

# DOBIVANJE PRAHA OD SIRUTKE METODOM RASPRŠIVANJA

PROHASKA Josip, dipl. ing., MAROŠEVIĆ Stjepan, dipl. ing., Mljekarska industrija »Zdenka«, Veliki Zdenci

## I. Sirutka kao sirovina

Već je odavno shvaćena činjenica, da sirutka, nastala u proizvodnji sireva i kazeina, nije samo otpad, već i vrlo važan nusproizvod. Njezino zahvaćanje i iskorištavanje ima veliki značaj za rentabilnost naših sirarskih pogona.

Sirutka sadrži polovinu suhe tvari mlijeka za sirenje, te ima veliku kalorijsku i nutritivnu vrijednost. Osim toga iskorišćivanje sirutke ima veliki značaj za održavanje čistoće naših vodenih tokova i na taj način doprinosi borbi za očuvanje čovjekove okoline. 1.000 litara sirutke zagađuje vodeni tok kao otpadne vode jedne mljekare kapaciteta 30.000 litara mlijeka na dan.

Težnja, da se sirutka iskoristi u Mljekarskoj industriji »ZDENKA«, stara je, koliko i proizvodnja sira, u ovoj industriji. No, prioriteta investiranja nisu joj dugo bili naklonjeni. Još prije rata, pored sirane »ZDENKE«, vrši se tova svinja sirutkom. Sirutka se poslije rata koristi uglavnom obiranjem i prodajom. Veliki broj vanjskih pogona pogodio je prodaji sirutke seljacima za ishranu stoke. Koncentracija prerade mlijeka u centralnu siranu u Velikim Zdencima 1966. godine oštro je nametnula problem iskorištenja sirutke. U to doba najveći dio obrane sirutke završava u kanalizaciji. Koncem 1973. godine puštena je u rad tvornica za sušenje sirutke, čije je postrojenje nabavljeno od firme »ANHYDRO« — Kopenhagen (Danska).

Kemijski sastav slatke sirutke dobivene u proizvodnji sireva, prema raznim autorima, prikazuje tabela 1, (autori pod 3 i 4 govore o obranoj sirutki).

Tabela 1

Sastav sirutke

Suha tvar u %	mlječna mast u %	bjelančevine u %	laktoza u %	Pepeo u %	Specifična težina u °L	Autori
6,685	0,47	1,149	4,05	0,622	27	M. Markeš
6,6	0,3	0,9	4,4	0,6	—	Ling
6,1	0,10	0,7	4,8	0,5	—	Škopek-Šmrha
6,89	0,04	1,1	5,2	0,55	—	Koestler-Stüssi

Osim vrijednosti navedenih u prethodnoj tabeli sirutka u 100 g sadrži i: 51 mg Ca, 53 mg P, 0,10 mg Fe, 40 i. j. vitamina B<sub>1</sub>, 0,14 mg vitamina B<sub>2</sub> i 0,10 mg vitamina PP.

Kalorijska vrijednost iste količine sirutke iznosi oko 22 cal, a hranidbena vrijednost oko 0,13 h. j.

Svakodnevno praćenje sastava vlastite sirutke dalo nam je vrijednosti prikazane u tabeli 2.

Tabela 2.

	Sastav sirne sirutke mljekarske industrije »ZDENKA«										
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	Pro-sjek
% s. t.	5,96	6,10	5,95	6,19	6,26	5,95	6,03	5,88	6,23	6,03	<b>6,06</b>
% ml. m.	0,10	0,02	0,05	0,05	0,02	0,03	0,03	0,05	0,02	0,02	<b>0,03</b>
<b>%SH</b>	4,91	4,97	5,05	5,07	4,97	4,91	5,00	4,90	5,00	4,83	<b>4,96</b>

Kao što je vidljivo iz priložene tabele suha tvar naše sirutke iznosi 6,06%, što predstavlja polaznu osnovu sagledavanja racionalnosti iskorištenja sirovine i kapaciteta postrojenja. Ovaj podatak govori i o dobrom korištenju mlijeka u preradi, te tehnološkom postupku proizvodnje sira, u kome se za naravnavanje kiselosti sirutke koristi voda.

Početak tehnološkog postupka prerade sirutke u prah počinje njenim cijeđenjem, dekantiranjem, te obiranjem i hlađenjem. Podaci iz tabele govore i o količini masti, koja zaostaje nakon obiranja sirutke, te o kiselosti koja se nastoji zadržati na nivou vrijednosti u fazi kalupljenja sira.

Iz tih razloga sirutku hladimo na pločastom hladioniku na temperaturi od 5—8°C. Takva se sirutka skladišti u cisterne i sprema za daljnju preradu.

## II. Tehnološki postupak proizvodnje sirutke u prahu

Sušenje sirutke u prah (»spray« — sistem) kao način njenog korištenja izabran je iz ovih razloga:

1. Što kompleksno rješava problem sirutke bez otpada
2. Što se dobiva trajan proizvod ravnomjerne kvalitete u kontinuiranom postupku.
4. Radi elastičnosti tehnološkog postupka, da se koristi i za druge proizvode ili usmjeri u nekom drugom tehnološkom pravcu,
5. Radi tehnološke provjerenosti u praksi i visoke automatiziranosti.

Čitav tehnološki postupak sastoji se iz tri osnovne vremenski odvojene, tehnološke faze: a) uparavanje, b) kristalizacija i c) sušenje.

### a) Uparavanje sirutke

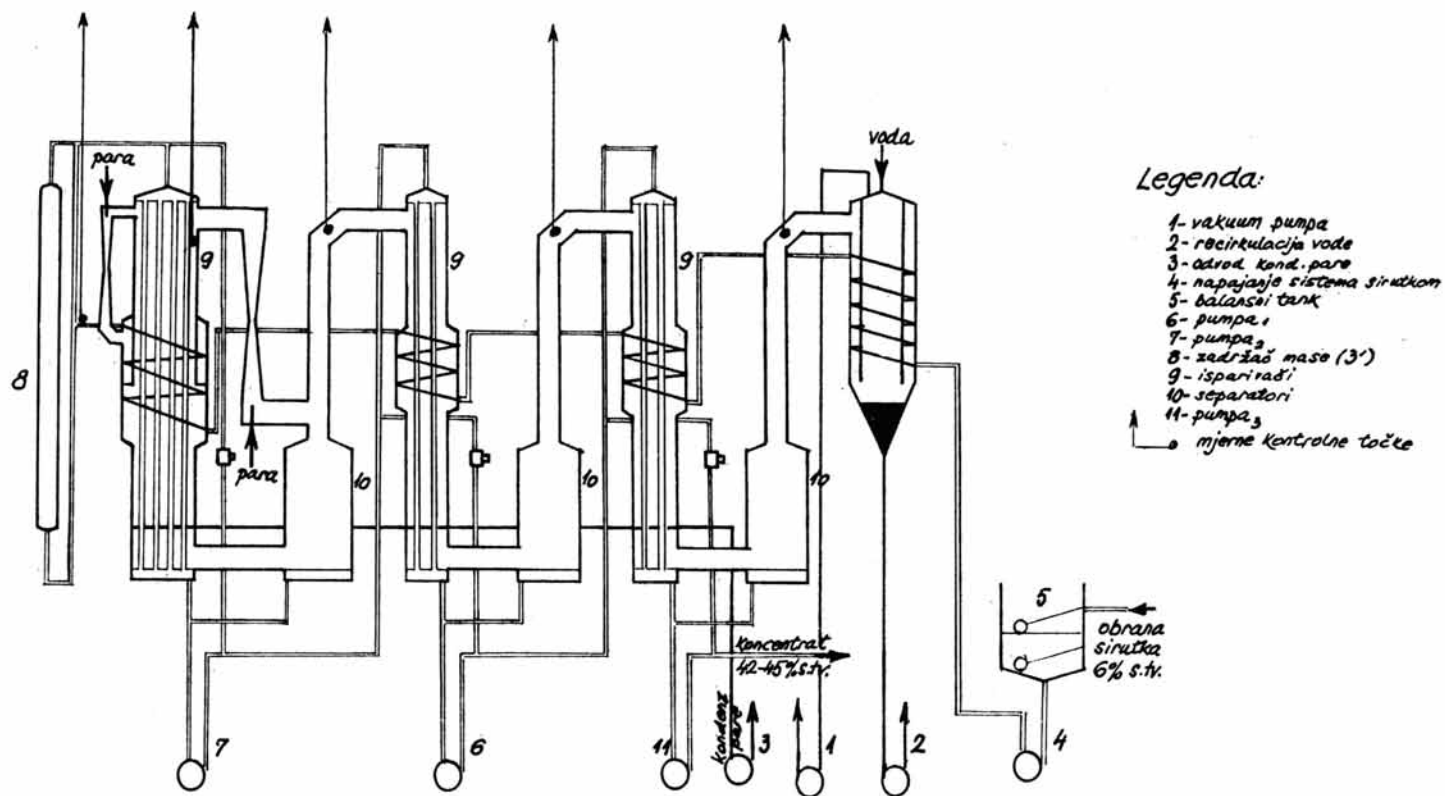
Uparavanje se vrši na uparnoj stanici, a prva je faza dobivanja praha od sirutke. Tehnološki cilj ove faze je dobivanje koncentrata s povećanom količinom suhe tvari radi lakšeg i racionalnijeg izvođenja slijedećih dviju faza, odnosno kristalizacije i sušenja. (Slika br 1.)

U ovoj fazi kao što je poznato, koristi se fenomen različitih temperatura vrenja vode kod različitih pritisaka. Radi toga u postrojenju ove faze vlada osim temperature i vakuum.

Uprošćeni prikaz osnovnog tehnološkog zahvata, kao i kapaciteta postrojenja u ovoj fazi možemo izraziti ovako:

— dotok sirutke	5.800 kg/h sa 6,5% suhe tvari
— ispareno vode	4.960 kg/h sa 6,5% suhe tvari
Koncentrat	840 kg/h sa 45% suhe tvari

## Tehnološka shema faze uparavanja obrane sirutke



Slika br. 1

Postrojenje za uparivanje je trostepena uparna stanica, koja se sastoji iz ovih osnovnih dijelova: predgrijači, grijači, separatori, kondenzator, vakuum-pumpa i sistem pumpi za cirkulaciju mase.

Sirutka se uvodi u sistem napojnom pumpom i u sistemu predgrijača postepeno zagrijava, te na kraju pod utjecajem pare postiže temperaturu 93°C u trajanju od 3 minute. Na prvom grijaču vrši se isparavanje sirutke u tankom padajućem filmu pod djelovanjem vakuuma. Zračna struja, koju stvara vakuum, a separatorima odvađa vodenu paru od mase i odnosi je u slijedeći grijač, gdje se koristi njena toplinska energija. U drugom i trećem stupnju ponavljaju se isti procesi, s tim da strujanje para završava u kondenzatoru, gdje se kondenziraju pomoću hladne vode. Karakteristične temperature u sva tri stupnja su ove: 74°C, 64°C, 44°C. Izbjegavanje temperatura otparivanja većih od 70°C vrlo je važno radi njihovog nepovoljnog utjecaja na bjelancevine sirutke.

Prebacivanje koncentrata od stupnja do stupnja vrši se sistemom pumpi s mogućnošću recirkulacije u istom stupnju reguliranjem mikroventilima.

U koncentratu smo pratili iste karakteristične elemente strukture sastava kao i kod obrane sirutke.

Tabela 3.

Sastav koncentrirane sirutke

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	Prosjek
% s. tv.	43,9	41,0	41,7	42,4	43,7	43,7	40,8	41,2	42,2	42,8	<b>42,3</b>
% ml. m.	0,07	0,15	0,35	0,32	0,13	0,20	0,22	0,35	0,15	0,17	<b>0,21</b>
%SH	38,4	39,4	39,6	40,8	39,2	41,2	39,0	42,0	36,0	38,5	<b>39,4</b>

Iz tabele je vidljiva koncentracija osnovnih sastojaka sirutke koja se kreće u omjeru 1:7 u postavljenom odnosu sirutka : koncentrat.

Postizavanje što veće koncentracije suhe tvari nužno je za racionalno iskorištavanje postrojenja u daljnim fazama procesa.

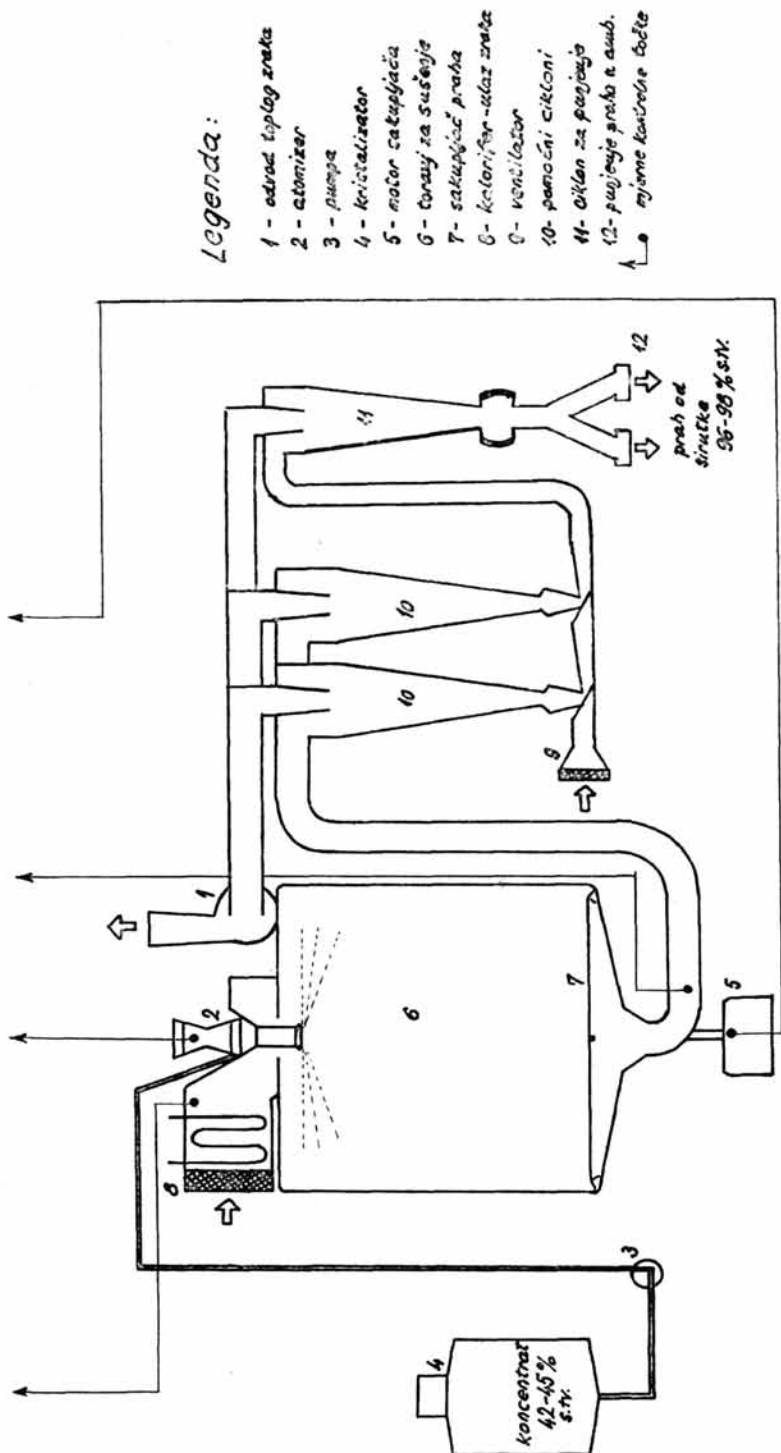
Energija, koju zahtijeva ova faza, svodi se na 30KW/h električne energije, te oko 0,26 kg pare pritiska 11 atp/kg otparene vode.

Količina vode potrebna za kondenzator iznosi 22 m<sup>3</sup>/h.

## b) Kristalizacija

Radi omogućavanja sušenja koncentrata od sirutke i smanjenja higroskopnih osobina praha od sirutke potrebno je prevesti laktozu iz amorfnog u kristalni oblik. Ova faza prerade sirutke u prah vrši se u kristalizatorima. To je posuda, koja osim uređaja za miješanje sadržaja, raspolaže i mogućnošću njegova hlađenja. Broj okretaja mješalice iznosi 100 min s tim, da se miješanje odvija 30 sek u pravcu kazaljke na satu, iza čega slijedi 10 sek odmora. da bi se miješanje u istom ritmu nastavilo u suprotnom pravcu. To je važno radi dobivanja kristala laktoze određene veličine i vremena trajanja procesa kristalizacije.

*Tehnološka shema faze sušenja koncentrata obrane sirutke*



Slika br. 2

Količina laktoze u koncentratu iznosi oko 30%.

U cilju zahvaćanja maksimalne količine laktoze kristalizacijom potrebno je hladiti koncentrat u dvije faze. Dobivanje što manjih kristala u prvoj fazi postiže se povećanjem brzine mutacije — beta laktoze u alfa laktozu —. Zato treba hlađenje koncentrata sirutke izvršiti što brže s temperature trećeg stupnja uparne stanice (44°C) na temperaturu 25—30°C. Ovo hlađenje izvodi se kontinuirano na postrojenju uparne stanice. Na taj način, kao što je vidljivo iz dijagrama po Hudson-u, postiže se faza ubrzane kristalizacije laktoze. (Slika br. 2).

U kristalizatoru se hlađenje nastavlja na temperaturi od 18°C, čime se dovodi laktoza koncentrata u fazu prezasićenja. Ukupan tok kristalizacije traje 8—10 sati, a veličina kristala se kreće oko 10 mn.

Kao što je već spomenuto laktoza je u otopini prisutna, u međusobnoj ravnoteži alfa i beta oblika. Pothlađivanjem koncentrata jedan dio beta laktoze iskristalizirat će se u obliku nehigroskopskog hidrata alfa — laktoze. To dovodi do poremećaja ravnoteže, radi čega jedan dio beta oblika laktoze prelazi u alfa oblik, a rezultat toga je kontinuirana kristalizacija.

Dodatak određene količine kristalne laktoze sa sitnim kristalima (oko 1  $\mu$ ) u koncentrat pospješuje kristalizaciju. Sitni kristali ponašaju se u procesu kristalizacije kao inicijalne jezgre kristala.

Vlastiti pokusi u vezi toga su u toku i do sada su pokazali rezultate, koji potvrđuju ovu tvrdnju.

Završetak kristalizacije utvrđuje se mikroskopiranjem nativnog preparata, a oblik i veličina kristala označavaju početak pristupanja sušenju »spray-sistemom«.

### c) Sušenje »spray-sistemom«

Sušenje se vrši u tornju za sušenje raspršivanjem čestica koncentrata u vrelom zraku i predstavlja završnu fazu dobivanja praha od sirutke. Završna dehidratacija vrši se samo u jednom radnom taktu.

Pojednostavljeni prikaz ovog radnog takta govori i o kapacitetu postrojenja.

dotok koncentrata	840 kg/h sa 45% suhe tvari
ispareno vode	450 kg/h sa 45% suhe tvari
Prah od sirutke	390 kg/h sa 97% suhe tvari

Postrojenje za sušenje sastoji se iz slijedećih dijelova: kalorifer s filterom za zrak, ventilator, toranj, napojna pumpa s raspršivačem, cikloni, sistem za transport i hlađenje praha.

Parni kalorifer zagrijava pročišćeni zrak na 160—170°C, koji struji u toranj. Temperatura zraka koristi se za sušenje u istosmjernom postupku. Spomenute zračne struje, koje stvara ventilator, služe ujedno i za izvlačenje praha iz tornja i za njegov daljnji transport sistemom cijevi.

Toranj je s ravnim dnom, po kojem kruži zgrtač praha. Izlazna temperatura mješavine zraka i praha na dnu tornja iznosi 90°C. Ova temperatura daljinski određuje kapacitet rada napojne pumpe, koja doprema koncentrat do atomizera. U koliko raste temperatura izlaznog zraka iz tornja, kapacitet pumpe se povećava i obratno. Time se osigurava racionalno korištenje kapaciteta tornja gledano kroz količinu isparene vode, a ujedno se sprečava nedovoljno ili prekomjerno zagrijavanje praha, što bi moglo negativno djelovati na njegovu kvalitetu.

Atomizer je rotirajući disk (11.000 0/min), čija brzina na obodu raspršuje čestice koncentrata u struju vrellog zraka. Raspršeni koncentrat povećava površinu (kg koncentrata u česticama od 50 miligrama = 120 m<sup>2</sup> površine) i u dodiru s vrelim zrakom trenutačno se suši uz temperaturu čestica 60—70°C.

Nakon toga čestice praha zagrijavaju se u slobodnom padu na temperaturu izlaznog zraka i tako napuštaju toranj. U ciklonima se odvaja zrak iz te struje, a prah nošen pneumatskim putem kroz sistem cijevi polako se hladi i završava u sistem za ambalažiranje.

Utrošak energije u ovom dijelu iznosi oko 60 KW/h i 1.200 kg pare s 11 atp/h.

### Prah od sirutke

Analitičke vrijednosti sastava praha, koji dobivamo po iznesenom postupku, prikazane su u tabeli 4.

Tabela 4.

Sastav sirutkinog praha

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	Pro-sjek
% vode	2,3	2,6	2,9	2,4	2,6	3,4	3,3	2,8	3,1	3,2	2,85
% s. tv.	97,7	97,4	97,1	97,6	97,4	96,6	96,7	97,2	96,9	96,8	97,15
% ml. m.	0,2	0,4	0,4	0,4	0,6	1,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,45
% laktoze	73,2	74,9	74,8	74,0	73,0	73,2	74,0	73,2	73,9	74,1	73,75
% bjelanč.	13,9	11,4	11,8	12,9	13,6	13,0	11,5	13,4	12,2	12,0	12,60
% pepela	10,4	10,7	10,6	10,4	10,2	9,8	10,6	10,1	10,4	10,3	10,35
% Ca	0,66	0,75	0,72	0,77	0,69	0,77	0,72	0,73	0,67	0,70	0,72
% P	0,50	0,55	0,55	0,55	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,52
%SH	4,5	4,7	4,9	5,1	4,8	5,4	5,4	5,4	5,6	4,8	5,1
pH	5,3	5,4	5,6	5,4	5,3	5,3	5,6	5,5	5,4	5,4	5,4
nasip. t. g/100 ml.	39,2	41,2	43,8	44,4	41,8	44,3	40,2	41,7	42,1	36,5	41,5
cal/100 g	359	357	359	360	361	359	356	360	357	357	358,5
topivost	normalna (bez ostatka)										bez ostatka

Izvršena bakteriološka ispitivanja govore o vrlo kvalitetnom proizvodu. Kod niza ispitanih uzoraka (kontinuirano praćenje kvalitete), nije utvrđeno prisustvo nepoželjnih mikroorganizama iznad dozvoljene granice utvrđene odgovarajućim propisima.

Ukupan broj kontaminenata u 1 g uzorka kretao se je u granicama od 25.000 do 90.000.

Iz iznešenog proizlazi, da je dobiven proizvod vrlo velike nutritivne vrijednosti, koji će sigurno naći vrlo široku primjenu, ne samo u proizvodnji stočne hrane, nego i u prehrambenoj industriji u nas.

### Literatura

1. Baković: »Održivost sirutke« (Mljekarstvo, 1972)
2. Brodarec: »Tablice o sastavu i prehrambenoj vrijednosti namirnica i pića«
3. Glasmra - Bergman: »Spray, drying of whey« (1966, separat)
4. Knez: »Vyroba syru« (1960)
6. Markeš: »Sirutka kao sirovina« (Mljekarstvo, 1967)
7. Prokš: »Mlekarstvi I« (1964)
8. Prokš: »Mlekarstvi II« (1965)
9. Rogina: »Biokemija« (1968)
10. Sabadoš: »Tehnologija mlijeka i proizvoda od mlijeka« (1970)
11. Tome: »Hranidbene norme i tablice« (1963)
12. »Anhydro«: »Fallstrom-Eindampf Anlage« (prospekt)
13. »Anhydro«: »Zersträubungs-trocknungs Anlage« (prospekt)