

# 각성성분의 개발 및 평가기술: 에너지 음료의 세계적인 급성장과 천연 각성성분 개발의 중요성을 중심으로

## Development and Evaluation Technology of Arousal-Enhancing Products: Global Rapid Growth of Energy Beverages and Importance of Arousal-Enhancing Natural Products

조승목<sup>1</sup>, 진영호<sup>2</sup> | 한국식품연구원 기능소재연구단<sup>1</sup>, 경희대학교 의과대학 생리학교실<sup>2</sup>  
Suengmok Cho<sup>1</sup>, Young-Ho Jin<sup>2</sup> | Functional Materials Research Group<sup>1</sup>, Korea Food Research Institute,  
Department of Physiology, School of medicine, Kyung Hee University<sup>2</sup>

### 기술명

각성성분의 개발 및 평가기술

### 원 리

#### 카페인, 과라나, 모다피닐 그리고 각성 메커니즘

세계적으로 에너지 음료는 약 100여 종에 이르고 있는데 그 활성 성분들은 사실 매우 유사하다. 대표적인 것으로 카페인, 과라나 추출물, 타우린, 인삼 추출물, 비타민 등이 있다. 이러한 활성성분 중에서도 가장 중요한 것이 바로 카페인으로 각성효과를 유도하기 위하여 모든 에너지 음료에 포함되어 있다(Table 1). 브라질 아마존 정글의 특수한 기후와 토양에서만 자라는 식물인 과라나(Guarana) 열매 추출물도 널리 이용되는 원료이다. 과라나 열

매에는 카페인이 커피에 비해 3배나 많이 함유되어 있다. 즉 과라나 추출물 또한 에너지 음료의 카페인 함량을 증가시키기 위해 사용되고 있는 것이다. 과라나는 오랫동안 복용해도 몸에 부작용이 거의 나타나지 않는 것으로 브라질 정부가 인정하고 있다. 과라나 추출물과 함께 많이 사용되는 성분으로는 타우린이 있다. 타우린은 단백질을 구성하는 아미노산의 일종으로 간의 해독작용을 돕는 것으로 알려져 있다.

에너지 음료의 대표적인 각성 성분인 카페인에 대해 좀 더 살펴보자. 카페인은 xanthine핵을 가진 알칼로이드 화합물로 커피, 녹차잎 외에도 여러 종류의 식물 과실에 포함되어 그 식물을 먹는 곤충에 대하여 살충제로써 작용하여 식물을 보호하는 작용을 한다고 알려져 있다. 카페인은 1820년 독일의 화학자인 FF Runge와 1821년 프랑스 3인의 화학자들에 의하여 각각 독립적으로 분리 되었으며 그중 P Pelletier에 의하여 불어의 커피라는 뜻의 'cafeine'이 명명되었고 영어는 'caffeine'으로 사용되게 되었다.

카페인을 포유동물에서는 주로 중추신경 흥분제로써 작용하며 그 이외에도 이뇨, 강심작용, 기관지 평활근 확장작용 등의 효과를 나타낸다. 카페인의 다양한 약리학적인 효과가 알려지기 전부터 중추신경에 대한 흥분, 집중력 강화, 수면 억제 등의 효과로 인해 세계적으로 널리 카페인이 함유된 식품을 기호식품으로 섭취해 왔었는데, 지역에 따라서 자생하고 있는 식물의 분포가 달라 다른 종류의 식물

을 이용하였으나 공통적으로 카페인의 중추신경에 대한 흥분효과를 목표로 하여 음료의 형태로 섭취되었다. 아시아에서는 중국남부가 원산인 차나무의 잎을, 아프리카와 중동에서는 이디오피아 원산의 커피나무 열매를, 서부아프리카에서는 콜라 열매(Kola nut), 중남미의 고대 마야인들은 코코아 열매를 가공하여 섭취해온 것으로 알려져 있다. 카페인은 음료의 형태로 섭취되었을 때 주로 소장에서

**Table 1.** Energy-enhanced beverages and their ingredient breakdown

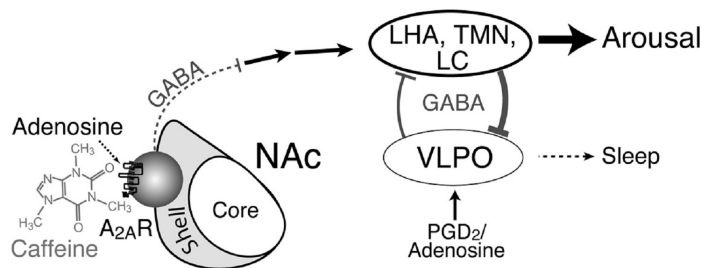
| Name                 | Company              | Serving size (fl oz) | Caffeine per serving (mg) | Calories per serving | Sugar per serving (g) | Active ingredients   |
|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------|--|
| Amp                  | PepsiCo, Inc.        | 8                    | 71                        | 110                  | 28                    | Guarana, caffeine, taurine, ginseng  |
| Full Throttle        | The Coca-Cola Co.    | 8                    | 72                        | 111                  | 29                    | Caffeine, guarana, taurine, carnitine, ginseng, sucrose  |
| GURU                 | GURU Beverage Co.    | 8,3                  | 97                        | 100                  | 22                    | Guarana, ginseng, Ginkgo biloba  |
| Hydrive              | Hydrive Energy       | 15,5                 | 145                       | 30                   | 6                     | Sucrose, caffeine, taurine, L-carnitine, L-arginine  |
| Monster              | Monster Beverage Co. | 8                    | 80                        | 100                  | 27                    | L-carnitine, glucose, caffeine, guarana, inositol, glucuronolactone, maltodextrin                  |
| NOS                  | The Coca-Cola Co.    | 8                    | 130                       | 110                  | 26                    | Taurine, L-carnitine, caffeine, inositol, ginseng  |
| Red Bull             | Red Bull GmbH        | 8,3                  | 80                        | 110                  | 27                    | Taurine, glucuronolactone, caffeine  |
| Red Bull Simply Cola | Red Bull GmbH        | 12                   | 45                        | 130                  | 31                    | Coca leaf, kola nut  |
| Rockstar             | Rockstar Energy      | 8                    | 80                        | 140                  | 31                    | Taurine, Ginkgo biloba leaf, caffeine, guarana, inositol, carnitine, ginseng, milk thistle extract |

(Heckman MA *et al.*, Compr Rev Food Sci Food Saf, **9**(3), 303–317, 2010)

흡수되고 쉽게 뇌혈관문을 통과하며 정상인의 경우 체내에서의 반감기는 4.9 시간이다. 그러나 영유아, 간 기능 저하 환자, 구조가 비슷한 약물을 복용하고 있는 환자 등에서는 극단적으로 반감기가 길어지므로 섭취에 유의해야 한다. 카페인은 간에서 대부분이 paraxanthine으로 대사되나 소량은 theobromine과 theophylline으로도 대사된다. 위의 3가지 대사물은 카페인과 다른 생리효과를 가지고 있으며 그 중 paraxanthine은 지방분해를 촉진하여 혈중 지방산의 농도를 상승시키며 theobromine은 혈관 확장과 이뇨, theophylline은 기관지 확장 효과가 있어 천식치료약으로 사용된다. 카페인의 주작용인 중추신경에 대한 흥분작용은 뇌신경 활동을 억제하는 adenosine이 adenosine 2A 수용체에 결합하는 것을 경쟁적으로 억제하여 일어난다. 카페인은 adenosine과 유사한 구조를 가지고 있어 adenosine 수용체에 대하여 길항약물로서 작용한다. 카페인은 adenosine 1 수용체에도 결합하

는 것으로 알려져 있으나 최근 연구결과에서 수면 억제, 각성 등의 중추신경 흥분작용은 adenosine 2A 수용체에 대한 저해 작용에서 기인한 것임이 밝혀졌다(Fig. 1).

천연성분인 카페인 외에 약물 중에서는 모다피닐(Modafinil)이 각성을 위해 사용되고 있다. 모다피닐은 1970년대 후반 프랑스의 제약회사인 Lafon에서 처음 합성되어 수면발작(narcolepsy)에 대한 임상시험을 거쳐 1990년대부터 구미의 국가들에서 임상적으로 사용되고 있다. 모다피닐은 설치류를 대상으로 한 동물실험에서 농도 의존적으로 각성효과를 나타내었다(Fig. 2). 모다피닐은 중추신경에 대한 흥분작용을 가진 약물로 지금은 미국의 Cephalon에서 제조되며 FDA의 인정 하에 수면발작 등의 수면장애 치료에 사용되는 약물이다. 정확한 작용기전은 알려져 있지 않으나 뇌에서의 monoamine류(catecholamine, norepinephrine, dopamine 등)의 생성을 촉진하거나 histamine, norepinephrine,



**Fig. 1.** A proposed wake-regulatory role of the A<sub>2A</sub> R-expressing neurons in the shell of the NAC that accounts for the wake-promoting effect of caffeine. Endogenous somnogens, such as adenosine and prostaglandin D<sub>2</sub>(PGD<sub>2</sub>), promote sleep by activating sleep-promoting neurons of the VLPO, which, in a putative flip-flop arrangement, inhibit the arousal-promoting regions, including the LHA, TMN, and LC in the brainstem. Adenosine acting at A<sub>2A</sub> Rs on medium spiny neurons in the shell of the NAC is hypothesized to exert inhibitory effects on the arousal systems via indirect (GABAergic and glutamatergic) pathways. Caffeine blocks the A<sub>2A</sub> Rs in the NAC shell, thereby removing the restraint on the arousal systems to promote wakefulness. (Lazarus M *et al.*, *J Neurosci*, **31**(27), 10067–10075, 2011)

dopamine 등에 유사한 작용을 하는 것으로 알려져 있다. Dopamine 유사작용으로 인하여 부작용인 탐닉성을 유발할 가능성이 있어 사용에 주의를 기하여야 하는 약물이다. 또한 모다피닐은 ADHD (attention deficit hyperactivity disorder)에도 효과가 있는 것으로 알려져 있으나 부작용으로 인하여 청소년에 대한 사용은 금지 되었다. 따라서 미국과 유럽에서는 수면발작 이외의 질환에 대한 사용을 억제하고 있다. 그러나 수면장애 이외의 피로경감, 만성피로 등에 효과가 있다고 알려져 야간 교대근

무자, 군인 등을 중심으로 사용되며 프랑스, 영국 등 유럽권의 국가들에서 뿐만 아니라 우리나라에서도 학습보조 효과가 있는 것으로도 알려져 남용되고 있다. 이러한 부작용에도 불구하고 모다피닐의 각성효과와 피로 경감효과로 인하여 군사적 목적 또는 우주 항공분야에서의 이용이 늘어나고 있는 추세이며 프랑스, 영국의 특수부대, 인도와 미국 공군 등에서 구입 사용하고 있고, 600 mg 투여시 40시간 동안 집중력의 저하 없이 지속적인 임무수행이 가능한 것으로 알려져 있다.

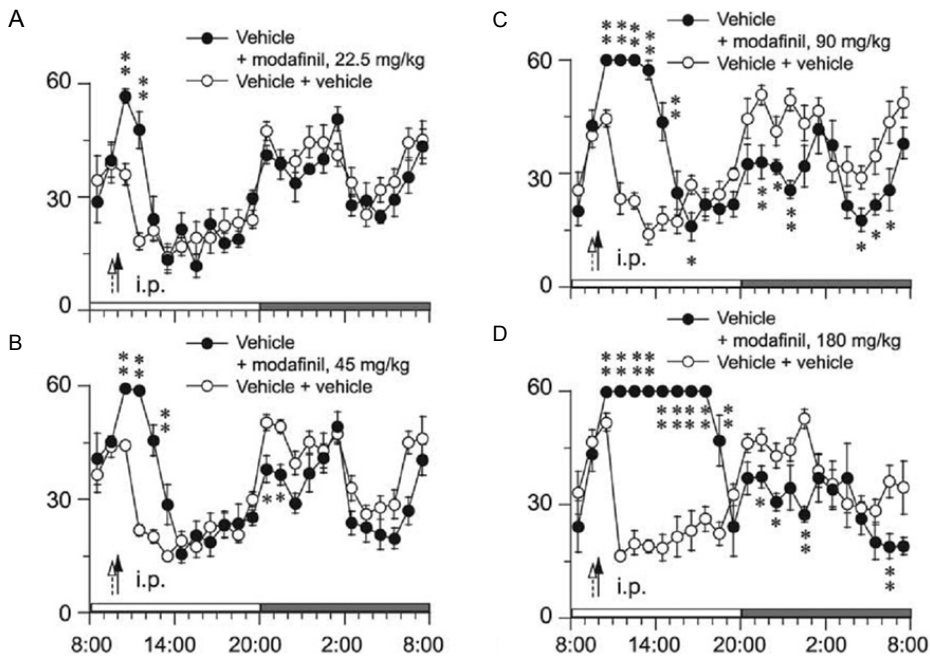


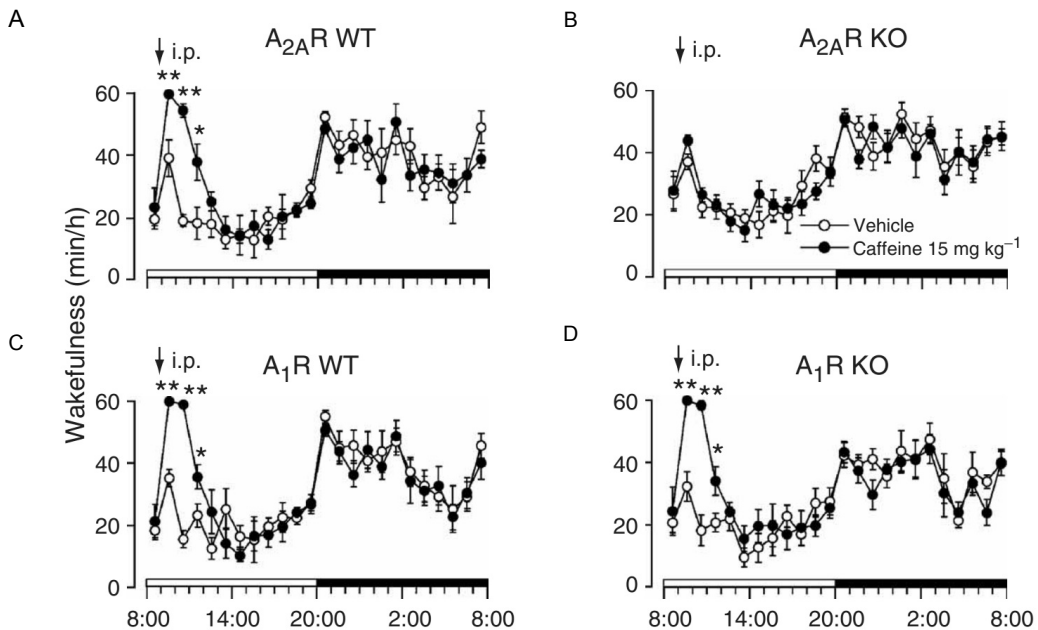
Fig. 2. Time course changes in wakefulness of WT mice after intraperitoneal administration of modafinil at four doses(A-D). Each circle represents the hourly mean amounts of wakefulness. Open and closed circles stand for the baseline- and experimental-day profiles, respectively. On the experimental day, modafinil was given at 10:00 A.M., as indicated by the closed arrow, and D1R or D2R antagonist was given at 9:30 A.M., as indicated by the open arrow. The vehicle was used for the baseline day. The horizontal open and filled bars on the x-axes indicate the 12 h light and dark periods, respectively. (Qu *et al.*, J Neurosci, 28(34), 8462-8469, 2008)

## 각성효능 평가 기술

커피의 각성효과는 오래전부터 임상적으로 증명되었으나 정확한 작용기작이 밝혀진 것은 그리 오래되지 못했다. 그리고 각성제인 모다피닐의 작용기작도 많은 연구가 요구되고 있는 실정이다. 하지만 최근의 연구 흐름과 각성효능 성분에 대한 필요성을 볼 때 향후 관련 연구가 더욱 활성화 될 것으로 전망된다.

이러한 각성효과를 탐색하고 개발하는데 있어서 가장 중요한 것이 동물실험에서의 입증이다. *In vitro* binding assay와 functional assay를 통해서 그 각성효과를 기대할 수 있는 경우에도 동물실험에서

효과가 없을 가능성 또한 많기 때문이다. 동물모델에서 각성효과의 평가기술 중 가장 유용한 기술은 뇌파(electroencephalogram, EEG) 및 근전도도(electromyogram, EMG) 분석을 통한 수면구조의 평가이다. EEG 및 EMG는 외과적 수술을 통해 동물의 뇌에 전기신호를 받아들일 수 있는 전극을 삽입하여 측정할 수 있다. 수술 후 회복 및 적응 기간을 거친 후 각성성분을 투여하여 뇌파를 측정하고 수면-각성 상태를 분석함으로써 각성효능의 평가가 가능하다. Fig. 3은 EEG 및 EMG 분석을 통해 카페인의 각성효과를 평가한 것이다. 사례를 살펴보면 카페인 투여 후 마우스의 시간대별 각성상태 변화를 나타낸 것이다. A<sub>2A</sub>R(Adenosine<sub>2A</sub> receptor)



**Fig. 3.** Time course of change in wakefulness after caffeine(15 mg/kg) treatment. (a) A<sub>2A</sub>R wild-type (WT) mice. (b) A<sub>2A</sub>R knockout(KO) mice. (c) A<sub>1</sub>R wild-type mice. (d) A<sub>1</sub>R knockout mice. Each circle represents the hourly mean  $\pm$  s.e.m.(n=5-7). The arrows indicate the injection time, 9 a.m. \*, P<0.05; \*\*, P<0.01; significantly different from the vehicle (paired t-test). (Huang *et al.*, *Nat Neurosci*, **8**(7), 858-859, 2005)

KO mice를 제외한 모든 그룹에서 카페인의 각성 효과가 나타나 카페인의 각성효과가 Adenosine<sub>2A</sub> receptor를 통해 나타남을 확인할 수 있다. 이처럼 동물의 뇌파분석을 통하여 각성 효능을 평가할 수 있으며 이미 각성 효능이 입증된 카페인이나 모다피닐 등을 긍정 대조군으로 사용하여 비교할 수 있다.

Caffeine 등의 수면억제, 각성작용을 가진 물질의 작용기전이 뇌의 복외측시삭전핵(VLPO) 신경세포의 활성을 억제하여 VLPO 신경세포로부터 각성 중추인 청색반점핵(LC), 용기유두핵(TMN), 상부등쪽솔기핵의 신경세포에 대한 억제성 신경전달 물질인 가바(GABA)의 방출을 억제하는 작용이 있다. 따라서 실험동물의 뇌절편을 이용하여 전기생리학적인 방법(patch-clamp method)으로 VLPO의 GABAergic 신경세포의 활성에 억제작용을 가진 천연물 또는 천연물의 분리된 성분이 미치는 작용을 측정하고 그 작용기전을 약리학적인 실험법으로 밝힐 수 있다(Fig. 4). 또한 이러한 약물들의 효과를 caffeine, amphetamine 등의 각성효과가 이미 알려져 있는 물질과 대조하여 실제 동물실험에서의

용량, 효과 등과 비교하여 효력을 검증 할 수 있다.

## 식품분야 활용방안

### 세계 음료 시장의 트렌드, 에너지 음료

식품산업에서 음료가 차지하는 비중은 실로 막대한데 커피와 콜라 두 단어만으로도 쉽게 산업적인 위상을 대변할 수 있다. 식품산업은 흔히 식음료산업(Food & Beverage)으로 표현되기도 한다. 최근 세계적으로 콜라와 같은 탄산음료 또는 과일음료와 같은 전통적인 음료제품들의 성장이 예전만 못한 실정이며 건강과 삶의 질을 위한 기능성음료가 크게 성장하고 있다. 특히 에너지 음료(energy drinks)의 세계적인 급성장은 괄목할 만하며 기능성음료 시장에서 가장 유망한 사업 분야 중의 하나이다. 세계 기능성음료(에너지 음료, 스포츠 음료, 건강 기능성음료) 시장 규모는 Fig. 5에 나타낸 바와 같이 2008년 기준 269억 달러(29조 9천억 원)에 달

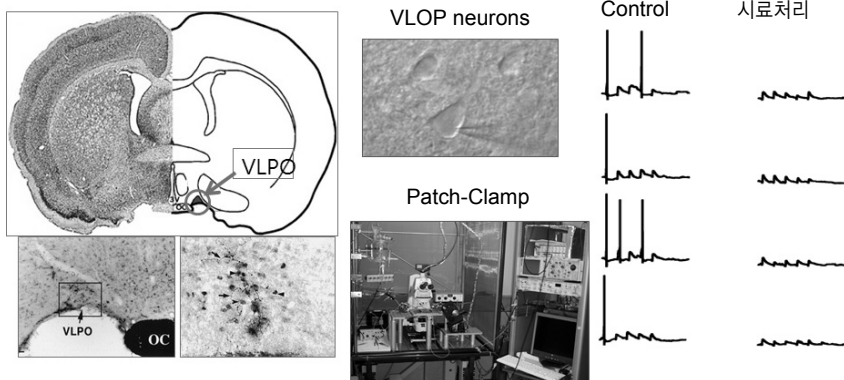


Fig. 4. Patch-clamp technique using VLPO(ventrolateral preoptic nucleus) in mice for evaluation of arousal effects.

하며 이 중 에너지 음료 시장 규모는 169.5억 달러(18조 8천3백억 원)로 62.9%의 비중을 차지하고 있다. 미국은 세계 에너지 음료 시장에서 가장 큰 비중을 차지하고 있는데 2004년에서 2009년까지 무려 240%의 성장률을 보였으며 2013년에는 197억 달러(21조 9천억 원)까지 크게 성장할 것으로 전망되고 있다.

왜 에너지 음료는 이렇게 세계적으로 인기를 끌고 큰 시장을 형성하고 있는 것일까? 스트레스와 바쁜 일상 속에서 사람들은 쉽게 졸음, 나른함 그리고 피곤함을 느끼게 된다. 야간 근무자와 운전자의 증가는 졸음을 피하고자 하는 사람들의 증가로 이어지고 있다. 물론 야근하는 직장인과 수험생들도 에너지 음료의 힘을 빌리고 있는 것이 사실이다. 식곤증, 운전 시 졸음 등 일상생활 중에 쉽게 의도하지 않는 졸음을 경험하게 되고 이를 참아야만 하는 경우가 많다. 하지만 이러한 졸음을 참기 위해 가장 쉽게 할 수 있는 것 중의 하나가 바로 커피를 마시는 일일 것이다. 커피의 카페인 성분은 중추신경계를 자극시키는 각성 성분으로 우리가 가장 많이 애용

하고 있는 졸음예방 물질인 셈이다. 이러한 카페인을 주성분으로 여기에 타우린, 허브 추출물, 비타민 등 다양한 생리활성 성분들을 첨가하여 각성과 피로회복 효과를 주는 것이 바로 에너지 음료이다.

에너지 음료 중에서 가장 세계적으로 널리 알려진 것은 레드불(Red Bull)이라는 오스트리아 Red Bull GmbH사의 제품이다. 레드불은 음료 부문에서 코카콜라와 펩시 다음으로 브랜드가치가 높으며 세계 에너지 음료 시장의 약 45%의 비중을 차지하는 독보적인 위치를 점유하고 있다. Red Bull GmbH사의 2010년 매출은 51.2억 달러 규모로 전년대비 15.6% 증가하였으며 에너지 음료 시장의 코카콜라로 불리고 있다. 지금은 세계 160개국에서 연간 30억 개의 캔이 소비되고 있다. Red Bull GmbH사는 젊은 연령에서의 인기를 중장년층으로 확산시키고 나아가 커피의 대체제로써의 입지를 확고히 하고자 하는 마케팅 전략을 적극적으로 추진하고 있다. 사실 펩시와 코카콜라에서도 에너지 음료의 급성장으로 인해 제품을 출시하였지만 레드불의 아성을 넘지 못하고 있다.

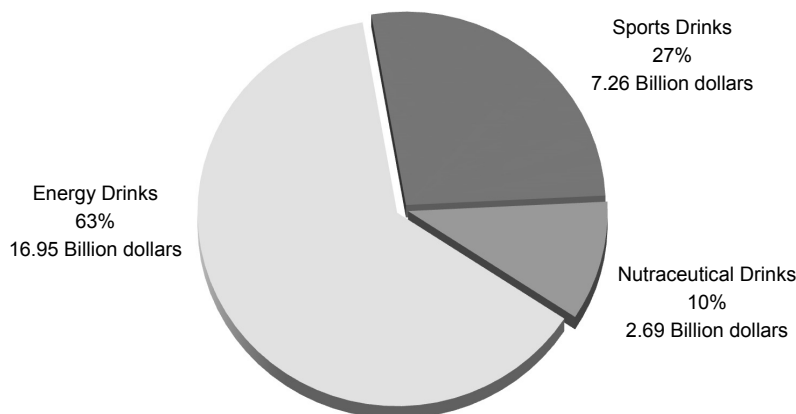


Fig. 5. The market share breakdown of the functional beverage category in the USA. (Datamonitor, 2008a)

사실 에너지 음료는 2000년대 들어 그 시장이 크게 성장하였지만 그 역사는 꽤 오래전으로 거슬러 올라간다. 1962년 일본의 Taisho Pharmaceuticals는 에너지 음료의 시초인 Lipovitan D를 출시하였으며 이는 우리나라에서 1963년 출시된 이후 자양강장음료의 대명사가 된 박카스(Bacchus)와 유사한 형태의 제품이다. 태국의 TC Pharmaceutical사는 우리나라의 박카스와 일본의 Lipovitan D의 성분들을 참고하여 Krating Daeng이라는 음료를 개발하였다. 현재의 Red Bull GmbH사의 창업주인 디트리히 마테쉬츠(Dietrich Mateschitz)가 1984년 태국 출장에서 마신 Krating Daeng의 효과에 놀라 이를 유럽인의 기호에 맞게 만든 것이 바로 Red Bull이다. 따라서 세계적인 에너지 음료인 Red Bull의 원조는 Lipovitan D와 박카스인 셈이다(Fig. 6).

국내 에너지 음료 시장은 아직 서구 선진국 수준에 미치지 못하고 있지만 최근 여러 제품들이 출시되면서 형성 또는 성장 단계에 이르렀다고 볼 수 있다. 국내 시장 규모는 약 300억 정도로 추정할 수 있는데 향후 5년 내에 1,000억 원 정도까지 성장할 수 있을 것으로 보인다. 사실 에너지 음료는 1990년

대 후반에 몇 제품이 출시되었지만 소비자인식 부족에 따른 판매 부진으로 시장에서 사라졌으나 최근 다시 출시되어 인기를 모으고 있다. 이러한 음료제품의 실패 - 재출시 - 성공의 흐름은 스포츠이온음료의 사례에서도 엿볼 수 있다. 국내 대기업 및 제약회사에서 최근 출시한 에너지 음료는 10여 개 정도에 이르고 있으며, 최근에는 그 동안 과도한 카페인 함량 때문에 수입이 금지되었던 세계적인 에너지 음료인 레드불이 카페인 함량을 식약청 기준으로 낮춰 출시되어 큰 인기를 모으고 있다. 하지만 국내의 에너지 음료는 대부분 수입제품이거나 외국계 기업의 제품들이다.

Nutritional neuroscience(영양신경과학) 분야는 해외에서 최근 활발하게 연구되고 있는 분야 중의 하나이다. 식품 및 식품성분의 비만, 당뇨 등 신체적 건강에 대한 기능성뿐만 아니라 정신건강 또는 뇌 건강에 대한 기능성이 주목을 받고 있는 것이다. 특히 기능성식품 분야에서 수면을 증진시키거나 반대로 수면을 억제하는 두 가지 제품이 모두 중요하게 인식되고 있다. 그동안 식품 및 식물에서 수면을 유도하는 성분들에 대한 연구는 매우 광범위



Fig. 6. Photographs of Lipovitan D, Bacchus, Krating Daeng, and Red Bull.



하게 진행되었으며 많은 제품들이 기능성식품으로 출시되고 있다. 하지만 각성효과를 가지는 기능성 식품은 커피, 과라나 등 카페인 함유된 제품들뿐이다. 각성효과를 가지는 기능성식품은 국내의 건강 기능식품법 측면에서는 건강기능식품이 될 수 없을 것으로 보인다. 졸음예방 효과를 통해 사람들이 얻을 수 있는 장점은 있지만 그것이 건강 유지 및 질병의 예방과는 조금 동떨어진 면이 있기 때문이다. 하지만 식품산업 측면에서 각성효과를 가지는 식품 및 식품성분의 개발은 필요성이 매우 크다고 볼 수 있다. 운전자, 야간 근로자, 작전 수행 군인, 수험생 등 다양한 계층에서 각성효과에 대한 요구가 높다. 이는 앞서 언급한 에너지 음료의 급성장을 통해 쉽게 알 수 있다.

## 기대효과

사실 졸음으로 인한 사고는 흔하게 접할 수 있는 졸음운전 사고 외에도 큰 문제를 야기하고 있으며 높은 사회적 비용을 초래한다. 세계적인 대형사고의 원인이 주간 졸음인 경우도 있는데 러시아 체르노빌 원전 폭발 사고, 미국 챌린저호 폭발, 유조선 엑손 발데즈호의 기름 유출 사고 등의 원인으로 졸음 때문인 것으로 밝혀졌다. 일본의 경우 고속열차 운전사의 졸음으로 대형 열차사고가 난 후 수면장애에 대한 지원법안을 의회에서 통과시키기도 했다. 일상적인 생활에서의 졸음예방을 위해 사람들은 카페인 함유된 커피와 에너지 음료를 섭취하는 경우가 많다. 이 외에도 특수한 상황에서는 약물이 이용되기도 한다. 이라크 전쟁 당시 미국 군인들은 작전 수행을 위해 모다피닐이라는 각성제를 섭취

하였으며 새로 개발된 미군의 전투식량 중에는 고농도의 카페인을 함유한 육제품도 있다. 최근 중국 군사과학의학원 60주년 성과전에서 ‘밤 독수리’라는 각성제가 공개되기도 했다. 이는 특수임무시작 기간 수면을 취할 수 없는 상황에서도 정상적인 판단과 인지능력을 유지해야 할 때가 많기 때문이라고 개발 경위를 밝혔다.

각성효과를 가지는 성분에 대한 요구에 비해 아직 연구 개발된 제품의 사례는 많지 않은 실정이다. 이는 향후 연구 필요성이 크고 개발 여지가 있다는 것을 의미한다. 식품 및 천연물 중에서는 카페인이 독보적이며 다른 성분의 개발은 매우 드문 실정이다. 카페인보다 효과가 뛰어나거나 카페인의 각성효과를 증가시킬 수 있는 제2의 카페인에 대한 연구는 성공시의 산업적 파급효과를 고려할 때 필요성이 매우 클 것이다. 이는 식품과학 및 기능성식품 분야에 있어서 창의적이고 도전적인 연구 분야이며 성공적인 개발을 위해서는 식품과학, 영양신경학, 의학 등의 융합연구가 필수적이다.

## ● 참고문헌 ●

1. Basheer R, Strecker RE, Thakkar MM, McCarley RW, Adenosine and sleep-wake regulation, *Prog Neurobiol*, **73**(6), 379-396, 2004
2. Biederman J, Pliszka SR, Modafinil improves symptoms of attention-deficit/hyperactivity disorder across subtypes in children and adolescents, *J Pediatr*, **152**(3), 394-399, 2008
3. Czeisler CA, Walsh JK, Roth T, Hughes RJ, Wright KP, Kingsbury L, Arora S, Schwartz JRL,

- Niebler GE, Dinges DF, Modafinil for excessive sleepiness associated with shift-work sleep disorder, *N Engl J Med*, **353**(5), 476-486, 2005
4. Datamonitor, Functional drinks in the United States, <http://www.datamonitor.com>, 2011.11.07a
  5. Datamonitor, Global functional drinks, <http://www.datamonitor.com>, 2011.11.07b
  6. DeBattista C, Lembke A, Solvason HB, Ghebremichael R, Poirier J, A prospective trial of modafinil as an adjunctive treatment of major depression, *J Clin Psychopharmacol*, **24**(1), 87-90, 2004
  7. Erman MK, Rosenberg R, Modafinil Shift Work Sleep Disorder Study Group, Modafinil for excessive sleepiness associated with chronic shift work sleep disorder: effects on patient functioning and health-related quality of life, *Prim Care Companion J Clin Psychiatry*, **9**(3), 188-194, 2007
  8. Frischknecht PM, Ulmer-Dufek J, Baumann TW, Purine alkaloid formation in buds and developing leaflets of *Coffea arabica*: Expression of an optimal defence strategy?, *Phytochemistry*, **25**(3), 613-616, 1986
  9. Heckman MA, Sherry K, Gonzalez de Mejia E, Energy drinks: An assessment of their market size, consumer demographics, ingredient profile, functionality, and regulations in the United States, *Compr Rev Food Sci Food Saf*, **9**(3), 303-317, 2010
  10. Huang ZL, Qu WM, Eguchi N, Chen JF, Schwarzschild MA, Fredholm BB, Urade Y, Hayaishi O, Adenosine A2A, but not A1, receptors mediate the arousal effect of caffeine, *Nat Neurosci*, **8**(7), 858-859, 2005
  11. Ishizuka T, Murakami M, Yamatodani A, Involvement of central histaminergic systems in modafinil-induced but not methylphenidate-induced increases in locomotor activity in rats, *Eur J Pharmacol*, **578**(2-3), 209-215, 2008
  12. Kopp C, Petit JM, Magistretti P, Borbély AA, Tobler I, Comparison of the effects of modafinil and sleep deprivation on sleep and cortical EEG spectra in mice, *Neuropharmacology*, **43**(1), 110-118, 2002
  13. Lazarus M, Shen HY, Cherasse Y, Qu WM, Huang ZL, Bass CE, Winsky-Sommerer R, Semba K, Fredholm BB, Boison D, Hayaishi O, Urade Y, Chen JF, Arousal effect of caffeine depends on adenosine A2A receptors in the shell of the nucleus accumbens, *J Neurosci*, **31**(27), 10067-10075, 2011
  14. MacDonald JR, Hill JD, Tamopolsky MA, Modafinil reduces excessive somnolence and enhances mood in patients with myotonic dystrophy, *Neurology*, **59**(12), 1876-1880, 2002
  15. Menza MA, Kaufman KR, Castellanos A, Modafinil augmentation of antidepressant treatment in depression, *J Clin Psychiatry*, **61**(5), 378-381, 2000
  16. Mintel Global New Products Database, Energy drinks, Mintel Intl. Group Ltd, 2007
  17. Nehlig A, Daval JL, Debry G, Caffeine and the central nervous system: mechanisms of action,

- biochemical, metabolic and psychostimulant effects, *Brain Res Brain Res Rev*, **17**(2), 139-170, 1992
18. Qu WM, Huang ZL, Xu XH, Matsumoto N, Urade Y, Dopaminergic D1 and D2 receptors are essential for the arousal effect of modafinil, *J Neurosci*, **28**(34), 8462-8469, 2008
19. Roaring Haus Studio, Red Bull Marketing Plan 2011-2012, 2011
20. Taisho Pharmaceutical Co. Ltd, <http://www.taisho.co.jp/en/company/profile/history/index.htm>, 2011.11.07

**조 승 목** 공학석사

소 속 : 한국식품연구원 기능소재연구단  
전문분야 : 식품성분의 수면-각성 조절에 대한  
영향 연구, 수산식품의 기능소재 연구  
E-mail : smcho@kfri.re.kr  
T E L : 031-780-9314