

Comparison of Caffeine, Theobromine and Theophylline Metabolism and Distribution Between Coffee and Tea Plants

G. R. WALLER¹, H. ASHIHARA², T. SUZUKI³

¹Department of Biochemistry, Oklahoma Agricultural Experiment Station, Oklahoma State University, Stillwater, OK 74078, U.S.A.

²Department of Biology, Faculty of Science, Ochanomizu University, Otsuka, Tokyo 112, Japan

³Department of Applied Biology, Faculty of Textile Science, Kyoto Institute of Technology, Matsugasaki, Kyoto 606, Japan

SUMMARY

Caffeine is synthesized from xanthosine, via 7-methylxanthosine, 7-methylxanthine and theobromine, and S-adenosylmethionine is utilized as a donor of the methyl groups. Although the exact pathway has not yet been fully elucidated, xanthosine seems to be derived from purine nucleotides through the steps: AMP → IMP → XMP → xanthosine and/or GMP → guanosine → xanthosine. In contrast, there are seasonal variations in the caffeine content and biosynthetic capacity for caffeine synthesis in tea leaves and the decrease in autumn indicates metabolism and/or translocation of the alkaloid.

Biosynthesis of radioactive caffeine and theobromine in coffee fruit showed that a pathway from AMP and/or GMP was effective. Biodegradation of radioactive caffeine was shown to occur slowly, resulting in the formation of glyoxylic acid and urea which gives rise to CO₂ and NH₃. These results indicate that (a) biosynthesis of caffeine occurs mainly during the green stage of fruit development through methylation of N⁷-methylxanthine and theobromine, and (b) that caffeine degradation primarily occurs through the demethylation of theophylline, which accumulates after the fruit is full size and proceeds to ripen.

RESUMEN

La cafeína es sintetizada a partir de la xantosina via 7-metilxantosina, 7-metilxantina y teobromina, el donador de grupos metilo es S-adenosilmetionina. Aunque la vía exacta no ha sido totalmente elucidada, parece que la xantosina es derivada a partir de los nucleosidos de purina a través de las siguientes etapas: AMP → IMP → XMI → xantosina y/o GMP → guanosina → xantosina. En las hojas de té, el contenido de cafeína y la capacidad biosintética de la misma varía estacionalmente. La disminución de este alcaloide durante el otoño, sugiere que éste es metabolizado o trasladado.

El seguimiento de la biosíntesis de cafeína radioactiva y de teobromina, mostró que la vía a partir del AMP y/o GMI fue efectiva. La cafeína radioactiva fue biodegradada lentamente, dando como productos el ácido glicoxílico y urea, a partir de los cuales se produce CO₂ y NH₃. Estos resultados indican que: a) la biosíntesis de cafeína se realiza durante el estado inmaduro (verde) del fruto a través de la metilación de N⁷-metil-xantina y teobromina, y b) la degradación de la cafeína ocurre primariamente a través de la de-metilación de la teofilina, la cual es acumulada cuando el fruto alcanzó su tamaño final y empieza a madurar.