |
| Měrná hmota [kg/m <sup>3</sup> ]<br>při 20 °C | 1035            | 1038         |
| Viskozita [cP]<br>při 20 °C                   | 9,1             | 3,42         |

Váha termolýzovaného mléka byla 34 670 kg, váha sušiny v tomto mléce obsažené odpovídala 4 350 kg a. s., množství vody v mléce 30 320 kg. Objem použitého termolýzéry byl 4,5 m<sup>3</sup>, přičemž náplň termolýzéry činila 78 % tohoto objemu, tj. 3,5 m<sup>3</sup>. Mléko protékalo termolýzérem průměrnou rychlostí 4,5 m<sup>3</sup>/h, tzn. průměrná zdržná doba byla 47 minut. Při tomto průtoku se teplota ustálila v rozmezí 72–75 °C. Za těchto podmínek byla průměrná kapacita termolýzéry 563 kg a. s./h, při sušině 12,51 %. Při použití mléka se sušinou 17 %, byla kapacita zařízení 765 kg a. s./h. Termolýzér byla válcovitá nádoba, opatřená pomalu běžícím hrablovým míchadlem, duplikátorem pláštěm pro přívod páry 3 at, teploměrem a stavoznakem.

#### b) Odpařování

| Stav mléka                                    | Před odpařováním | Po odpařování |
|---|------------------|---------------|
| Sušina [%]                                    | 12,51            | 24,63         |
| Měrná hmota [kg/m <sup>3</sup> ]<br>při 20 °C | 1038             | 1082          |
| Viskozita [cP]<br>při 20 °C                   | 3,42             | 31,5          |
| Teplota mléka [°C]                            | 54–58            | 61–63         |

Váha nezahuštěného mléka před odpařováním byla 34 670 kg, po odpaření byla váha zahuštěného mléka 17 470 kg. Odpařeno bylo 17 200 kg vody, váha sušiny v mléku byla 4 300 kg a. s. Ztráta sušiny při manipulaci byla 50 kg a. s. Mléko bylo odpařováno při teplotě 62 °C. Bylo použito páry 3 at. Odpařování trvalo 5 h 35 min. Rychlost odpařování byla 3 080 kg vody/h. K odpařování byla použita vakuová filmová odparka typu Kestner-finisér, zařazená jako jednočlen. Vytápěna byla přímou párou. Odpařovací plocha byla 120 m<sup>2</sup>. Změny sušiny při odpařování byly kontrolovány měřením hustoty mléka.

#### c) Sušení

| Stav mléka a produktu                         | Před sušením | Po sušení |
|---|--------------|-----------|
| Sušina [%]                                    | 24,63        | 93,94     |
| Měrná hmota [kg/m <sup>3</sup> ]<br>při 20 °C | 1082         |           |
| Viskozita [cP]<br>při 20 °C                   | 31,5         |           |
| Teplota mléka [°C]                            | 46–51        |           |

Teplota mléka na vstupu do sušárny se pohybovala v rozmezí 46–51 °C, teplota plynu za pecí byla 270 až 290 °C, teplota v sušící komoře 108–112 °C. Motor atomizéry byl zatížen na 17 A, variátor dávkovacího čerpadla mléka do sušárny byl otevřen na 97 %. Sušeno bylo celkem 17 390 kg mléka s celkovou sušinou 4 280 kg a. s. Usušeno a zachyceno bylo celkem 3 900 kg a. s., úlet z cyklónů za sušárnu byl 380 kg a. s., tj. asi 10 % zachyceného produktu. Celková doba sušení byla 6 h. Uvažujeme-li produkt o sušině 94 %, potom byla

| kapacita zařízení<br>vztahovaná na | produkt 94 % | abs. sušinu 100 % |
|------------------------------------|--------------|-------------------|
| Zachycené množství                 | 690 kg/h     | 650 kg/h          |
| Úlet                               | 67 kg/h      | 63 kg/h           |
| Celková kapacita                   | 757 kg/h     | 713 kg/h          |
| Celková kapacita<br>při 1 % úletu  | 710 kg/h     | 703 kg/h          |

Vysoký úlet byl způsoben nesprávně dimenzovanými cyklóny a ventilátory. Za daných podmínek byla hodinová spotřeba plynu 600 Nm<sup>3</sup>/h, což odpovídá specifické spotřebě 870 Nm<sup>3</sup>/t zachyceného produktu, nebo 790 Nm<sup>3</sup>/t usušeného produktu (tj. včetně úletu). Odpařeno bylo celkem 12 800 kg vody, rychlost odpařování vody byla 2140 kg vody/h.

#### 4. Celkové zhodnocení

a) Laboratorními zkouškami bylo ověřeno, že viskozita termolýzovaného mléka o sušině 24,6 % má přibližně stejnou hodnotu (31,5 cP) jako viskozita 17 % mléka netermolýzovaného (15 % sušiny — 16,3 cP; 17,3 % sušiny — 46,7 cP). Z hlediska viskozity, která má dominující vliv při čerpání a funkci sušárny, je tedy možno předpokládat oprávněnost použití vyššího množství sušiny mléka.

b) Zařazení provozní kontinuální termolýzy je nutné jak vzhledem k funkci odparky, tak i vzhledem k sušárně. Při termolýze se odstraní z mléka vzduch a ostatní plyny a sníží se viskozita mléka. Při termolýze je nutno uvažovat minimálně s 30–50 % volného objemu termolýzéry, a to pro pěnu, která vznikne při odplyňování a zahřívání mléka. Chod termolýzéry probíhal jinak zcela bez závad. Po zavedení příslušné automatiky nevyžaduje tento stupeň zvláštní péči.

c) Zkoušky definitivně ověřily možnost provozního odpařování kvasničného mléka za použití filmové odparky. Je-li k odpařování použito termolýzovaného mléka, potom je chod odparky zcela bez závad. Nenastává pění, převod tepla a hmoty — rychlost odpařování je dostatečná. V průměru bylo dosaženo 24 % sušiny. Přesto však bylo v průběhu pokusů ověřeno, že lze na této odparce dosáhnout až 30 % sušiny. Hladký průběh zahušťování nesmí vést k podcenění této operace. Je nutno zvlášť podotknout, že se jednalo o odparku filmovou, vakuovou, s nízkou teplotou odpařování a s jednoduchým průcho-dem kapalinou.

d) Bylo ověřeno, že lze použít k sušení na rozprašovací sušárně termolýzované mléko o sušině 24,6 %, při viskozitě 31,5 cP. Získaný usušený produkt měl sušinu 93,9 % a vzhledem i celkovým stavem se nelišil od produktu získaného za původních podmínek. Celkový provoz sušárny byl zcela normální (tj. zatížení motoru atomizéry, chvění hřídele, odpařovací rychlost. Zvláštní pozornost byla věnována stavu atomizéry. Nebyly zjištěny žádné závady nebo změny, vlhká hmota se nenalepovala na kotouč apod.). Vysoký úlet z cyklónů je závada, která nesouvisí se samotnou funkcí sušárny, která pracuje vcelku uspokojivě.

e) Dosažené kapacity v jednotlivých výrobních článcích, které byly předmětem zkoušek:

|             |   |
|-------------|---|
| termolýzér: | 765 kg a. s./h při 17% sušiny mléka<br>540 kg a. s./h při 12% sušiny mléka  |
| odparka:    | odpařovací rychlost 3080 kg vody/h<br>Ø konc. sušiny 24,6 %<br>produkce zahuštěného mléka o sušině 24,6 %<br>je 3140 kg/h, tj. 770 kg a. s./h             |
| sušárna:    | odpařovací rychlost 2140 kg vody/h<br>kapacita sušárny 713 kg a. s./h<br>konečná sušina produktu 93,9 %<br>spotřeba plynu 790 Nm <sup>3</sup> /t produktu |



f) Na základě ověřených hodnot fyzikálně chemických, kapacitních, energetických a všech ostatních sledovaných údajů (v měřítku laboratorním i provozním) lze konstatovat, že je plně oprávněný a ověřený postup, kdy odseparované mléko o sušině 17 % se termolyzuje, termolyzované se na filmové odparce zahušťuje na 24 % sušiny, potom se vede po částečném ochlazení do rozprašovací sušárny, kde se usuší na konečnou sušinu 94 %.

*Lektoroval Ing. M. Rychtera, CSc.*

**Aunický, Z.: Zahušťování a sušení kvasničného mléka.**  
Kvas. prům., 20, 1974, č. 2, s. 28—31.

Sušení netermolyzovaného kvasničného mléka v rozprašovací sušárně je možné do koncentrace 17 % sušiny. Při vyšším obsahu sušiny ztrácí mléko tekutost. Je proto nutné je termolyzovat. Termolyzované mléko lze bez obtíží zahušťovat na filmové odparce na 24—28 % sušiny. Mléko zahuštěné na 24 % sušiny je možno v rozprašovací sušárně normálně sušit. Byly provedeny laboratorní i provozní pokusy. V článku jsou popsány technické podmínky uvedených operací.

**Ауницки, З.: Сгущение и сушка дрожжевого молока**  
Квас. прум. 20, 1974, № 2, стр. 28—31.

Дрожжевое молоко не подвергнутое предварительной термической диссоциации можно сушить в распылительных сушильных установках лишь при условии содержания сухого вещества, не превышающем 17 %. При более высоком содержании сухого вещества дрожжевое молоко перестает быть достаточно текучим и поэтому необходимо прибегнуть к термической диссоциации. После диссоциации дрожжевое молоко можно без затруднений сгущать в пленочных выпарных аппаратах и повысить содержание сухого вещества до 24—28 %. Молоко обработанное термической диссоциацией и содержащее

24 % сухого вещества можно сушить в распылительных сушилках, применяя обычную технологию. На основании лабораторных экспериментов и проверки в производственном масштабе автор дает указания по оптимальных режимах технологических процессов.

**Aunický, Z.: Condensation and Drying of Yeast Cream.**  
Kvas. prům. 20, 1974, No. 2, pp. 28—31.

Non-thermolyzed yeast cream can be dried in spray driers only if the dry matter content does not exceed 17 %. The yeast cream with higher dry matter percentage is for spraying process not liquid enough and must be consequently thermolyzed. After thermolysis the yeast cream can be conveniently condensed in suitable evaporators and its dry matter content can be increased to 24—28 %. Condensed thermolyzed cream with 24 % of dry matter can be dried in spray driers. Experiments which have been carried out both on laboratory and production scale permit to recommend optimum conditions of drying process.

**Aunický, Z.: Eindickung und Trocknung der Hefemilch.**  
Kvas. prům. 20, 1974, No. 2, S. 28—31.

Die Trocknung der nichtthermolysierten Hefemilch auf Zerstäubungstrocknungsanlagen ist bis zur Konzentration von 17 % Trockensubstanz möglich. Bei einem höheren Trockensubstanzgehalt verliert die Hefemilch das Fließvermögen. Sie muss deshalb thermolysiert werden. Die thermolysierte Hefemilch kann ohne Schwierigkeiten auf einem Filmverdampfapparat auf 24—28 % Trockensubstanz eingedickt werden. Die auf 24 % Trockensubstanz konzentrierte Hefemilch kann auf Zerstäubungstrocknern normal getrocknet werden. Die erwähnten Operationen wurden in Labor- und Betriebsversuchen erprobt. In dem Artikel werden ihre technischen Bedingungen beschrieben.