

Espresso Coffee Brewing Dynamics: Development of Mathematical and Computational Models or Dynamics of Fluid Percolation Through a Bed of Particles Subject to Physico-Chemical Evolution, and Its Mathematical Modeling

M. PETRACCO, F. SUGGI LIVERANI

Illycaffè S.p.A. via Flavia, 110 Trieste, Italy

SUMMARY

Preparing an espresso coffee cup is a common act of apparent simplicity, hiding a lot of complex phenomena, which use to lead to unexplainable variations in the cup's aspect and appeal.

It may be scientifically defined as “Fluid Percolation through a Bed of Particles Subject to Physico-chemical Evolution”.

An attempt is made to interpret experimental data, setting out differential equations of the classic hydrodynamics and showing how an insight into the coffee grounds is needed to explain the outfit's behaviour.

Difficulties in trying to resolve in exact way complicated differential equations systems may be overcome by numerical solution, thanks to modern computers. A newer trend in computer science is called “naïve physics”, where neither the solutions nor the equations themselves are obtained by classical deduction. Instead, local rules of behaviour are defined into a computer program and a graphical simulation of the phenomena is obtained step by step.

RÉSUMÉ

La préparation d'une tasse de café espresso est une action apparemment très simple, mais elle cache beaucoup de phénomènes complexes qui provoquent des variations inexplicables dans l'aspect et le charme même de la boisson.

On pourrait la définir comme “écoulement d'un fluide à travers d'un lit de particules, sujet à une évolution physico-chimique”.

On a essayé d'interpréter des données expérimentales, jusqu'à produire des équations différentielles du type classique en hydrodynamique, et on a montré qu'il faut un examen de l'intérieur de la couche de café moulu pour expliquer le comportement du système.

Les difficultés de la résolution analytique exacte de systèmes compliqués d'équations différentielles peuvent être surmontées par solution numérique sur ordinateur. Une nouvelle discipline de science de l'information, qui s'appelle “naïve physics”, n'essaie pas de résoudre ni même de poser des équations en utilisant le raisonnement déductif classique: au contraire on y établit des règles locales de comportement dans un logiciel d'ordinateur, et on y obtient pas à pas une simulation graphique du phénomène étudié.

ZUSAMMENFASSUNG

Anscheinend ist die Zubereitung einer Tasse Espresso-Kaffees sehr einfach, aber Sie verbirgt mehrere komplizierte Phänomene, die unerklärbare Veränderungen in dem Aussehen und in der Magie der Tasse verursachen.

Man kann Sie wissenschaftlich beschreiben als “Flüssigkeits Perkolation durch eine Teilchenschicht, die durch eine chemische und physikalische Evolution bedingt ist”.

Man versuchte die Experimentdaten anzudeuten, in dem man Differentialgleichungen der klassischen Hydrodynamik ansetze. Man zeigte wie notwendig es ist, einen Blick in die Kaffeepulverschicht zu werfen um das Verhalten des Systems zu erklären.

Man kann die Schwierigkeiten der Lösung von Systemen komplizierter Differentialgleichungen durch numerische Computerlösung überwinden.

Eine neue Tendenz in der Computerwissenschaft, die “Naïve Physics” heißt, kann die Gleichungen durch Deduktivmethode weder lösen noch aufstellen. Statt dessen, werden lokale Verhaltensregeln in einem Computerprogramm angesetzt, und man erhält schrittweise eine graphische Simulation des Phänomens.