



LE PROCÉDE KRAUSE POUR LA FABRICATION DE LA POUDRE DE LAIT

Leon Panchaud

► To cite this version:

Leon Panchaud. LE PROCÉDE KRAUSE POUR LA FABRICATION DE LA POUDRE DE LAIT. *Le Lait*, 1924, 4 (35), pp.369-381. <hal-00894768>

HAL Id: hal-00894768

<https://hal.science/hal-00894768v1>

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

mes expériences par la chaleur, elle se manifeste de même mais plus lentement au contact de l'air ambiant en fonction de la température et de l'humidité : c'est le cas de la pratique.

Il me paraît intéressant d'illustrer cette explication par un exemple frappant. Supposons en effet que l'on mélange intimement dans un flacon sec, du bicarbonate de soude et de l'acide tartrique, l'un et l'autre finement pulvérisés et très secs. Malgré la vive affinité des produits en contact, aucun phénomène ne se produira tant qu'on les conservera à l'abri de l'humidité. Faisons tomber une goutte d'eau en un point quelconque du mélange: immédiatement l'acide tartrique agira activement sur le bicarbonate à ce seul point. Ouvrons maintenant le flacon et laissons-le débouché, exposé à l'air. L'humidité de l'air ambiant se fixera sur nos produits et favorisera leur contact, progressivement, et beaucoup plus lentement que dans le cas de la goutte d'eau, l'acide tartrique réagira sur le bicarbonate qui sera à la longue totalement décomposé.

Le taux d'humidité fixée ou non éliminée, joue donc un rôle très important sur la persistance de la solubilité des poudres de lait. La poudre A que j'ai utilisée contenait 6,8 % d'eau, condition favorable pour provoquer peu à peu son insolubilité, comme je l'ai constaté, tandis que la poudre B contenait seulement 1,6 % d'humidité, ce qui explique sa longue conservation. Comme dans l'exemple ci-dessus, et ainsi que je l'ai démontré dans mes expériences, l'humidité acquise ou non suffisamment éliminée au moment de la fabrication, favorise, ou, mieux encore, provoque l'action insolubilisante de l'acide lactique sur la caséine de la poudre de lait.

Il est aisé de tirer une conclusion pratique de cet exposé. Le fabricant de poudre de lait, qui poursuivra le but d'obtenir une poudre susceptible de conserver toute sa solubilité, devra, lors de la fabrication, réduire le taux d'humidité à environ 3 % et maintenir ce taux constant dans le produit livré au commerce, par un emballage soigné, afin d'éviter toute humidification au contact de l'air.

LE PROCÉDÉ KRAUSE POUR LA FABRICATION DE LA POUDRE DE LAIT,

par LÉON PANCHAUD,

Docteur ès Sciences, attaché au Laboratoire Cantonal d'Analyses de Genève (Suisse).

Depuis quelques années (1918), les périodiques de langue allemande consacrent de nombreux articles aux différents produits (poudre de lait, poudre de sang, poudre d'œufs, etc...) obtenus par

un procédé d'évaporation dû à l'ingénieur KRAUSE, de Munich. « *Le Lait* » a déjà rendu compte de quelques articles publiés en langue allemande sur la poudre de lait Krause et ses applications à l'alimentation infantile.

Il m'a semblé intéressant, étant donné l'importance et la nouveauté du sujet, de résumer pour les lecteurs du « *Lait* » les publications relatives à ce procédé, afin d'en montrer les possibilités d'application et de donner une idée de l'appareillage nécessaire à sa réalisation.

Le but que l'on se propose dans la fabrication de la poudre de lait n'est pas seulement l'obtention d'un produit de volume restreint, de longue conservation et de transport commode, mais surtout d'un produit qui, par restitution de l'eau évaporée donne un liquide ayant tous les caractères organoleptiques, physico-chimiques, biologiques et nutritifs du lait originel. La poudre de lait idéale doit se dissoudre rapidement dans l'eau sans laisser de résidu insoluble, le liquide obtenu doit faire crème, coaguler sous l'influence de la présure tout comme le lait frais et ne pas avoir le goût de « cuit ».

Pour dessécher un liquide aussi sensible que le lait, où de grandes quantités doivent pouvoir être transformées rapidement en évitant des températures élevées de nature à compromettre sa nature physico-chimique, il faut chercher à augmenter la surface du lait :

1°) en répandant le lait en nappe mince sur des surfaces chaudes (procédé JUST);

2°) en faisant agir un courant d'air chaud ou de vapeur sur le lait pulvérisé :

a) soit par passage sous pression dans une série de tubes capillaires (procédé TRUFOOD, 1906, spray-process) ;

b) soit par passage sur un disque animé d'une très grande vitesse de rotation qui le centrifuge en un brouillard impalpable (procédé MEISTER D. R. P. 254.992, procédé KRAUSE D. R. P. 297.388).

Mais la chaleur accélère toute réaction, elle tend à troubler l'équilibre physico-chimique des colloïdes, à les faire passer d'un état stable favorable à un état labile défavorable, que l'on veut justement éviter c'est-à-dire que, sous l'action de la chaleur, la forme « sol » passe à la forme « gel » ou à un état intermédiaire irréversibles, de sorte que le produit desséché ne se dissout plus ou imparfaitement dans le solvant primitif. Ces réactions indésirables s'effectuent en peu de temps, il faut donc, si on veut les éviter, amener, dans un laps de temps plus court encore, l'état liquide, sans élever sa température, à un état suffisamment « anhydre » pour que ces réactions n'aient pas le temps de s'effectuer. A l'état sec, les colloïdes les plus sensibles peuvent alors supporter l'action des températures élevées (120-130°) sans que leurs propriétés primitives soient modifiées.

Ces conditions se trouvent réalisées dans le procédé KRAUSE ; par suite d'une pulvérisation poussée à l'extrême limite, le lait est instantanément desséché.

On sait que la poudre obtenue selon le procédé JUST ne se dissout pas toujours intégralement dans l'eau, la température élevée à laquelle la dessiccation a lieu provoque une dénaturation des albuminoïdes, de sorte que le lait obtenu par dissolution de la poudre dans l'eau ne présente plus les caractères biologiques du lait frais. La poudre de lait JUST ne se conserve pas toujours d'une façon satisfaisante.

La poudre de lait obtenue selon le procédé TRUFOOD se dissout très rapidement et complètement dans l'eau, à condition de n'être pas trop vieille; le liquide obtenu possède tous les caractères physico-chimiques et biologiques du lait cru. Ce procédé ne serait pas rémunérateur; une usine installée à Ragnitz, en Prusse, aurait dû cesser son exploitation après 2 ans. Les tubes pulvérisateurs s'obstruaient facilement, ce qui provoquait des arrêts dans la fabrication; le rendement était de 10-15 % inférieur à celui du procédé JUST par suite de dispositifs de filtration insuffisants. La poudre TRUFOOD « Milchfix » se conservait mal, donnait un lait à odeur suiffeuse laissant passablement de résidu insoluble. Ces altérations étaient dues à la finesse de la poudre, qui favorisait une oxydation rapide du beurre et une saturation de la chaux liée à la caséine par les acides gras formés, d'où insolubilité relative de la caséine.

Dans le procédé KRAUSE, la pulvérisation est obtenue par l'intermédiaire d'un disque placé à l'intérieur d'une tour. Ce disque tourne, suivant son diamètre, à une vitesse de 5.000 24.000 tours par minute. Le lait arrive au centre du disque par un tuyau d'alimentation et, par le jeu complexe des forces centrifuge, de cohésion et d'adhésion, il est projeté, avec une vitesse considérable, sous forme d'un nuage d'une extrême finesse. Un ventilateur aspire de l'air chaud qui traverse le nuage, lequel est desséché avant même qu'il ait atteint les parois de la tour, c'est-à-dire en une fraction de seconde. Les particules desséchées tombent de leur propre poids sur le sol de la tour, comme une « crachée de neige ». La mesure microscopique du diamètre des poudres obtenues, dans l'appareil de KRAUSE, par dessiccation de solutions de concentration connue, montre que le liquide est pulvérisé en particules dont le diamètre varie entre 10-50 μ . Un litre de solution occuperait, dans ces conditions, une superficie de 300 m².

Le disque, au début, tourne avec une vitesse tangentielle de 160 m. par seconde. Les gouttelettes de lait quittent le disque avec cette vitesse, à peine modifiée par le travail de pulvérisation. Dans les cas les plus défavorables, la résistance de l'air la diminue de moitié, les

particules ont encore une vitesse de 80 m. par seconde. Le diamètre de la tour étant de 2.5 m., une gouttelette de liquide quittant le disque mettra $1/80-1/28^e$ de seconde, pour arriver contre les parois de la tour, et comme elle doit être desséchée avant d'y parvenir, on voit que la dessiccation se fait en une fraction infime de seconde, $1/40^e$ en moyenne.

D'autre part, la vitesse d'évaporation d'un liquide, à température constante dépend de deux facteurs : grandeur des surfaces de contact entre l'air et le liquide et rapidité de remplacement des couches d'air enrichies en vapeur d'eau, en contact avec le liquide, par d'autres couches d'air contenant moins d'humidité. Ces deux facteurs atteignent dans le procédé KRAUSE, une valeur extraordinairement élevée, le disque communique au liquide une énergie cinétique considérable, la surface du liquide augmente dans des proportions énormes et les particules acquièrent une vitesse considérable, ce qui favorise une évaporation intense. Dans ces conditions, l'évaporation du liquide se fait si rapidement que la dessiccation a lieu adiabatiquement. La majeure partie de l'eau des particules s'est évaporée sans que la chaleur nécessaire ait été empruntée au courant d'air chaud, elle a été prise en les particules même, de sorte que leur température s'abaisse. Tant que les particules sont encore humides, elles ne peuvent être exposées à une température supérieure à celle qui correspond à la valeur calorifique de l'air qui les entoure. La valeur calorifique d'un kilo d'air sec, porté à 150^o (température à laquelle il entre dans l'appareil de KRAUSE) est de 35,6 calories. Lorsque cet air est complètement saturé de vapeur d'eau, sa température s'est abaissée à 35^o . L'air chaud employé pour la dessiccation ayant généralement une humidité relative de 50 % à 20%, sa température s'abaisse en réalité à 41^o . Les particules, tant qu'elles ne sont pas complètement desséchées, ne sont pas exposées à une température supérieure à 41^o . Le brouillard presque desséché arrive en contact avec le courant d'air chaud qui se sature en humidité ; la force du courant est calculée de telle manière que la majeure partie des particules desséchées puissent tomber de leur propre poids sur le sol, et se dessécher complètement au contact d'air de moins en moins riche en vapeur d'eau.

Une installation KRAUSE comprendra les organes essentiels suivants :

Un système de filtration de l'air frais A, dans lequel l'air se dépouille de ses poussières avant de pénétrer dans le chauffeur B, où sa température est portée de $120-130^o$;

Une tour C dans laquelle se font la pulvérisation et la dessiccation ;

Un système de tuyaux-filtrants D, qui retiennent les fines portions de poudres entraînées avec le courant d'air chaud ;

Un turbo-ventilateur E.-F., pour le réglage du courant d'air et l'expulsion de l'air à sa sortie des filtres ;

L'organe essentiel, la « tour » de KRAUSE, est un cylindre tronc-conique en béton, revêtu intérieurement de briques émaillées. A l'intérieur de la tour se trouve la tourelle portant le disque pulvérisateur H, dont le diamètre est de 40-50 cm., mis en mouvement par une turbine à vapeur T disposée sous la coupole de la tourelle de telle façon que la vapeur ne pénètre pas dans l'intérieur de la tour de dessiccation.

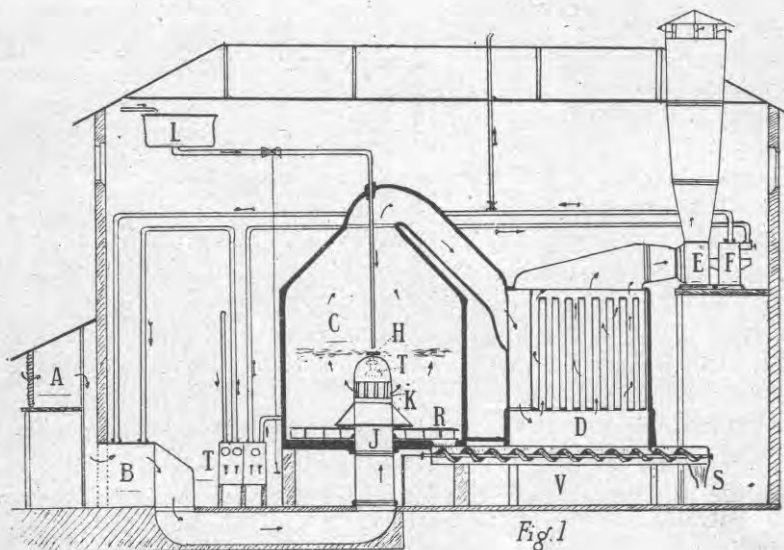


Fig. 1

- A Filtration de l'air frais.
- B Chambre de chauffage de l'air filtré.
- C Tour de KRAUSE.
- J Tourelle pourvue des soupapes K et renfermant la turbine T mettant en mouvement le disque pulvérisateur H.
- R Raclette conduisant la poudre de lait sur la vis sans fin V.
- D Dispositif « tuyaux-filtres ».
- F Turboventilateur pour l'aspiration et l'expiration de l'air.
- S Sortie de la poudre de lait (appareils d'ensachage).
- T Tableau de distribution pourvu des appareils pour régler la force du courant d'air et sa température, la vitesse de rotation du disque, etc...

Par le bas de la tour, en J, pénètre l'air chaud; un jeu de soupapes K permet de régler à volonté l'admission de l'air. Le lait, arrivant d'un réservoir d'alimentation I par un tuyau débouchant au milieu du disque est entraîné contre le bord du disque et centrifugé en un brouillard impalpable, qui est instantanément desséché. Une partie de

la poudre tombe de son propre poids au fond de la tour, un rateau R la conduit sur une vis sans fin V. Une certaine proportion de la poudre, la plus fine, est entraînée avec le courant d'air chaud ; elle est retenue sur les tuyaux-filtrants D, un dispositif mécanique les secoue automatiquement à intervalles réguliers et fait tomber la poudre sur la vis sans fin et de là dans les appareils d'ensachage, en S.

On peut pénétrer dans la tour de dessiccation par une porte pourvue d'une fenêtre d'observation.

La marche de la fabrication se règle depuis une table centrale T qui comporte tous les appareils pour le réglage, soit de l'admission de l'air, soit du lait, etc...

Les appareils sont construits généralement pour évaporer 4.000 litres d'eau par heure ; mais, leur rendement étant généralement supérieur au rendement garanti, on peut très facilement évaporer avec un appareil de 4.000 litres, 4.500 litres de lait par heure.

D'autres appareils sont calculés pour évaporer 500 litres d'eau par heure (fabrication de la poudre de sang, d'œufs, etc...). Il existe même des appareils pouvant évaporer 5 litres d'eau par heure (expériences de laboratoire, dessiccation des sérums...) qui sont mus alors uniquement au moyen de l'électricité.

La construction des appareils ne se fait pas suivant un schéma invariable, elle est, en quelque sorte, fonction du liquide à dessécher. C'est ainsi que le liquide peut arriver soit par la face supérieure, soit par la face inférieure du disque ; la turbine portant le disque peut être fixée soit au sol, soit au sommet de la tour (dans l'évaporation du latex, par exemple). L'arrivée et la direction du courant d'air peuvent être centrales ou tangentielles, de bas en haut et *vice-versa*. Au lieu d'air chauffé à la vapeur, on peut, lorsqu'il ne s'agit pas de denrées alimentaires, employer des gaz résiduaires chauds.

Pour évaporer 4.000 litres d'eau, il faut disposer de 50.000 mètres cubes d'air à 130°.

Un correspondant de la *Schweizerisches Zentralblatt für Milchwirtschaft* (27 janvier 1921) donne une description assez intéressante de l'usine installée à Sulgen (Suisse) pour la fabrication de poudre de lait selon KRAUSE. Le bâtiment principal, d'aspect imposant, renfermant les appareils de dessiccation, est relié par une ligne spéciale avec la station même de Sulgen. Un autre bâtiment, relié au précédent par un tunnel souterrain, comprend les appareils de chauffe, chaudières, etc... Il comporte 2 chaudières de 200 m² de surface de chauffe chacune, et pouvant produire chacune normalement 3.600 kilos de vapeur quantité pouvant être portée à 4.400 kilos en forçant les feux. L'eau de condensation dont la température est relativement élevée est pompée directement dans les chaudières, de-

telle façon que la quantité d'eau fraîche de réalimentation n'est que de 10 % environ. Il y a donc forte économie de combustible et diminution des incrustations de chaudières. Dans le bâtiment principal, d'une hauteur imposante, se trouvent outre la « tour » et les dispositifs de filtration, les appareils de filtration du lait, de condensation du lait ou du petit lait dans le vide, le réchauffeur d'air et les machines à froid pour la réfrigération du lait à son arrivée à l'usine. La tour de dessiccation a un diamètre interne de 5 mètres, sa hauteur est de 8 mètres. Le réchauffeur d'air peut porter par heure 50.000 m³ d'air de la température ordinaire à 130°. Le turboventilateur qui assure l'aspiration et l'expulsion de l'air chaud peut débiter 60.000 m³ d'air par heure. L'usine évapore 1.500 litres de lait par heure; en combinant la condensation avec la dessiccation, on peut arriver à dessécher 3.000 litres de lait par heure (les appareils de condensation évaporant 1.500 litres d'eau par heure). L'usine comprend encore le local de réfrigération du lait, qui comporte 14 bacs de réfrigération de 3.000 litres de contenance environ.

On ne doit évaporer qu'un lait de fraîcheur irréprochable, c'est-à-dire résistant à l'essai à l'alcool ou à l'alcool-alizarine (réactif de MORRES). Les laits aigris, acidulés, « piqués » ne peuvent servir à la fabrication de la poudre de lait.

Le procédé KRAUSE permet de dessécher toutes les substances que l'on peut mettre en solution ou en suspension homogène (solutions colloïdales, boues, produits fondus, etc.). Il est économique à condition que la teneur en eau du produit à dessécher soit inférieure à 90 %; lorsqu'elle est supérieure à 90 %, il faut recourir à une condensation préalable dans le vide.

On obtient toujours une poudre très fine, sans modifications appréciables de la nature physico-chimique. Les poudres KRAUSE, par redissolution dans l'eau, sont la reconstitution exacte du produit original. Le complexe colloïdal (lait, œufs, sang, etc...) n'est pas sensiblement modifié, les ferments ont conservé pratiquement leur entière activité. En restituant à la poudre de lait l'eau évaporée, on obtient un lait qui donne les réactions de STORCH, de ROTHENFUSSE (oxydases), et qui décolore le réactif de SCHARDINGER (bleu de méthylène formolé) en 13 minutes 1/2 alors que le lait original le décolore en 11 minutes. La catalase du sang n'est pas détruite dans la poudre de sang KRAUSE, on peut espérer que la vitamine C antiscorbutique, de même que les vitamines A et B, si facilement oxydables, restent intactes dans les poudres KRAUSE.

La teneur en eau des poudres KRAUSE est comprise entre 2-5 %. Vu leur extrême finesse, leur couleur très claire, elles doivent être conservées à l'abri de la lumière et autant que possible dans un

endroit frais et sec. Dans ces conditions, la poudre de lait se conserve pendant 6 mois sans altération appréciable. Elle prend à la longue (poudre de lait entier) un goût de rance ou plutôt de suif, par suite d'une lente décomposition de la matière grasse. La poudre de lait écrémé se conserve plus longtemps.

Il suffit pour avoir un lait entier de dissoudre 130 gr. de poudre de lait entier dans un litre d'eau froide ou tiède. En délayant peu à peu la poudre avec l'eau, la dissolution se fait rapidement et complètement.

J'ai eu entre les mains une poudre de lait entier KRAUSE, elle contenait 29 % de beurre, de sorte que le lait obtenu à partir de 130 gr. de poudre et 1 litre d'eau, renfermait 3,8 % de beurre. Cette poudre représentait donc bien le produit de la dessiccation d'un lait entier. La saveur du produit obtenu par dissolution dans l'eau est celle du lait frais ; le liquide fait crème absolument comme le lait frais. Je l'ai conservée pendant plus de 3 mois dans un poudrier à l'intérieur d'un tiroir, près d'un radiateur, à l'abri de la lumière, à la température du laboratoire ; au bout de ce temps, elle donne encore un lait irréprochable comme goût, aspect et acidité, se comportant normalement à l'essai à l'alcool-alizarine ; la solubilité de la poudre ne semble pas avoir souffert le moins du monde.

Pendant la guerre, la poudre de lait KRAUSE fut réservée aux troupes ; la guerre finie elle fut expérimentée avec succès pour l'alimentation de la population civile et dans les hôpitaux, à Berlin et Francfort par CZERNY, NEULAND et PEIPER et von NOORDEN.

En ce qui concerne l'alimentation infantile, les résultats des expériences ont été des plus satisfaisants ; les enfants ont à leur disposition un lait contenant peu de germes, en tout cas moins de germes que le lait frais du commerce. Ce facteur a une importance considérable dans l'alimentation infantile ; beaucoup de troubles nutritifs peuvent être évités ou guéris par l'administration de la poudre de lait. Pour CZERNY, l'introduction de la poudre de lait entier dans l'alimentation infantile constitue un progrès énorme. Les vitamines sont certainement intactes dans la poudre de lait KRAUSE ; mais par mesure préventive, on administre aux enfants nourris à la poudre de lait des sucres de fruits riches en vitamines antiscorbutiques (oranges, tomates) 2-3 fois par semaine.

Pour beaucoup, la question du ravitaillement en lait des grands centres apparaît sous un jour nouveau ; par le procédé KRAUSE, on pourra accumuler ainsi la surproduction des grands centres laitiers pour les périodes de disette ; la question du transport du lait frais à distance, si délicate, serait ainsi résolue.

Le ravitaillement en lait de la ville de Francfort-sur-le-Main est

difficile, cette ville étant entourée d'une région peu propice à l'élevage du bétail. Le lait frais vient de contrées éloignées et arrive souvent impropre à la consommation pendant la saison chaude. La municipalité fait dessécher le lait dans l'usine de Kappeln, distante de plus de 700 kilomètres, en plein centre laitier du Schleswig. Dans cette usine, deux appareils KRAUSE, type 1000 litres d'eau à l'heure, évaporent le lait qui est expédié sous forme de poudre à Francfort. Sous contrôle municipal, cette poudre est dissoute dans l'eau et, le lait ainsi obtenu, est vendu à la population qui ne peut pas le différencier du meilleur lait frais.

Les avantages techniques du procédé KRAUSE sont :

1^o Obtention dans tous les cas d'un produit final en poudre fine et légère, ce qui rend inutiles les opérations de mouture, tamisage, etc., même dans le cas de solutions colloïdales ou de suspensions que les procédés ordinaires ne permettent d'obtenir qu'en croûtes ou masses compactes qui doivent être moulues et tamisées avant d'être livrées à la consommation.

2^o Obtention directe du produit final sans produits intermédiaires ; la fabrication peut être interrompue en tout instant, sans crainte d'avaries de matériel.

Ces avantages permettent de résoudre des problèmes jusqu'à ce jour insolubles, puisqu'ils permettent de dessécher tous les produits sensibles à l'action de la chaleur en leur conservant leur caractère original (œufs, sang, colle, suc de fruits, solutions de savon, suc de levure de BUCHNER, sérums thérapeutiques, légumes, etc.).

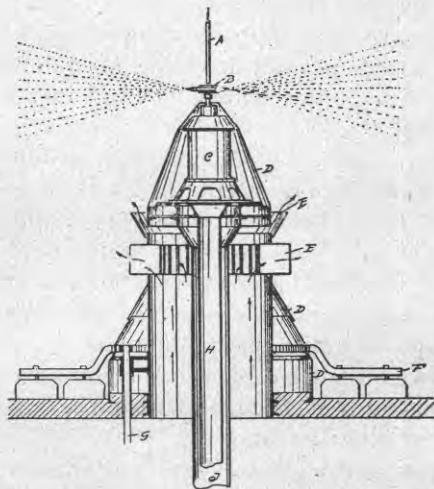
WASSERMANN a expérimenté des sérums desséchés selon KRAUSE (sérum anticholérique et antithyphique obtenus en poudre blanche), suc de levure (obtenu en poudre légèrement jaunâtre). Les propriétés biologiques-immunisantes et fermentatives de ces produits n'avaient subi pratiquement aucune altération.

Le procédé KRAUSE permet la dessiccation, par pulvérisation simultanée, de plusieurs solutions ou suspensions, il en résulte des mélanges d'une remarquable homogénéité, ce qui évite les opérations souvent compliquées du mélange. Exemple : la fabrication de poudre au nitrate d'ammonium, à partir d'une solution de nitrate d'ammonium et d'une suspension de poudre de charbon, fabrication qui fut entreprise en grand pendant la guerre.

On peut aussi évaporer plusieurs corps dissous en une même solution. Lors de la concentration de pareilles solutions, il se produit généralement des précipitations, les corps les moins solubles précipitant les premiers, le produit desséché n'a plus aucune homogénéité. Ces solutions évaporées dans la tour de KRAUSE donnent toujours comme produit final des poudres dont toutes les particules contiennent exactement les mêmes proportions de composants.

C'est ainsi qu'on dessèche des extraits de drogues avec les substances servant à leur enrobage ou leur empastillage; les poudres obtenues, vu leur grande homogénéité sont d'une action thérapeutique constante (poudres de suc de fruits avec sucre, extrait de thé ou de café avec sucre ou sucre et lait, etc...).

Les solutions de chlorure de cérium sont très sensibles à l'action de la chaleur, elles ne peuvent pas être évaporées sans qu'il se forme de l'oxychlorure de cérium, qui gêne dans l'électrolyse en milieu fondu. Pour éviter cette hydrolyse, on ajoutait aux solutions à évaporer, du chlorure de calcium ou d'ammonium, ce qui dans l'électrolyse nécessite une dépense supplémentaire de courant. Dans l'appareil de KRAUSE, on peut, sans aucune crainte de dégradation, évaporer la solution aqueuse de chlorure de cérium; la poudre obtenue ne renferme pas d'oxychlorure de cérium.



Appareillage pour la pulvérisation.

- A Arrivée du liquide.
- B Disque pulvérisateur.
- C Moteur ou turbine à vapeur faisant tourner le disque.
- D Manteau protecteur.
- E Sortie de l'air chaud.
- F Bras du râteau.
- G Dispositif d'entraînement du râteau.
- H Tuyau protecteur pour les cables, l'alimentation en huile et l'expulsion de l'air froid.
- I Amenée d'air froid pour le refroidissement du moteur.

La préparation de digitale la plus active est l'extrait aqueux à froid, qui contient la digitaline et la digitaléine. La digitaline précipite

à chaud, la digitaléine précipite à la longue même à la température ordinaire. L'extrait frais peut être évaporé au KRAUSE en une poudre fine contenant les deux alcaloïdes parfaitement solubles dans l'eau, ce qui permet de préparer au moment même de l'emploi une solution d'action définie et toujours égale à elle-même, ce qui est important pour le médecin.

On peut également obtenir la caséine en poudre très fine d'une haute valeur plastique, des poudres d'œufs entiers ou de jaune ou de blanc séparément, sécher les bouillons de colle ou de gélatine, et ce, avec une grande économie de temps, d'espace et de personnel ; obtenir des poudres de savon (il s'agit alors plus d'un refroidissement rapide que d'une évaporation d'eau) ; certains appareils KRAUSE sèchent 15 tonnes de savon par heure.

Le procédé KRAUSE rend de grands services dans la fabrication du caoutchouc par évaporation directe du latex, additionné ou non des substances destinées à sa vulcanisation, à sa coloration ou à sa charge. On obtient une poudre contenant tous les éléments ajoutés également répartis. On peut aussi dessécher les solutions des corps très oxydables ; l'évaporation de la solution d'indigo blanc donne une poudre blanche, sans trace appréciable d'oxydation.

On peut même dessécher des légumes préalablement cuits, hâchés finement et passés à travers un tamis. La pâte obtenue est mise en suspension dans l'eau de cuisson et pulvérisée sur le disque. On obtient ainsi des poudres très claires et très légères, très homogènes et très digestibles, pouvant être administrées aux malades et même aux nourrissons (poudre de FRIEDENTHAL). Le prix de revient de telles poudres est malheureusement trop élevé pour que leur emploi se soit généralisé.

Pendant la guerre, en Allemagne, le procédé KRAUSE a servi à la préparation de poudre de sang pour les besoins de la population civile. Le sang est un aliment de grande valeur puisqu'il contient environ 20 % de matières solides (hémoglobine, albumine, cholestérine, lécitine et matières minérales). Le sang a donc une valeur alimentaire au moins égale à celle de la viande, valeur généralement inutilisée pour l'alimentation humaine.

On évaluait en Allemagne, avant la guerre, à 83.000 tonnes le poids du sang des animaux abattus annuellement.

En 1915, la crise alimentaire devenant très aiguë en Allemagne, on songea à dessécher en grand le sang. A Berlin, un appareil KRAUSE (type 500 litres à l'heure) desséchait le sang récolté dans les différents abattoirs.

Le sang était défibriné avant d'être desséché.

Le diamètre des grains de la poudre de sang était en moyenne de

50 μ (maximum 116 μ) dans la tour de dessiccation et 25 μ en moyenne (maximum 82 μ) pour la poudre récoltée sur les tuyaux filtre.

Si le sang est desséché longtemps après l'abattage, le diamètre des grains augmente légèrement [].

La couleur de la poudre de sang est légèrement plus foncée que celle du sang frais.

Si à 1 partie de poudre de sang on ajoute par petites portions 4 parties d'eau, on obtient un liquide analogue au sang et qui coagule vers 70°. La poudre de sang, emballée dans de simples sacs en papier se conserve pendant 6 mois au moins, elle ne contient pas plus de germes que le beurre ou la margarine, par exemple. Le nombre des germes diminue si la poudre contient du sel. Il est évident que l'on ne peut et ne doit utiliser que le sang d'animaux sains pour la préparation de poudre de sang ; la récolte du sang doit être faite avec précautions pour éviter les chances d'infection.

On peut aussi dessécher le sang non défibriné, d'où économie et augmentation de la valeur alimentaire du produit. Le sang, s'il est coagulé passe avant d'arriver sur le disque pulvérisateur dans une machine à hâcher ou à homogénéiser. On peut aussi dessécher séparément le sérum sanguin, dont la poudre constitue un excellent succédané des œufs.

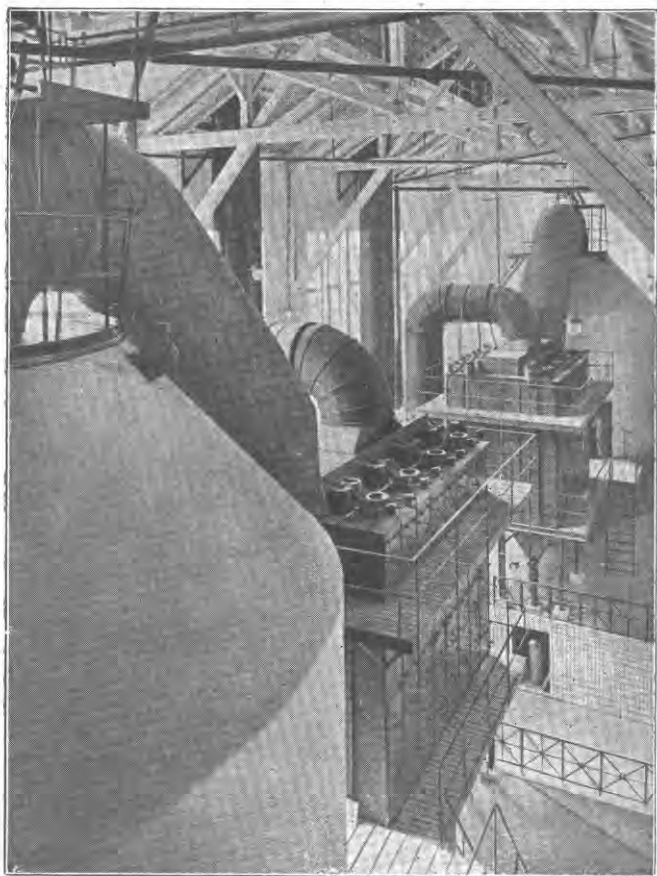
La poudre de sang sert à la préparation de boudins, de soupes.

A Munich, pendant la guerre, on vendait pour 25 pfennigs, 2 sachets de 35 gr. contenant un mélange à base de poudre de sang (2 kgr. poudre de sang, 5 kgr. farine, 259 gr. poudre d'oignons, 100 gr. marjolaine, 25 gr. poivre et 10 gr. de paprika []). Il suffisait de délayer le contenu d'un paquet avec un litre d'eau pour obtenir après cuisson une soupe des plus appétissantes, paraît-il. La poudre de sang peut servir à l'affouragement des pores et constitue un fourrage concentré que les animaux supportent très bien.

Lorsque l'on évapore de l'eau dans un appareil chauffé avec de la vapeur d'eau, si l'appareil travaille sans aucune perte, il faut, théoriquement, employer une quantité de vapeur d'eau égale à la quantité d'eau évaporée. En pratique, par suite de pertes inévitables, la consommation de vapeur est supérieure de 20-30 % à la quantité théorique.

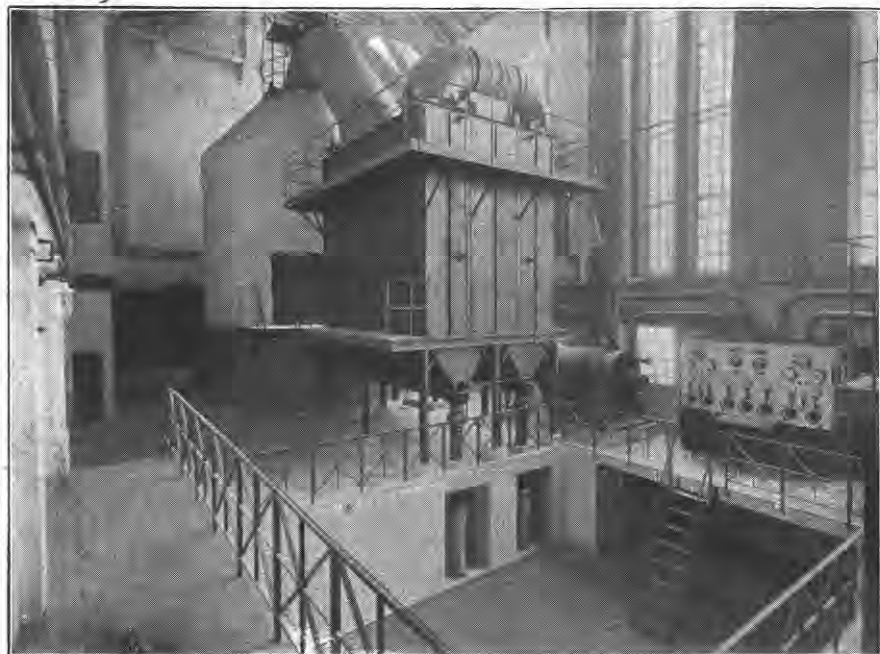
Dans l'appareil de KRAUSE, la chaleur de la vapeur n'est pas transmise directement à la substance à dessécher (comme dans les procédés d'évaporation par contact (Just...), mais par l'intermédiaire de l'air. Il n'y aurait rien de changé aux conditions théoriques, si l'air servant à la dessiccation était refroidi (par saturation en vapeur d'eau) à la température à laquelle il a été aspiré comme air frais. Cela est irréalisable pratiquement, puisque la tension de la vapeur d'eau de l'air

Figure I.



Hall de dessiccation pour deux appareils Krause, des Etablissements laitiers de l'Anglie, à Kappeln (Schleswig). (Vu de haut).

Figure II.



L'un des deux appareils vu complètement. De gauche à droite : la « tour », la chambre contenant deux séries de tuyaux-filtres, chaque série déversant sa poudre sur une vis sans fin. A droite le turbo-ventilateur et la table de manœuvre commune aux deux appareils.

Figure III.



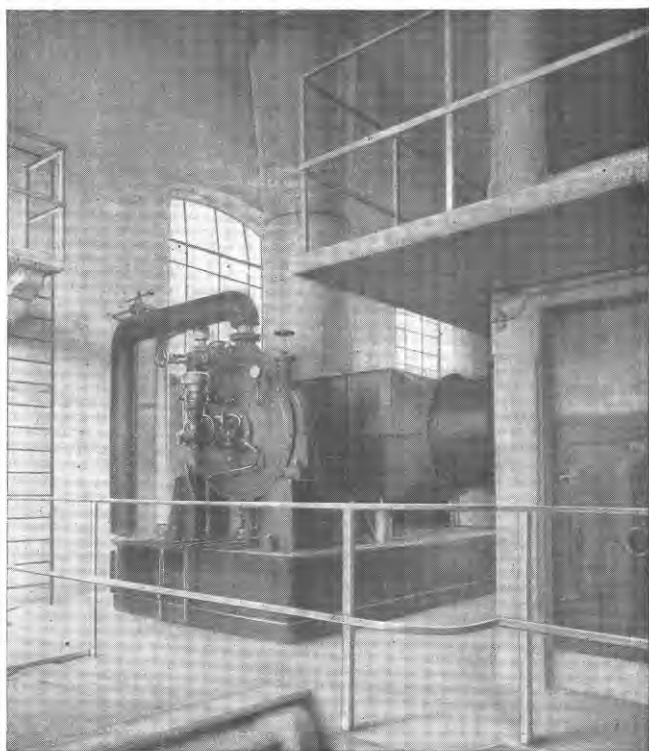
Installation pour la dessiccation du lait et de la caséine à Gronau, Appareil évaporant 1.000 litres d'eau à l'heure. Remarquer la porte donnant accès dans la tour et la fenêtre permettant d'observer l'intérieur de la tour.

Figure IV.



Un des deux appareils des Etablissements laitiers à Schlachter (Bavière).
Type 1000 litres d'eau à l'heure.

Figure V.



Turbo-ventilateur de l'installation Krause, pour la dessiccation du lait à Lodi (Italie).
Type le plus moderne.

est faible à basse température, et que du fait de la rapidité de l'évaporation dans la tour, le degré de saturation de l'air doit être maintenu assez bas. L'air chaud (120°-130°) doit être dans la tour, refroidi à une température moyenne de 60°, variable avec le genre de fabrication. Dans ces conditions, il faudrait 2 kg. de vapeur d'eau pour évaporer un litre d'eau, pratiquement, 2 kg.,500 pour un appareil type 1000 litres à l'heure. Par suite d'améliorations, l'utilisation de la vapeur, pour le service de la turbine et du ventilateur a été réduite de telle façon que la vapeur résiduaire est utilisée intégralement pour le chauffage de l'air. Lorsque la dessiccation est précédée d'une concentration du liquide dans le vide, on peut abaisser à un kilog le besoin en vapeur pour évaporer un litre d'eau de la substance à dessécher.

La conduite de l'appareil est très simple, il suffit d'un seul homme, même pour les appareils à fort débit.

Les brevets KRAUSE sont exploités par la *Metallbank und Metallurgische Gesellschaft A. G.*, à Francfort sur le Main.

BIBLIOGRAPHIE.

- E. PHILIPPE, Das KRAUSE. — Trocknungsverfahren und seine Anwendung (*Arbeiten aus dem Gebiete des Lebensmittel*, 1919, 195). Cet article est le plus complet qui ait été écrit au point de vue scientifique et général sur le procédé KRAUSE. Avec l'autorisation de M. PHILIPPE, j'en ai fait de très larges extraits.
- SIEGENS. — Über das Krauseverfahren. *Zeitschrift für angewandte Chemie*, 1922, p. 533.
- GRIMMER. — Article MILCH in *Enzyklopaedie der technischen Chemie von Ulman*, vol. 8.
- FREUND, E. — Herstellung und Verwendung von Trockenmilch, Berlin, 1918.
- METALLBANK UND METALLURGISCHE GESELLSCHAFT. — Krause Verfahren.
- VON NOORDEN. — *Therapeutische Halbmonatshefte*, vol. 35, 2 juillet 1921.
- NEULAND et PEIPERS. — *Medizinische Klinik*, n° 28, 1921.
- CZERNY. — *Fortschritte der Medizin*, n° 28, 14 déc. 1921 ; *Le Lait*, p. 456, 1921 ; p. 45, 1922.
- OPEK. — Blutgewinnung. *Zeitschrift für Fleisch-u. Milchhygiene*, 1919, p. 141.
- STRÖSE. — Über das nach dem Krause Verfahren getrocknete Blut. *Zeits. für Fleisch-u. Milchhygiene*, 1919, p. 61.