

Résumé

La levure *Geotrichum candidum* et la moisissure *Penicillium camembertii* font partie de la flore d'affinage du Camembert. Ils participent d'une manière importante à la modification de la texture et à la formation de la flaveur et de l'arôme du fromage. Des cultures liquides pures et mixtes des deux microorganismes en bioréacteur ont été menées pour une meilleure compréhension de leur action sur les composés du caillé impliqués dans la formation des caractéristiques organoleptiques du fromage. Les milieux de culture expérimentés sont le jus de camembert (équivalent à la phase soluble du fromage), et des milieux plus simples à base d'acides aminés et d'un substrat carboné primaire (lactate ou glucose).

Une nette différenciation entre les sources de carbone et d'énergie avait été mise en évidence durant la croissance de *P. camembertii* sur des substrats simples comme le glutamate et le lactate, utilisés respectivement comme sources de carbone (pour la biosynthèse) et d'énergie ; comportement confirmé sur substrats complexes (peptones) et lactate. Ce travail a montré qu'au contraire, en présence de substrats aisément assimilables en tant que sources de carbone (et d'azote), par exemple des peptones ou du glutamate, le lactate n'est pas consommé par *G. candidum* durant sa croissance, il est uniquement utilisé comme source d'énergie pour le maintien cellulaire. En effet, *G. candidum* est connu pour ses activités de désamination, qui conduisent à la formation d'un composé intermédiaire du cycle énergétique des cellules, tel l' α -cétoglutarate.

La culture mixte des deux microorganismes sur jus de camembert a mis en évidence des effets de synergie entre les deux microorganismes ; les activités enzymatiques de *G. candidum* (hydrolyse des peptides à faible poids moléculaire) ont facilité l'assimilation de peptides et d'acides aminés comme sources de carbone par *P. camembertii*. Il y a de plus compétition entre les deux espèces pour les peptides et acides aminés les plus aisément métabolisables, qui sont ainsi utilisés comme sources d'énergie, en plus d'être sources de carbone et d'azote ; les autres sources de carbone disponibles (lactose, lactate et citrate) n'ont été utilisées qu'en fin de culture pour le maintien cellulaire. Cette compétition a été confirmée sur milieux synthétiques simples ; elle conduit à une absence d'assimilation par *P. camembertii* de la seconde source de carbone (lactate disponible dans le milieu à base de glutamate) ou à son assimilation uniquement comme substrat azoté (thréonine en présence de glucose).

Abstract

The yeast *Geotrichum candidum* and the mould *Penicillium camembertii* form part of the Camembert cheese ripening microflora. They are significantly involved in texture modification and flavour formation of cheese. Submerged pure and mixed cultures of both microorganisms are run in batch bioreactor in the aim of a deeper understanding of their action on curd components during ripening. Culture media used were cheese juice (water soluble fraction of cheese), and simple media containing amino acids supplemented or not with lactate or glucose.

A clear differentiation between the carbon and the energy sources was previously shown during *P. camembertii* growth on simple substrates, like glutamate and lactate, respectively assimilated as a carbon (and nitrogen) source for biosynthesis and dissimilated for energy supply by oxidation into CO₂. This behaviour was confirmed during *P. camembertii* growth on a complex substrate, like peptones (and lactate). Contrarily, in presence of readily usable carbon (and nitrogen) substrates, for instance peptones or glutamate, lactate was not used during *G. candidum* growth, but only dissimilated for energy supply during stationary state. Indeed, deaminating activities were previously reported for *G. candidum*, leading to α -ketoglutaric acid, which can be directly fed into the tricarboxylic acid cycle to generate energy.

A synergistic effect of *G. candidum* on *P. camembertii* growth was clearly shown in mixed culture; the enzymatic activities of *G. candidum* (low molecular weight peptides hydrolysis) allowed an easier assimilation of peptides and amino acids as carbon sources by *P. camembertii*. Moreover, a competition between both species for the more readily peptides and amino acids, used for carbon dissimilation, in addition to be used for carbon (and nitrogen) assimilation, occurred on a complex substrate like cheese juice; the other available carbon sources (lactose, lactate and citrate) were only used for cell maintenance during stationary state. This competition was confirmed during mixed cultures on simple synthetic media, leading to the absence of assimilation of the second possible carbon substrate, like lactate in presence of glutamate in the medium, or its use only as a nitrogen source, like threonine in presence of glucose.