

ÉTUDE BIOTECHNIQUE SUR LA FABRICATION DU YOGHOURT DOUX ET AROMATIQUE

Communication II (1)

**Classification et description systématique
des principales influences qui modifient
la consistance, la viscosité, la séparation du sérum**

par

Joseph A. KURMANN

*Professeur et chef de laboratoire, Ecole de laiterie, de Grangeneuve,
Fribourg (Suisse).*

Dans notre première communication nous avons traité des principes généraux et de leur application. Nous traitons en second lieu de l'origine des facteurs qui influencent la consistance, la viscosité et la séparation du petit-lait. Par un travail de systématisation des indications bibliographiques mentionnées dans la première communication, nous essayons d'apporter des vues nouvelles, d'éclaircir les problèmes et de faire une synthèse.

La fermeté, la viscosité et la séparation du sérum sont principalement influencées par la teneur en eau liée et par la structure du coagulum.

I. — La coagulation

Les particules de caséine se présentent, comme la figure n° 1 le montre, sous forme de particules rondes d'un diamètre compris entre 5 et 300 μ , qui ne peuvent plus être vues au microscope normal. Dans le lait, la caséine ne se trouve pas totalement à l'état « micellaire », ; 5 à 10 p. 100 de la caséine se trouve sous forme de monomères ou de petits agrégats [1]. Comme il sera décrit plus tard la structure des particules est modifiée par l'homogénéisation et par un chauffage assez élevé et prolongé.

Sous l'influence de l'acidification progressive, les particules de caséine précipitent (s'agglomèrent) et il se forme un coagulum homo-

(1) Communication I : aperçu critique sur les principes généraux et leur application. *Le Lait*, 1967 46.

gène. La formation de flocons devient déjà visible avec un pH qui oscille autour de 5.30-5.39 (grumeaux fins qui apparaissent). En effet, lorsque les premiers grumeaux se forment, la précipitation n'a que commencé, le sérum est encore trouble, laiteux et un nouvel apport d'acide est nécessaire pour compléter la précipitation qui s'avère parfaite près du point isoélectrique de la caséine (environ à pH 4.7-4.8) [12].

Comme indiqué dans la communication I il y a des facteurs qui tendent à élever le pH où se fait la précipitation complète, c'est le point isoélectrique apparent.

II. — La structure du coagulum

La structure du coagulum résultant seulement d'une coagulation lactique n'est pas encore suffisamment étudiée. A cet effet, nous nous proposons dans la suite de faire une synthèse à base des connaissances acquises et de nos études microscopiques. A première vue, la structure du caillé de yoghourt ne se différencie pas de celle d'un caillé obtenu par la présure et acidifié.

L'agglomération des particules de caséine se fait probablement sans aucun ordre. Les globules gras, les particules d'albumine, de globuline et l'eau libre sont inclus dans le caillé. La structure de la caséine se présente sous forme de particules rondes. Pour la coagulation par la présure, la forme globulaire se reconnaît encore dans le coagulum frais [5]. Les particules sont étroitement collées ou fondues les unes dans les autres de façon à ne pouvoir se distinguer. Comme les fig. 3 et 4 le montrent, le filet de caséine contient de nombreuses cavités plus ou moins petites et qui sont visibles au microscope. Le support de la structure consiste donc en la caséine et c'est cette structure qu'il faut maintenir aussi intacte que possible pour le yoghourt nature. Comme les photos 3 et 4 le montrent, la structure se condense sous l'influence de l'acide lactique.

Le caillé du lait coagulé par l'acide lactique est friable, sans cohésion par rapport au caillé coagulé par la présure, qui est élastique. Par contre, la synérèse est lente pour le caillé coagulé par l'acide lactique et rapide pour le caillé coagulé par la présure.

III. — L'état et la répartition d'eau dans le coagulum

Le lait contient énormément d'eau soit 87,2 p. 100 en moyenne, ce qui pose des problèmes en vue de la consistance du caillé, de la viscosité et de la séparation du sérum. C'est pour cette raison que l'on augmente l'extrait sec (par adjonction de poudre de lait, concentration, etc.) pour obtenir un produit de bonne qualité.

L'eau est répartie sous différentes formes : en eau liée, en eau capillaire et en eau libre.

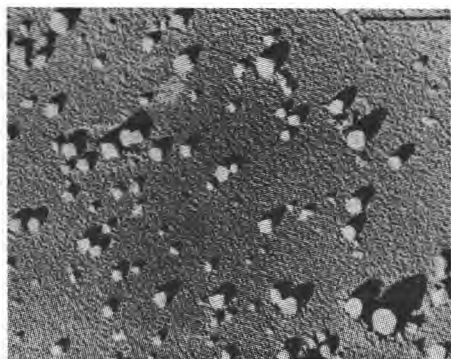


Fig. 1.

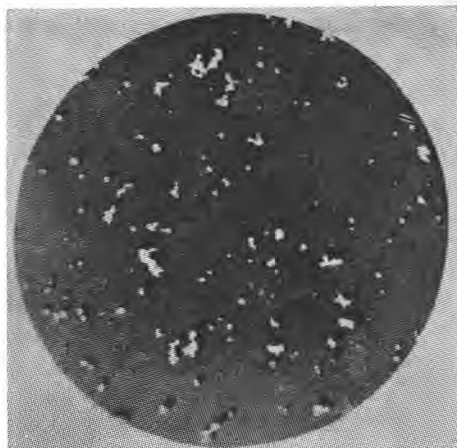


Fig. 2.

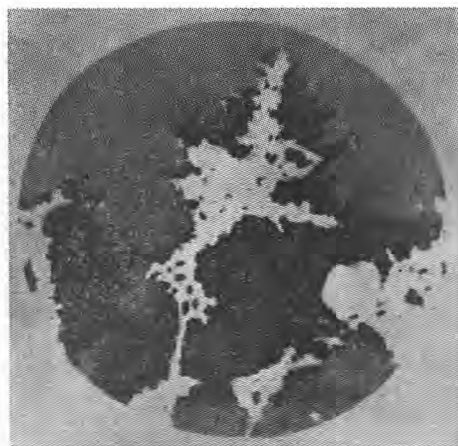


Fig. 3.

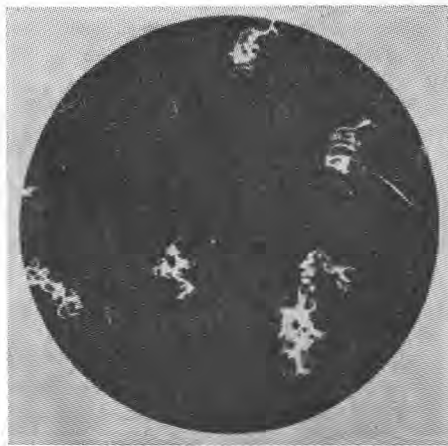


Fig. 4.

Fig. 1. — Particules de caséine natives dans le lait. Grossissement : $\times 30\,000$ (et réduction à 2/3). Les particules sont rondes (4).

Fig. 2. — Acidification spontanée du lait. Structure globulaire à pH 4.8. Grossissement : $\times 7\,000$ (et réduction à 3/4).

Les particules de caséines se sont groupées en tas. C'est un avant stade de la coagulation. On voit nettement une structure globulaire (2).

Fig. 3. — Fabrication du yoghourt. Structure du caillé à pH 4.6, tout de suite après la coagulation. Grossissement : $\times 5\,000$ (et réduction à 3/4).

On voit des agglomérations irrégulières des particules (taches blanches) dont leur structure globulaire peut être encore reconnue (2).

Fig. 4. — Fabrication de yoghourt. Structure du caillé à pH 3.8. Grossissement : $\times 500$ (et réduction à 3/4).

Les particules rondes ne peuvent presque plus être reconnues. Le coagulum se présente sous forme d'une masse compacte, condensée et comprimée (2).

Photographies au microscope électronique par H. Hostettler et K. Imhof.

A) L'eau liée ou l'eau d'hydratation des protéines.

La proportion d'eau liée est difficile à déterminer et c'est pour cela que nous ne pouvons pas indiquer un chiffre. La proportion d'eau liée par rapport à l'eau libre n'est pas fixe et dépend de plusieurs facteurs (changement dans l'état d'hydratation des protéines).

L'état d'hydratation des protéines s'exprime par l'état de fermeté du caillé. La caséine peut être comparée à un ballon, plus on y insuffle d'air plus il devient dur et ceci seulement jusqu'à un certain point où il éclate. Pour la caséine, le phénomène est semblable : plus elle contient d'eau, plus la consistance devient ferme, mais il arrive un point maximum de liaison d'eau où la fermeté diminue, car le caillé devient trop mou.

B) L'eau capillaire.

Par l'effet de capillarité une certaine quantité d'eau est retenue entre les particules agglomérées pour former un filet de caséine. Pour le moment, il n'est pas possible d'avancer un chiffre sur la quantité d'eau retenue par l'effet capillaire. Dans le yoghourt brassé la rétention d'eau peut varier par l'effet capillaire.

C) L'eau d'inclusion ou l'eau libre.

La quantité d'eau la plus importante se trouve sous forme libre, incluse à l'état de gouttelettes invisibles dans le coagulum. Vu ce haut pourcentage d'eau, il faut faire attention que cette eau ne soit pas séparée sous des influences quelconques. C'est alors cette partie d'eau qui inquiète le technologue du yoghourt. Un moyen de stabiliser cette eau libre dans le caillé consiste dans le brassage (yoghourt brassé). Le caillé est brisé en petites particules ; du fait que la pression qui se trouve à l'intérieur de ces particules est minime, l'eau ne se sépare pas. Ceci est seulement valable lorsqu'il n'y a pas de changement dans l'état d'hydratation des protéines. L'adjonction de substances stabilisatrices est défendue dans divers pays, car on possède des moyens techniques qui permettent la fabrication de yoghourt d'une qualité excellente sans avoir recours à des substances chimiques.

CLASSIFICATION ET DESCRIPTION SYSTÉMATIQUE DES PRINCIPALES INFLUENCES QUI MODIFIENT LA CONSISTANCE, LA VISCOSITÉ ET LA SÉPARATION DU SÉRUM

Nous traitons successivement des différentes influences sur la qualité du yoghourt. A cet effet des recherches nouvelles sur la

caséine pourraient apporter des explications complémentaires aux descriptions suivantes.

Nous avons groupé les différentes influences selon leur origine chimique ou physico-chimique.

I. — Les facteurs principaux qui influencent la consistance ou la fermeté du caillé

Par consistance on entend la fermeté du coagulum.

A) Influences qui provoquent un changement dans l'état d'hydratation des protéines.

La liaison d'eau par les protéines a, comme déjà mentionné, un effet bénéfique sur la consistance.

1) *L'acidité.*

Une acidité finale trop basse donne un yoghourt à fermeté insuffisante. Dans l'intervalle de pH 4.6-4.0 on obtient une fermeté normale.

La vitesse d'acidification a une influence sur la structure, sujet qui est traité plus loin.

2) *La température.*

La température de refroidissement après l'incubation, celle du stockage et aussi celle à laquelle le yoghourt est consommé ont une influence sur la fermeté. Les températures basses donnent une meilleure consistance [11].

La vitesse de refroidissement ne doit pas être trop brusque.

3) *Les enzymes protéolytiques.*

Certains enzymes protéolytiques sécrétés par les bactéries du yoghourt pourraient éventuellement donner au cours du stockage un caillé plus mou par une augmentation de l'eau liée sous l'effet de la protéolyse.

4) *La teneur en caséine.*

Pour donner un ordre d'idée, la caséine dans le lait retient environ la moitié du poids de l'eau liée [1]. Dans le yoghourt nous n'avons pas exactement les mêmes conditions de rétention d'eau. Une élévation de la teneur en protéine augmente la quantité de l'eau liée et la densité du filet de caséine, ce qui donne un caillé plus ferme. Pour une teneur en extrait sec très élevée, comme on peut seulement le trouver en Bulgarie, il y a encore d'autres facteurs qui intervien-

ment (teneur en sels minéraux élevée, teneur en lactose) car, avec la concentration du lait, nous n'avons pas seulement une augmentation de la teneur en protéine, mais aussi en d'autres constituants du lait.

5) *La température et la durée de chauffage du lait.*

On considère généralement que des changements dans la solubilité (dénaturation) de la caséine interviennent uniquement au cours d'un chauffage très élevé (au-dessus de 100-110° C) [7], c'est-à-dire à une température qui n'est jamais atteinte dans la fabrication de yoghourt. Les études, au microscope électronique, de Hostettler et Imhof [2] ont montré que la modification de la structure de la caséine d'un lait varie en fonction de la durée de la cuisson. D'où il en résulte une forte modification pour un chauffage prolongé et une faible modification dans le cas contraire. Un effet semblable fut constaté pour l'homogénéisation [2, 3].

Ces études sont confirmées par l'observation pratique car, d'après certains auteurs, un chauffage trop élevé, vers 98° C, diminue la consistance. Pette [11] et Storck [10] constatent une influence défavorable (diminution de la consistance) pour un chauffage de 5 minutes et plus de 90-95° C. Puhan [14] ne trouve pas d'effet néfaste pour un chauffage de 1-5 minutes entre 80 et 98° C. De ce fait, il est probable qu'une mauvaise influence du chauffage se fait uniquement sentir pour un temps de chauffage assez prolongé (par exemple à partir de 5 minutes) et au-dessus de 90° C. Il est possible que l'homogénéisation contribue à cet effet.

6) *La précipitation et la teneur en albumine.*

Le chauffage provoque une dénaturation et une précipitation de l'albumine. Son importance est en fonction du degré plus élevé de la température de chauffage. L'albumine dénaturée lie davantage d'eau, ce qui se transmet par une amélioration de la consistance du caillé. Dans la mesure du possible, on cherche à augmenter la teneur en albumine et à précipiter la plus grande quantité possible.

7) *L'influence des sels minéraux.*

Certains sels minéraux où équilibres salins influencent l'état d'hydratation de la caséine. Ce sont des influences qui ne sont pas encore suffisamment connues.

Nous groupons nos influences comme suit :

a) *Teneur en sels minéraux des laits de mélange.*

D'une façon générale on peut dire que des petites quantités de lait sont beaucoup plus influencées que des grandes quantités, car il y a un échange dans la composition d'un lait de grand mélange.

Le yoghourt fabriqué avec des laits individuels peut montrer des variations dans la fermeté du caillé [11].

b) *Lait de fin de lactation.*

Il est plus riche en sels minéraux, ce qui donne un caillé plus ferme [11]. Par exemple dans le cas de vèlage au printemps les laits d'automne, avec une haute teneur en sels minéraux, donnent un caillé plus ferme.

c) *Vieillessement du lait au cours du stockage.*

Au cours du stockage, les colloïdes subissent un changement dans l'eau liée et dans la fermeté [10]. Kopazewski [8] signale l'effet contraire, soit une diminution de l'eau liée. On explique ces changements, qui ne sont pas encore suffisamment connus, par des variations dans l'équilibre salin.

8) *Point isoélectrique apparent.*

La coagulation complète à un pH au-dessus du point isoélectrique favorise plutôt la fermeté du caillé (température d'incubation haute, homogénéisation, chauffage assez long et assez élevé).

B) Les facteurs qui influencent la viscosité.

Les facteurs qui influencent la viscosité influencent également la consistance.

C) Les facteurs qui influencent l'expulsion du sérum et la structure.

La séparation du petit-lait influence automatiquement la consistance.

Ce qui présente un intérêt tout particulier c'est d'observer que si l'on homogénéise du lait ayant une teneur de 1.5 p. 100 en matière grasse et simultanément du lait maigre, il en résulte un caillé mou. C'est un phénomène qui s'explique par une influence néfaste sur les particules de protéine [16]. La structure des particules de caséine est changée [16, 3]. On constate des agglomérats de particules, qui provoquent par la présure une coagulation plus rapide.

II. — L'origine des facteurs principaux qui influencent la viscosité du yoghourt brassé

A) Epaissement

L'épaississement augmente la viscosité, qui peut se produire sous différentes formes :

1. Augmentation de l'extrait sec dégraissé : surtout en caséine et albumine.
2. Augmentation de la teneur en matière grasse : une éventuelle adjonction de crème pour le yoghourt aux fruits peut avoir un effet très favorable sur la viscosité et le goût.
3. Production de substances muqueuses : la production de substances muqueuses est favorisée par une température d'incubation basse, autour de 35° C [11]. Cette question n'est pas encore bien étudiée.

B) La température.

La température a une grande influence sur la viscosité. A une température élevée le yoghourt est plus fluide et il est plus visqueux pour une basse température.

C) Le brassage.

En principe, la structure du yoghourt avant le brassage a une influence sur la viscosité du yoghourt brassé [11]. Le brassage n'est rien d'autre qu'une certaine destruction de la structure et en même temps une répartition de l'eau qui s'est séparée au cours de l'agitation. Il y a surtout deux facteurs à considérer :

1) La température.

Il faut brasser à froid pour obtenir une structure solide [11]. Lorsqu'on brasse à chaud on obtient parfois la formation de flocons de caillé [11] et la structure est trop endommagée ; il en résulte une importante séparation du sérum. Toutefois, si l'on est obligé de brasser à chaud, il faut l'effectuer moins fort et sous surveillance.

2) La vitesse et la durée de brassage.

Le brassage ne doit pas être trop fort ni trop faible. Pour un brassage trop faible, les morceaux de caillé sont encore trop grands et peuvent se séparer pendant le stockage de petit-lait, fait assez rare.

3) La durée et la température de stockage.

Lors du stockage il y a un épaissement du yoghourt brassé qui est autant plus important qu'il est brassé en grain plus fin, stocké plus longtemps et à une température plus élevée (voir homogénéisation ci-après).

D) Homogénéisation du caillé.

Gavin a trouvé récemment (voir *Le Laitier romand*, n° 49 (1967)) qu'on peut homogénéiser le caillé à moins de 50 atm. et de préférence à un pH de 4,3 à 4,4. Un grain assez fin bloque la synérèse. Par un processus d'épaississement favorisé par une incubation (par exemple à 10-15° C et plus) le caillé (qui était au début très fluide) reprend de viscosité.

E) L'état d'hydratation, la rehydratation et la déhydratation des protéines.

Les facteurs qui ont un effet sur l'état d'hydratation des protéines, comme mentionné dans le chapitre précédent, influencent parallèlement la viscosité [1].

Les facteurs qui influencent la séparation du sérum peuvent dans certaines limites, influencer également la viscosité. Dans la pratique, les facteurs cités ci-avant sont plus importants.

III. — Les facteurs principaux qui influencent la séparation du petit-lait (synérèse) et la structure du yoghourt nature non brassé et brassé

Nous classons les différents facteurs uniquement selon le pouvoir de séparation de sérum, ils sont d'origine différente.

A) Les forces et la pression de contraction.

1) L'acidité ou le pH.

a) *Cas d'acidité trop faible* (au-dessus de pH 4.6) plus grande séparation, car la structure n'est pas assez solide.

b) *Cas d'acidité normale* (environ pH 4.6-4.0) [14]. La structure s'est assez solidifiée sous l'influence de l'acide lactique. Dans le cas normal on n'a pas de séparation à craindre.

c) *Acidification non homogène*. Provoque des nids de sérum. Le caillé entier ne subit pas la même hydratation (gonflement) et, de ce fait, il y a probablement des défauts dans la structure (fissures) qui favorisent la séparation.

d) *Cas d'acidité trop élevée* (pH en dessous de 4.0). Une diminution de l'enveloppe d'eau par l'acidification forte provoque une concentration et une expulsion du sérum.

2) La température.

a) *Trop haute*. Une incubation ou un stockage à une température trop élevée pourrait favoriser la contraction (ceci est rare).

b) *Trop basse.* Une température de coagulation (incubation) trop basse favorise la séparation (caillé trop mou), car un pourcentage d'eau élevé est lié.

c) *Réchauffement.* Les fortes variations de température sont particulièrement néfastes. Le réchauffement favorise la contraction. La même observation est valable pour le caillé du fromage [8].

3) *La tension superficielle.*

a) Des restes de produits de nettoyage ou de désinfection dans la bouteille peuvent provoquer une séparation immédiate du sérum près du récipient [11] par une diminution de la tension superficielle.

b) La peau qui se forme à la surface, par la tension superficielle, empêche la séparation du sérum dans les couches supérieures.

4) *Secousses et transport.*

Un yoghourt nature non brassé qui est plus ferme peut être transporté plus facilement, car il supporte mieux les secousses.

5) *Pressage sous l'influence du poids.*

a) *Emballage inapproprié :* couche de caillé trop épaisse.

b) *Forme de la bouteille :* trop ovale, provoque un certain pressage du caillé.

c) *Pressage dans le cas où les forces de contraction sont actives.* Le petit-lait flotte à la superficie dans les récipients contenant du yoghourt nature du fait que le coagulum est plus lourd que l'eau et repousse le sérum vers le haut.

Si les forces de contraction ne sont pas actives on constate que le caillé supporte une pression assez élevée.

6) *Changement dans l'état d'hydratation des protéines.*

Les facteurs qui influencent le changement dans l'état d'hydratation des protéines ont été décrits précédemment et nous voulons ici seulement relever les points qui portent un intérêt particulier :

a) Une haute teneur en sels minéraux favorise la séparation. Par exemple le lait de fin de lactation favorise ce défaut [15, 11].

b) D'après Pette le chauffage du lait à ces températures élevées (95° C et plus) pendant un temps assez long favoriserait la séparation du sérum [4].

B) *Les facteurs qui influencent la densité et la résistance d'écoulement à travers le filet de caséine.*

L'écoulement du petit-lait peut-être freiné ou favorisé sous l'influence de mobiles qui modifient la structure du coagulum. Nous

divisons ces influences en facteurs qui provoquent un épaississement du filet de caséine et ceux qui modifient la structure.

1) *La densité du filet de caséine dépend :*

— *de la teneur en extrait sec.* Avec l'augmentation de l'extrait sec il y a davantage de particules de caséine (d'élément de structure). Le filet devient plus dense.

— *de la contraction du filet.* Sous l'influence de la température il y a un raccourcissement ou une prolongation du filet.

De façon générale la densité du filet dépend aussi de l'hydratation des protéines. Nous nous sommes contenté de mentionner 2 principaux facteurs.

2) *Substances qui sont incorporées dans le filet de caséine.*

Ces substances forment des trous dans le filet ou provoquent une densité plus grande.

Les substances suivantes sont incorporées dans le filet de caséine et provoquent une densité plus grande :

— *Mucus.* C'est la substance de mucus produite par les bactéries qui lie beaucoup d'eau et épaissit en même temps la structure.

— *Matière grasse.* Une faible teneur en matière grasse favorise et l'inverse empêche la séparation.

— *Adjonction de certaines substances épaississantes ou stabilisantes.* Ces substances augmentent la teneur en eau liée.

— *Répartition de la matière grasse par homogénéisation.*

L'homogénéisation diminue la grandeur des globules de matière grasse et provoque une meilleure répartition. Le filet de caséine devient plus dense et l'eau libre s'échappe probablement plus difficilement. La matière grasse elle même ne retient que peu d'eau. C'est là un facteur important pour éviter la séparation du sérum [14].

C) **Les facteurs qui influencent ou modifient la structure du filet de caséine.**

Pour éviter une séparation du sérum il faut maintenir la structure du coagulum intacte. Plusieurs facteurs peuvent intervenir :

— *Agitation avant et après la coagulation* lorsque le caillé n'est pas encore assez ferme. Par des secousses pendant le transport on brise le caillé. Ces influences raccourcissent le chemin d'expulsion.

— *Le brassage pour le yoghourt brassé* doit être dosé comme il est indiqué dans le chapitre sur la viscosité. Il faut éviter d'introduire de l'air qui peut donner lieu à une séparation du sérum, car dans ou autour des cavités d'air le sérum s'accumule.

— *Acidification trop rapide lors de l'incubation.*

Une acidification trop rapide lors de l'incubation est aussi néfaste car elle favorise une agglomération trop dense des particules, ce qui provoque un manque d'eau liée ou une présence d'eau libre en trop grande quantité.

— *Origine et genèse du défaut de texture « sablonneuse ».*

a) *Acidification trop lente et irrégulière.*

Une acidification trop lente provoque facilement le défaut sablonneux ou granuleux. La genèse du défaut est probablement la suivante : la formation d'acidité précipite successivement (pas en une seule fois) une quantité toujours plus grande de caséine (autour du pH 5.2-5.3). Les particules de caséine s'agglomèrent comme d'habitude pour former des flocons toujours plus grands. Si l'acidification est trop lente, les flocons formés commencent à durcir sous l'influence de la chaleur et à se contracter.

Dans ce cas où l'acidification est trop lente ; ce défaut est d'autant plus favorisé que la température d'incubation est plus élevée. Ce défaut de structure sablonneuse est le plus souvent observé en cas d'une perturbation d'acidification due à un manque d'activité des streptocoques (dégénérescence, présence de substances inhibitrices naturelles, présence de traces d'antibiotiques, de produits de nettoyage), lorsque l'ensemencement est beaucoup trop faible ou en cas de fort déséquilibre de la flore dans la culture mère.

Une température d'incubation trop élevée peut provoquer un déséquilibre de la flore symbiotique et la texture sablonneuse, car ce sont surtout les streptocoques thermophiles qui ne se développent pas suffisamment.

b) *Solubilisation insuffisante de la poudre de lait.*

L'emploi de poudre de lait insoluble, fabriquée selon le procédé Hatmaker pourrait éventuellement provoquer le même défaut (particules de caséine dénaturées insolubles).

c) *Traitement du lait.*

Il semble que le défaut puisse aussi être causé par un rapport existant entre le traitement thermique du lait et l'homogénéisation par formation de particules de caséine dénaturées.

— *Refroidissement trop rapide.*

Une vitesse de refroidissement trop rapide peut aussi provoquer une séparation du sérum, qui est due à un changement dans la structure (contraction trop rapide du filet de caséine) et expulsion de sérum. Peut-être y a-t-il aussi une diminution momentanée de la résistance à l'écoulement du sérum.

— *Homogénéisation du caillé (bloque la cynérèse).*

Conclusion générale

I. — Nous avons essayé de classer et de systématiser les nombreuses indications bibliographiques et nos recherches personnelles sur la fermeté, la viscosité et la séparation du sérum pour aboutir à la fois à une analyse et à une certaine synthèse, ce qui montre l'origine de multiples influences et défauts.

II. — Les principaux facteurs qui influencent la consistance ou la fermeté sont ceux qui provoquent un changement dans l'état d'hydratation des protéines : l'acidité, la température, la protéolyse, la température et la durée de chauffage du lait, la précipitation et la teneur en albumine, les sels minéraux (teneur en sels minéraux des laits de mélange, lait de fin de lactation, vieillissement du lait au cours du stockage), le point isoélectrique apparent, et ceux qui influencent la viscosité, l'expulsion du sérum et la structure.

III. — Les principaux facteurs qui influencent la viscosité du yoghourt brassé sont : l'épaississement (augmentation de l'extrait sec dégraissé, augmentation de la teneur en matière grasse, production de substances muqueuses), la température, le brassage (la température, la vitesse et la durée de brassage), les changements dans l'état d'hydratation des protéines et ceux qui règlent la séparation du sérum et la structure.

IV. — Les principaux facteurs qui influencent la séparation du petit-lait et la structure du yoghourt nature non brassé et brassé sont : A) l'acidité finale et la marche de l'acidification, la température d'incubation et de stockage, l'augmentation de la tension superficielle par des restes de produits de nettoyage dans les bouteilles, les secousses au cours des transports, le pressage sous l'influence du poids, tout changement dans l'état d'hydratation des protéines, B) Les modificateurs de la densité et de la résistance d'écoulement à travers du filet de caséine (densité du filet de caséine sous la dépendance de la teneur en extrait sec et de la contraction du filet, substances incorporées dans le filet de caséine — (Mucus, matière grasse, adjonction de certaines substances épaississantes ou stabilisantes), C) la répartition de la matière grasse par homogénéisation, D) les variations dans la structure du filet de caséine (agitation avant et après coagulation, brassage pour le yoghourt brassé, acidification trop lente, refroidissement trop rapide). La texture sablonneuse peut provenir d'une acidification trop lente, d'une solubilisation insuffisante de la poudre de lait et du traitement du lait.

V. — Les indications précédentes montrent que plusieurs facteurs importants jouent un rôle de premier plan à plusieurs points de vue (consistance, viscosité et gêne dans la séparation du sérum).

VI. — Il serait souhaitable d'avoir des vues plus claires sur l'influence de l'équilibre salin et sur le chauffage du lait. D'autres recherches sur la caséine pourraient éventuellement apporter des vues nouvelles.

VII. — Aux fins de fabrication d'un yoghourt doux et de bonne consistance, nous pouvons, en conclusion, écrire que l'acidification ne doit être ni trop lente, ni trop rapide. (Reçu le 13-4-1967).

Summary

The numerous influences on the consistency, viscosity and whey of Joghourt have been systematically divided and described. This conducts at the same time to an analysis and synthesis, which operates clearly upon the knowledge of the above mentioned Joghourt influences and problems, and contributes to the better combatting of the defects.

Important influences (dry matter, homogenisation and heating) play in any way at the same time. Consistency, viscosity and whey : an important rule for the quality of Joghourt.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ALAIS (Ch.). Science du lait. Principes des techniques laitières. Editions SEP, Paris-I^{er}, 2^e éd. 1965.
- [2] HOSTETTLER (H.) et IMHOF (K.). Elektronenoptische Untersuchungen über die submikroskopische Struktur von Milch und Milcherzeugnissen. Landw. Jahrbuch d.Schweiz 66, 309-380 (1952). Neue Folge : 1. Jahrg.
- [3] HOSTETTLER (H.) et IMKOF (K.). Der Einfluss der Homogenisation der Milch auf die submikroskopische Struktur der Caseinpartikel. XIII. Internat. Milchw. Kongress (1953). II, page 382.
- [4] HOSTETTLER (H.) et IMHOF (K.). Beiträge zur Struktur der Labgallerte und des Käseteiges. 1. Mitteilung. Die Grundlage für die Bildung der Labgallerte. Schweiz. Milchztg. Nr. 85, Wissenschaftl. Beilage. (1955). Nr. 31.
- [5] IMHOF (K.) et HOSTETTLER (H.). Beiträge zur Struktur der Labgallerte und des Käseteiges. 3. Mitteilung. Untersuchungen über die bei der Reifung und Säuerung des Labgallerte sich am Proteingerüst vollziehenden strukturellen Veränderungen. Schweiz. Milchztg. Nr. 63, Wissenschaftl. Beilage (1956). 37, p. 289.
- [6] JANOSCHEK (A.). Die Gesetzmässigkeit des Molkenabganges aus Käsebruch. XI. Michwirtschaftl. Weltkongress, Berlin, (1937). vol. I, p. 439.
- [7] JENESS (R.) et PATTON (St.). Grundzüge der Milchemie. Traduction de A. Zeilinger, Bayerisches Landwirtschaftsverlag, München, Bâle, Vienne. (1967). p. 282.
- [8] KOPACZEWSKI (W.). Physico-chimie du lait. Paris, Dunod, 92, Rue Bonaparte (1950). (VI), p. 19.
- [9] KURMANN, JOSEPH (A.). Etude biotechnique sur la fabrication de yoghourt doux et aromatique. Communication I. Aperçu critique sur les principes généraux et leur application. *Le Lait*, 1967, 47.
- [10] PETTE (J. W.) et LOLKEMA (H.). Yoghourt V. Fermeté et séparation du sérum dans le yoghourt. Nederl. Melk-en Zuiveltijdschr. (1951), vol. V, n° 1. Ref. *Le Lait* (1952), 32, 533.
- [11] PETTE (J. W.). Joghurt und seine Probleme. *Milchwirtschaftliche Forschungsberichte*, (1957) 9, 177-190.
- [12] PORCHER (Ch.). La méthode synthétique dans l'étude du lait. Le lait au point de vue colloïdal. Recherches sur le mécanisme de l'action de la présure. *Le Lait*, (1929). 9, 797.

- [13] PRODANSKI (P.). Thörner-Säuregrad und pH zum Zeitpunkt der Koagulation bulgarischer Sauermilch aus verschiedenen Milcharten in Abhängigkeit von Pasteurisierungstemperatur und Heisshaltezeit der Ausgangsmilch. *Milchwissenschaft*, (1967) **22**, 167-168.
- [14] PUHAN (Z.). Die Molkenlässigkeit von Joghurt. *Schweiz. Milchztg.* (1964). Nr. 33, p. 205.
- [15] STORCK (W.). Milchmischgetränke und Sauermilchgetränke, einschl. Yoghurt und Bioghurt. Verlag Th. Mann, G.m.b.H., Hildesheim (1959).
- [16] STORCK (W.) und HARTWIG (H.). Qualitätsfehler bei Milch und Milcherzeugnissen. Vermeidung und Abstellung. Verlag. Th. Mann, Hildesheim, p. 22, 1965.
- [17] STORGARDS (O.A.T.). Ueber die Konsistenz der Dickmilch. XIV. Int. Michw. Kongress, I. Bd., 2. Teil, 332-341 (1956).

SUPPLÉMENT TECHNIQUE

LES RADIOISOTOPES ET LES RAYONNEMENTS DANS LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE LAITIÈRES

par

G. GENIN

Ingénieur E.P.C.I.

Sur ce thème, l'Agence internationale de l'énergie atomique a organisé à Vienne, en 1966, un symposium au cours duquel différentes communications du plus haut intérêt ont été présentées. Nous reproduisons dans ce qui suit un court résumé de ces communications.

Harper (W. J.) et Gould (I. A.). — Applications des radioisotopes et des rayonnements à l'évaluation et au contrôle des procédés de traitement des produits laitiers. Département de technologie laitière de l'Université de l'Etat d'Ohio.

Les principales applications industrielles des rayonnements émis par les radioisotopes sont les suivantes : jauges et appareils de mesure et de contrôle divers, densité des produits, composition chimique, épaisseur des couches dans les industries de la galvanoplastie, de la peinture et des matières plastiques, mesure des volumes et des débits, des interfaces et des niveaux des fluides, etc. Dans bien des cas, l'utilisation des radioisotopes permet ou facilite l'automatisation de la production.