

Computer Simulation as a Tool to Model Coffee Brewing Cellular Automata for Percolation Processes; 2D and 3D Techniques for Fluid-dynamic Simulations

R. CAPPUCCIO, F. SUGGI LIVERANI

illycaffè s.p.a., Trieste, Italy

SUMMARY

In this paper we describe how computer simulation can be used for understanding the fluid dynamics of the coffee percolation process, which is of great importance in designing coffee-based products and brewers. Four parameters basically influence the flow rate: water pressure, water temperature, particle size distribution and void ratio within the coffee bed. While the first two parameters can be studied by a traditional experiment, the latter two are very difficult to be monitored: a computer simulation is therefore necessary to get a deeper knowledge of what happens during the percolation process. The goal of these simulations is to understand how particle size distribution and void ratio affect water velocity and therefore the extraction of soluble substances, which provide for the body and aroma of the espresso coffee. The model does not take directly into account the chemical processes, which occur during percolation. Nevertheless the water velocity is available and can be used as an index of the extraction processes. An experimental model of the flow as a function of time, pressure and temperature has been developed while computer simulations have put in evidence the presence of high velocity channels in particular conditions of coarse grinding and low tamping. The agreement of simulations and experimental results, in terms of flow rate, confirms the validity of the model, which is therefore an effective tool for experimenting “in silicon” situations out of the experimental range.

RÉSUMÉ

Sur ce document, nous expliquons comment une simulation sur ordinateur peut être utilisée pour comprendre la dynamique d'écoulement de l'eau lors du processus de percolation du café, qui est d'une importance primordiale afin d'étudier les produits et boissons à base de café. Quatre paramètres de base influencent cet écoulement: la pression de l'eau, la température de l'eau, la répartition de la taille des particules, le pourcentage de vide.

Alors que les deux premiers paramètres peuvent être étudiés à l'aide d'expériences traditionnelles, les deux derniers sont très difficiles à contrôler: une simulation informatisée est donc nécessaire pour avoir une connaissance plus précise de ce qu'il advient lors de la percolation. Le but de ces simulations est de comprendre comment la répartition de la taille des particules de café et le pourcentage de vide influencent la vitesse d'écoulement de l'eau et par conséquent, l'extraction des substances solubles qui a un rôle prépondérant sur le corps et l'arôme de l'espresso. Ce modèle informatique ne prend pas directement en compte les processus chimiques qui interviennent durant la percolation. Néanmoins, la vitesse d'écoulement de l'eau est disponible et peut être utilisée comme référence dans le processus d'extraction. Un modèle expérimental du flux utilisant des fonctions de temps, de pression et de température a été développé tandis que des simulations informatisées ont mis en évidence la présence de canaux à haute vitesse, apparaissant dans des conditions particulières

d'utilisation de café moulu en grosses particules et faiblement pressé. La compatibilité des simulations et des résultats expérimentaux en terme de vitesse d'écoulement confirme la validité du modèle informatique, qui est donc un instrument efficace pour expérimenter "in silicone" des situations hors du domaine expérimental.