

L’AFFINAGE DES FROMAGES FRANÇAIS

СОЗРЕВАНИЕ ФРАНЦУЗСКИХ СЫРОВ

Guillaume Philippe

IUT GB2A – LE MONTET – Villers- lès- Nancy étudiant en fromagerie

Гийом Филипп

Университетский Технологический Институт, факультет – Биотехнологии и продовольственная промышленность, ЛЕ МОНТЕ, студент специальности – технология сыроделия

(г. Нанси)

Азолкина Л.Н.

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
(г. Барнаул)

Les fromages français présentent une grande diversité, dont l’origine se trouve dans les variations des paramètres des étapes technologiques telles que: préparation du lait, acidification, égouttage, pressage et salage, mais aussi de leur affinage, séquence finale durant laquelle ils acquièrent leur typicité aromatique. Des phénomènes chimiques et biochimiques complexes interviennent alors, et leur maîtrise demande une attention particulière.

Dans un premier temps, les paramètres clés de l’affinage seront traités, puis suivra une description des principaux agents d’affinage et de leur rôle, et enfin seront évoqués la conduite de l’affinage et les défauts courants observés chez divers fromages.

1. Параметры, которые нужно соблюдать при созревании сыров

Un fromage peut être considéré comme un bioréacteur: en effet, il est le siège de phénomènes physico-chimiques, et biochimiques: réactions enzymatiques et fermentaires. Mais s’ils sont responsables de la production d’arômes, ils sont tributaires de leur environnement, et vont le modifier au cours du temps.

1.1 Свойства сыра

Les différentes étapes de la technologie fromagère amènent à faire varier les paramètres suivants:

- Teneur en sel: la quantité de sel apporté va favoriser ou empêcher l’implantation, le développement ou la survie des divers microorganismes, qu’ils soient apportés par l’homme, naturellement présents dans le lait, ou provenant de contaminations. Elle est exprimée relativement à la quantité d’eau, car le sel n’est pas soluble dans la matière grasse. On a alors l’indicateur: $\text{NaCl}/\text{H}_2\text{O}$. Le sel joue un rôle gustatif évident, et c’est aussi un exhausteur de goût.

- pH: ce paramètre va aussi influencer l’écosystème microbien. Les bactéries lactiques vont diminuer le pH par production d’acide lactique, et les autres flores vont le faire remonter, par production de NH_3 par exemple.

- Minéralisation: selon la place de l’acidification par rapport à l’égouttage, les micelles de caséine seront plus ou moins minéralisées, et donc opposeront une résistance variable à la variation du pH du fromage. Un gel très déminéralisé va subir une remontée du pH plus rapide, et aura donc une durée de conservation plus courte.

- Activité de l’eau (a_w): c’est l’indicateur de la quantité d’eau disponible pour les réactions chimiques, enzymatiques et fermentaires. L’activité de l’eau est corrélée à la teneur en sel, et à l’humidité du fromage dégraissé (HFD)

- Substrats: le développement de certains microorganismes va être influencé par la présence de sucres, citrates et lactates dans le fromage non encore affiné.

- Présence d’enzymes: le lait contient naturellement des enzymes lipolytiques comme la lipoprotéine lipase, ou protéolytiques telles que la plasmine. De plus, il peut rester dans le fromage une quantité plus ou moins importante de protéases coagulantes en fonction de leur nature et de la conduite de la technologie.

1.2 Параметры окружающей среды

Le contrôle de l’affinage passe par la maîtrise des conditions extérieures, telles que:

- Température: c’est l’élément principal, elle conditionne la vitesse des réactions physico-chimiques et enzymatiques, ainsi que l’implantation et le développement des flores d’affinage. A chaque séquence de l’affinage correspond une température précise.

- Humidité relative: elle devra être contrôlée, car elle influence aussi la croissance des flores de surface, et la teneur en eau du fromage.

- Teneur en gaz des locaux: certains microorganismes d'affinage et certaines réactions enzymatiques sont à l'origine de la production de gaz (CO_2 , NH_3), et certaines flores ont besoin d' O_2 , et sont sensibles à la quantité de CO_2 et de NH_3 . La quantité de ces gaz dans l'atmosphère des salles d'affinage devra donc être pilotée avec précision.

Французские сыры представляют огромное разнообразие, объясняемое различиями в технологических параметрах. Сыр представляет собой биореактор, в котором имеют место сложные химические и биохимические процессы, протекающие под действием: содержания соли, pH, активности воды, субстратов, присутствия энзимов. Условия окружающей среды также оказывают свое влияние на созревание сыра: температура, относительная влажность, содержание местных газов.

2. Основные микроорганизмы, используемые при созревании сыра

2.1 Дрожжи

Les levures ont un rôle important car, par la fermentation des sucres et lactates, elles permettent la remontée du pH nécessaire au développement des flores d'affinage. On utilise couramment ces espèces:

- *Candida Utilis*: levure à forte activité fermentaire, avec une production intéressante de composés aromatiques. Elle peut se développer aussi bien en surface que dans la masse du fromage.

- *Kluyveromyces lactis*: a une activité métabolique diversifiée, oxydation et fermentation, et entre en compétition énergétique avec les bactéries lactiques. Les capacités de remontée de pH et de production d'arômes sont variables selon les souches. Comme *Candida Utilis*, elle se développe en surface comme en profondeur.

- *Debaryomyces hansenii*: cette espèce n'a pas d'activité fermentaire, mais oxyde les sucres et les lactates. Sa capacité à faire augmenter le pH varie selon les souches. Cette levure ne peut croître qu'en surface du fromage.

- *Saccharomyces Cerevisiae*: également utilisée dans la production du pain et de la bière, cette levure dégrade le glucose par les voies oxydative et fermentaire, avec une importante production de CO_2 , et éventuellement d'alcool.

2.2 Плесень

Les moisissures ont un grand intérêt dans la production de certains fromages, de par leur forte activité de dégradation des protéines et des lipides, de par leur production d'arômes, et pour l'aspect et la texture qu'ils donnent au fromage. Voici les principales moisissures utilisées:

- Genre *Penicillium*: se distingue en deux grandes espèces:

- *Penicillium Camemberti*: tire son nom du célèbre fromage de Normandie, le camembert. Cette moisissure blanche à l'aspect duveteux dégrade les sucres et lactates, possède une forte activité protéolytique, et une faible activité lipolytique.

- *Penicillium Roqueforti*: son nom vient du Roquefort, produit dans la région d'Auvergne. Cette souche est utilisée dans la technologie des fromages à pâte persillée. Elle est d'une couleur gris-vert, et développe une activité lipolytique et protéolytique importante.

- *Geotrichum Candidum*: cette moisissure blanche est de plus en plus utilisée pour l'affinage des fromages à croûte fleurie, en association avec *Penicillium Camemberti*. Elle possède des enzymes lipolytiques de paroi cellulaire, et son pouvoir protéolytique varie beaucoup selon les souches utilisées. Il existe trois formes de *Geotrichum*: forme levurienne, forme moisissure, et forme intermédiaire.

- Genre *Mucor*: Il s'agit d'une moisissure brun-noir utilisée dans l'affinage de fromages tels que la Tomme des Bauges ou le Saint-Nectaire, mais peut être responsable de défauts sur d'autres fromages.

2.3 Бактерии

2.3.1 Молочнокислые бактерии

Outre leur rôle d'acidification, les bactéries lactiques ont un impact sur l'affinage des fromages. En effet, lors de la lyse de leur paroi cellulaire, celles-ci libèrent leurs enzymes qui vont alors participer à la dégradation des protéines. On distingue deux types selon leur tolérance à la température:

- Bactéries mésophiles: dégradent le lactose, le glucose et le galactose avec production de lactates, et ont une croissance optimale entre 25 et 35°C. On les classe selon leur métabolisme:

- Genre *Lactococcus*: produisent des lactates L. L'espèce *Lactococcus lactis* ssp. *diacetylactis* se distingue par son activité de dégradation des citrates et sa production de diacétyle, d'acide acétique et de CO_2 .

- Genre *Leuconostoc*: produisent des lactates D et de l'acide acétique, et sont utilisées pour leur production de diacétyle et de CO_2 .

СОЗРЕВАНИЕ ФРАНЦУЗСКИХ СЫРОВ

- Genre *Lactobacillus*: produisent des lactates L, et des lactates D (excepté *Lactobacillus casei*), l'espèce *Lactobacillus brevis* produit de l'acide acétique et du CO₂. Ce genre de bactéries sont à l'origine d'une forte activité protéolytique.

- Bactéries thermophiles: dégradent le lactose et le glucose avec production de lactates, et se développent de façon maximale entre 35 et 45°C.

- *Streptococcus Thermophilus*: bactérie à fort pouvoir acidifiant, ne peut utiliser le galactose, et produit des lactates L. Elle a une faible activité de dégradation des protéines.

- Genre *Lactobacillus*: dégradent aussi le galactose (sauf *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus*), et produisent des lactates D. L'espèce *Lactobacillus fermentum* produit de l'acide acétique et du CO₂

2.3.2 Коринеформные бактерии или «красные бактерии»

Ce type de bactéries est utilisé pour l'affinage de fromages à croûte lavée, tels que le Munster ou le Maroilles. Elles leur donnent une couleur rouge orangé caractéristique, ainsi qu'une forte typicité aromatique.

2.3.3 Пропионовые бактерии

Ces bactéries interviennent dans la fabrication de certains fromages à pâte pressée cuite, comme l'Emmental, pour leur forte production de CO₂, qui génère les ouvertures, communément appelées les « trous » du fromage. De plus, cette espèce produit de l'acide propionique, qui donne un goût caractéristique à ces fromages.

К основным микроорганизмам, участвующим в созревании сыра, относятся: дрожжи (*Candida Utilis*, *Kluyveromyces lactis*, *Debaryomyces hansenii*, *Saccharomyces Cerevisiae*), плесень (*Penicillium Camemberti*, *Penicillium Roqueforti*, *Geotrichum Candidum*, *Mucor*), бактерии (молочнокислые бактерии: мезофильные бактерии: род *Lactococcus*, род *Leuconostoc*, род *Lactobacillus* и термофильные бактерии: *Streptococcus Thermophilus*, род *Lactobacillus*; коринеформные бактерии, пропионовые бактерии).

3. Этап созревания и частые ошибки

3.1 Последовательные фазы созревания

Un affinage bien réalisé passe par plusieurs séquences clé:

3.1.1 Дрожжевая фаза

Cette phase est primordiale, car l'action de remontée de pH des levures conditionne l'implantation des flores d'affinage bactérienne et fongique qui vont leur succéder. Il est nécessaire de choisir la ou les levures adéquates en fonction de l'activité de celles-ci, de leur capacité à se développer en surface ou dans toute la masse, et de leur production d'arômes éventuelle. De plus, la consommation des sucres résiduels par la voie fermentaire va éviter des problèmes de post-acidification.

3.1.2 Метабиоз

Les différents microorganismes intervenant lors de l'affinage vont se relayer en fonction du pH minimum auquel ils commencent à se multiplier. Cette succession est appelée la métabiose.

Таблица

Различные флоры во время созревания и их минимальный уровень

Микроорганизм	Минимальный уровень pH
Дрожжи	4,5
<i>Geotrichum</i>	4,6
<i>Penicillium Camemberti</i>	4,8
<i>Penicillium Roqueforti</i>	5,05
Пропионовые бактерии	5,3
Красные бактерии	5,2

Chaque agent d'affinage va nécessiter des paramètres environnementaux différents et durer pendant un laps de temps adéquat, pour que sa croissance se fasse de la manière désirée, de façon à produire les composés aromatiques recherchés, et éviter des défauts de goût et d'aspect sur le produit.

3.2 Распространенные пороки при производстве сыра

3.2.1 Окисление

Le défaut de post-acidification résulte de deux facteurs principaux: une technologie inadéquate conduisant à une grande quantité de sucres résiduels dans le fromage, et une mauvaise maîtrise de l'implantation et de la croissance des levures, ce qui conduit à une consommation des sucres par les bactéries lactiques qui vont ainsi acidifier le fromage et déminéraliser les caséines. Il s'ensuit une texture friable et plâtreuse au cœur du fromage, accompagnée par un goût acide prononcé.

Ce phénomène est cependant parfois recherché dans certaines fabrications.

3.2.2 Горечь

L'amertume des fromages provient d'une dégradation de la caséine β par les enzymes protéolytiques issus du lait, de la préparation coagulante ou des microorganismes, qui aboutit à une accumulation de peptides spécifiques donnant un goût amer au produit.

3.2.3 Порок «кошачий волосок»

Ce défaut est la conséquence de contaminations des par *Mucor Pusillus*, une moisissure de couleur noire qui se développe à a surface des fromages, et altère ainsi leur aspect.

3.2.4 Порок «жабья кожа»

La « peau de crapaud » est la conséquence d'un développement excessif de *Geotrichum Candidum*, ce qui confère au fromage une apparence plissée en surface, et un contact poisseux.

Процесс созревания сыра проходит две основных последовательных фазы: дрожжевая и метабиоз. При созревании сыра могут наблюдаться отклонения от нормы, вызванные различными причинами и которые представляют собой пороки созревания, среди которых можно выделить: окисление, горечь, «кошачий волосок», «жабья кожа».