

CONCLUSIONS

1. La proteïna quinasa CK2 de blat de moro està formada per dos tipus de subunitats: les catalítiques (CK2 α) i les reguladores (CK2 β). Les subunitats CK2 provenen de famílies multigèniques formades com a mínim per tres gens: CK2 α -1, CK2 α -2 i CK2 α -3 per les subunitats catalítiques i CK2 β -1, CK2 β -2 i CK2 β -3 en el cas de les subunitats reguladores.
2. Les subunitats reguladores CK2 β de blat de moro presenten tots els dominis descrits en altres espècies. A més, presenten un domini amino-terminal d'uns 90 aminoàcids que únicament s'ha descrit en CK2 de plantes. Es conclou que aquest domini no és necessari per l'interacció amb les altres subunitats ni amb determinades proteïnes com Rab17.
3. L'holoenzim CK2 de blat de moro presenta una estructura de tipus heterotetramèrica de pes molecular semblant al de l'holoenzim humà. L'autofosforilació de les subunitats CK2 β i l'estimulació de l'activitat catalítica de CK2 α sobre els substrats Rab17 i β -caseïna van confirmar la funcionalitat de l'heterotetràmer. L'holoenzim de blat de moro presenta una afinitat molt similar tant per ATP com per GTP i és més inestable que l'humà, ja que és més sensible a heparina, més insensible a l'estimulació per polilisina i més sensible a agents desnaturalitzants com la urea.
4. Es detecta expressió dels gens CK2 α/β durant el desenvolupament embrionari i en fulles i arrels de blat de moro. Existeixen diferències a nivell d'expressió dels gens CK2 β al llarg del desenvolupament de l'embrió, així CK2 β -1 s'expressa preferentment a estadis finals de desenvolupament, mentre que CK2 β -2 i CK2 β -3 ho fan a estadis mitjans i primerencs respectivament. En canvi, les subunitats catalítiques, totes les isoformes CK2 α s'expressen de manera semblant, preferentment a estadis primerencs i mitjans del desenvolupament.
5. Existeixen interaccions preferencials entre les subunitats CK2 α /CK2 β , CK2 β /CK2 β mentre que no es detecten interaccions entre subunitats CK2 α .
6. Les subunitats reguladores de blat de moro són funcionals ja que poden complementar les subunitats CK2 β de llevat i la seva sobreexpressió augmenta la tolerància del llevat a sal.

Conclusions

7. Pel sistema del doble híbrid es detecta interacció entre dues de les subunitats reguladores, CK2 β -1 i CK2 β -3 i la proteïna Rab17. Aquesta interacció és independent de l'estat de fosforilació de Rab17.

8. La proteïna Rab17 es fosforila tant per la subunitat CK2 α com per l'holoenzim CK2. Quan l'holoenzim CK2 es reconstitueix amb les subunitats reguladores CK2 β -1 i CK2 β -3 la fosforilació de Rab17 augmenta respecte a quan la fosforilació es realitza amb la subunitat CK2 α sola. En extractes de blat de moro, Rab17 es fosforila per una proteïna quinasa present tant en extractes joves com en madurs, capaç d'utilitzar ATP i GTP com a donadors de fosfat, totes les dades indiquen que es tracta de la proteïna quinasa CK2.

9. En cèl.lules vegetals, la proteïna Rab17 fosforilada es localitza a citoplasma i a nucli, però queda exclosa del nucleol mentre que les formes no fosforilades de Rab17 es troben a nucli i s'observa una acumulació a nucleol, indicant que la regulació de la localització subcel.lular de Rab17 pot estar regulada per fosforilació per CK2. La seqüència RRKK pot estar implicada en l'entrada a nucleol de les formes no fosforilades de Rab17.

10. La localització subcel.lular de les diferents subunitats CK2 presenta marcades diferències. Les subunitats catalítiques CK2 α mostren una clara localització nucleolar amb una patró puntejat fluorescent. En canvi, les subunitats reguladores, mostren una distribució molt més general, presents en citoplasma i nucli però no acumulades al nucleol.

11. S'ha descrit la interacció entre la subunitat reguladora CK2 β de la CK2 i diverses proteïnes. Es tracta de proteïnes de localització nuclear implicades en diferents processos de regulació gènica. Entre elles es troben tres factors de transcripció (de tipus TCP, homeodomain i GATA/dit de zinc), una proteïna d'unió a RNA, la proteïna RecA de reparació del DNA i una proteïna amb un domini J d'unió a DNA.

12. La proteïna 912h és un factor de transcripció del tipus GATA/dit de zinc que interacciona amb les tres subunitats CK2 β i amb les subunitats catalítiques CK2 α . La seva expressió no s'altera en resposta a cap tipus d'estrés però sí que sembla superior en condicions de llum que en foscor. Aquesta proteïna es fosforila tant per la subunitat CK2 α com per l'holoenzim CK2. La seva localització cel.lular és majoritàriament nuclear.

MATERIALS I MÈTODES ADDICIONALS

En aquest apartat s'inclou únicament la metodologia que no queda detallada als treballs publicats i presentats al capítol I d'aquesta tesi.

1. Sobreexpressió, purificació i caracterització bioquímica de l'holoenzim de blat de moro (rmCK2)

La purificació de rmCK2 es va dur a terme essencialment segons el protocol descrit per la purificació de l'holoenzim humà (Grankoski et al., 1991). Per obtenir l'holoenzim recombinant CK2 de blat de moro (rmCK2) es van sobreexpressar en bactèria les dues subunitats CK2 α/β per separat. Els cultius bacterians que contenien la subunitat CK2 α -1 (clonada en el vector pT7-7) sobreexpressada ens va ser cedits pel Prof. Olaf Issinger. La sobreexpressió de CK2 α -1 s'havia dut a terme segons Guerra et al., (1998). El cDNA de CK2 β -1 es va clonar en pauta en el vector d'expressió pQE31 (Qiagen). Per expressió de la subunitat CK2 β es van utilitzar cèl·lules competents M15[pREP14]. Quan els cultius van arribar a una densitat òptica de 0.5 es va afegir IPTG a una concentració final de 0.5 mM i es van créixer durant 4h a 37°C. Després de centrifugar, els pellets bacterians que contenien les dues subunitats es van barrejar en una proporció de pes 1CK2 α :3CK2 β i es van resuspendre overnight en tampó A (25mM Tris-HCl pH 8.5, 1mM DTT) més 1M NaCl i inhibidors de proteases. Després de sonicar (6x30s) i centrifugar (10000g x 30min), es va recuperar el sobrenadant.

Com a primer pas de purificació, es va utilitzar una columna d'afinitat fosfocel·lulosa P11 acoblada a un sistema FPLC (Pharmacia). La conductivitat de la mostra es va ajustar a 300 mM NaCl i es va aplicar a la columna equilibrada amb tampó A més 300mM NaCl. L'elució es va fer utilitzant un gradient de sal de 300mM a 1M NaCl i es van recollir fraccions de 20 ml. Les fraccions eluides entre 400 i 450 mM NaCl (corresponents a les que contenien l'holoenzim CK2) es van reunir i es van concentrar utilitzant una columna de Ni-Agarose (Quiagen), segons el protocol descrit a Quiagen. Es van eluir fraccions de 500 μ l amb tampó A més 250mM Imidazol. En un últim pas de purificació, es va utilitzar una columna de gel filtració Superose 6 (Pharmacia) acoblada a un sistema d'HPLC. Les fraccions es van eluir en tampó A més 1M NaCl, es van reunir i concentrar utilitzant de nou una columna de Ni-Agarose (Quiagen).

Per determinar l'estat d'agregació de l'holoenzim, es van aplicar 500 μ g de la mostra purificada a un sistema de cromatografia analítica de gel filtració, una columna Superose 6 acoplada al sistema cromatogràfic SMART (Pharmacia) equilibrada en tampó 25mM Tris-HCl pH 8.5, 500 mM NaCl.

Materials i mètodes addicionals.

Per la caracterització bioquímica de l'holoenzim, els assaigs d'activitat CK2 sobre pèptid es van realitzar segons Guerra et al., (1997). Els paràmetres cinètics es van calcular a partir de 10 experiments independents segons càlculs de Lineweaver-Burke.

2. Sistema del doble híbrid

Per detectar interacció entre dues proteïnes segons el sistema de doble híbrid es va utilitzar la soca de *S.cerevisiae* AH109 inclosa dins del sistema MATCHMAKER Two-hybrid 3 (Clontech). Aquesta soca conté tres gens "reporter": His3, Ade1 i X-Gal. El fet de presentar un tercer marcador redueix la possibilitat de falsos positius respecte al sistema original, que només presenta com a marcadors His3 i X-Gal. Els experiments de transformació, selecció i assaig β -galactosidasa en filtre es van realitzar segons els protocols estàndards del sistema MATCHMAKER (MATCHMAKER Clontech user protocols).

Per estudiar l'interacció entre els diferents dominis de les subunitats CK2 β i les subunitats CK2 α/β es van utilitzar les construccions pGBT9-CK2 β 1 i pGAD424-CK2 α 2 descrites al treball 1 i a més, es van generar per PCR dues versions truncades de CK2 β -1: CK2 β 1-del1, a la que li manca l'extrem N-terminal i CK2 β 2-del2 a la que li manca l'extrem N-terminal i el domini àcidic. Per obtenir del1 es van utilitzar els següents primers: 5' **GGAATTCTCTGATGGGGAAGATAC** 3' i 5' **TGTCGACTCATGGCTTACGGATTTTC** 3'. El cDNA obtingut (aminoàcids 80-276) es va clonar al vector pGBT9 a les dianes EcoRI/ Sall. Per obtenir del2 es van utilitzar els següents primers: 5' **GGAATTCTACAGGAACGTTGAGTT** 3' i 5' **TGTCGACTCATGGCTTACGGATTTTC** 3'. El cDNA obtingut (aminoàcids 180-276) es va clonar al vector pGBT9 a les dianes EcoRI/Sall.

Per estudiar l'interacció entre Rab17 les diferents subunitats CK2 β es van utilitzar les construccions descrites al treball 1 i els cDNA de Rab17 i mRab17 es van clonar a pGAD424 utilitzant les dianes EcoRI/XhoI.

3. Assaig de fosforilació CK2.

Pels assaigs de fosforilació CK2 *in vitro*, 0,4 μ g de proteïna purificada (912h o Rab17) es van a addicionar 2 pmol de subunitat CK2 α sola o bé amb 2 pmol de subunitat CK2 β en un volum total de 30 μ l de tampó CK2 (8.9 mM MgCl₂, 0.5 mM EGTA, 27 mM β -glicerolphosphate, 0.5 mM EDTA, 1 mM DTT, 0.08 mM ATP and 3 μ Ci [γ -³²P]ATP). Les mostres es van incubar 20 min a 30°C. La reacció de fosforilació es va parar afegint tampó d'electroforesis a les mostres i les proteïnes fosforilades es van separar en un gel 12% SDS-PAGE i es van visualitzar per autoradiografia.

La proteïnes Rab17 i mRab17 es van sobreexpressar com proteïnes de fusió a cua d'histidines segons els protocol descrits per Mercé Figueras (Tesi doctoral). La proteïna purificada 912h es va obtenir a partir del clonatge de 912h es va clonar en pauta en el vector d'expressió pET28 situada a l'extrem N-terminal de la proteïna. Aquesta cua permet la purificació de les proteïnes recombinants mitjançant una columna d'afinitat de níquel. La purificació es va dur a terme segons el pET system manual de Novagen.

4. Extracció de proteïnes, western i immunoprecipitació d'extractes d'embrió de blat de moro

Els extractes proteics es van preparar a partir d'embrions de blat moro frescs homogenitzats amb morter i nitrogen líquid i resuspesos en tampó d'extracció CK2: Tris 50mM pH 7.5, NaCl 50mM, DTT 1mM, Sacarosa 0.25M, Glicerol 10%, MgCl 10mM, PMSF 1mM, Leupeptine 10 μ M, Pepstatine 1 μ g/ml.

La fosforilació dels extractes de blat de moro es va realitzar en un volum final de 30 μ l barrejant 200 μ g d'extractes proteics (60 i 15 DAP) amb tampó de fosforilació CK2 (8.9 mM MgCl₂, 0.5 mM EGTA, 27 mM β -glicerolphosphate, 0.5 mM EDTA, 1 mM DTT, 0.08 mM ATP and 3 μ Ci [γ -³²P]ATP). Les mostres es van incubar 20 min a 30°C. La reacció de fosforilació es va parar afegint tampó d'electroforesis a les mostres i les proteïnes fosforilades es van separar en un gel 12% SDS-PAGE i es van visualitzar per autoradiografia.

Per la immunoprecipitació de la proteïna Rab17 es va fusionar anticòs anti-rab17 a les boles magnètiques (Dynabeads) overnight a 4°C. La immunoprecipitació es va fer incubant les mostres amb les boles més anticòs durant 2 hores a T^a ambient. Després de 4 rentats amb PBS 0.1%BSA es va resuspendre en tampó de mostres i les proteïnes fosforilades es van separar per SDS-PAGE i visualitzar per autoradiografia.

L'electroforesis en gel desnaturalitzant de SDS/poliacrilamida (SDS-PAGE) i la electrotransferència de filtres de nitrocel.lulosa (Western-blot) es van realitzar tal com es descriu en Goday et al., (1994). Es van carregar aproximadament 10 μ g de proteïnes en gels SDS-PAGE del 12.5% i 15%. La immunodetecció es va realitzar amb quimioluminiscència amb peroxidasa.

5. Transformació transient en cèl·lules de ceba

Per realitzar aquests estudis de localització subcel·lular en primer lloc els cDNAs Rab17, m2Rab17, m3Rab17, CK2 α -2 i CK2 β -3 es van amplificar per PCR utilitzant els següents primers: per Rab17 i les seves versions mutades: 5' GCA GGA GCC ATG GAG TAC GGT CAG GGG G3' i 5'AGG CTG CGC CAT GGG CTG TCC GGG CAG CTT3', per CK2 α -2: 5' GCC ATG GCG AAG GCG AAG GTC TAC ACC G 3' i 5' GCC ATG GGT GGT CTC GTT CTA CTG TTC TC3' i per CK2 β -3 :5'GCC ATG GAT AAA CAG GGG GGA GC3' i 5'GCC ATG GGC TTG TGG AGC TTG AAG3'. Els productes de PCR es van clonar utilitzant la diana Nco I del vector ppk100 sota el control del promotor doble 35S i fusionades a la regió 3' de la proteïna GFP. Per la construcció 921h-GFP es van amplificar el cDNA de 912h amb els següents primers: 5' AGA TCT GAT GGA CGC GGA TGC TGC AGC 3' i 5' ACT AGT AAC ACC ACT ACT CGA TGA CTC G 3' i es va clonar el producte de PCR al vector pCAMBIA 1302 sota el control del promotor 35S i fusionat a la regió 3' de la proteïna GFP

Les cèl·lules monocapa d'epidermis de ceba es van col·locar en plaques amb medi MS (Musashige and Skoog, 1962). El DNA plasmídic es va precipitar amb partícules d'or (1.6 micres) utilitzant CaCl₂ i espermidina. La transformació es va dur a terme per bombardeig de les partícules utilitzant el sistema Biolistic PDS-1000/He Particle Delivery System (BioRad, USA) segons Varagona et al. (1992). Després de 24h en fosc, les mostres es van visualitzar per microscopia confocal (Leica TCS SP, Heidelberg, Germany)

BIBLIOGRAFIA

- Allende JE. and Allende CC. (1995) Protein kinase CK2: an enzyme with multiple substrates and a puzzling regulation. *FASEB J* **9**: 313-323
- Bailey-Serres J., Vangala S., Szick K. and Lee CH. (1997) Acidic phosphoprotein complex of the 60S ribosomal subunit of maize seedling roots. Components and changes in response to flooding. *Plant Physiol* **114**: 1293-305
- Baldan B., Navazio L., Friso A., Mariani P. and Meggio F. (1996) Plant calreticulin is specifically and efficiently phosphorylated by protein kinase CK2. *Biochem Biophys Res Commun* **221**: 498-502
- Battistutta R., Sarno S., De Moliner E., Marin O., Issinger O.G., Zanotti G., Pinna L.A. (2000) The crystal structure of the complex of *Zea mays* alpha subunit with a fragment of human beta subunit provides the clue to the architecture of protein kinase CK2 holoenzyme. *Eur J Biochem.* **267**: 5184-5190
- Bidwai AP., Reed JC. and Glover CVC. (1993) Phosphorylation of calmodulin by the catalytic subunit of casein kinase II is inhibited by the regulatory subunit. *Arch Biochem Biophys* **300**: 265-270
- Bidwai AP., Reed JC. and Glover CVC. (1994) Casein kinase II of *Saccharomyces cerevisiae* contains two distinct regulatory subunits, b and b'. *Arch Biochem Biophys* **309**: 348-355
- Bidwai AP., Reed JC. and Glover CVC. (1995) Cloning and disruption of CKB1, the gene encoding the 38-kDa beta subunit of *Saccharomyces cerevisiae* casein kinase II (CKII). Deletion of CKII regulatory subunits elicits a salt-sensitive phenotype. *J Biol Chem* **270**: 10395-10404
- Bidwai AP., Zhao W. and Glover CVC. (1999) A gene located at 56F1-2 in *Drosophila melanogaster* encodes a novel metazoan beta-like subunit of casein kinase II *Mol Cell Biol Res Commun* **1**: 21-28.
- Bojanowski K, Filhol O, Cochet C, Chambaz EM and Larsen AK (1993) DNA topoisomerase II and casein kinase II associate in a molecular complex that is catalytically active. *J Biol Chem.*; **268**:22920-22926.
- Bohnert HJ, Nelson DE and Jensen RG (1995) Adaptation to environmental stresses *Plant Cell* **7**:1099-1111
- Boldyreff B., Meggio F., Pinna LA., Issinger OG. (1993a) Reconstitution of normal and hyperactivated forms of casein kinase-2 by variably mutated beta-subunits. *Biochemistry* **32**:12672-12677
- Boldyreff B., Meggio F., Dobrowolska G., Pinna L.A. and Issinger OG. (1993b) Expression and characterization of a recombinant maize CK-2 α subunit. *Biochim.Biophys.Acta* **1173**:32-38
- Boldyreff B., Meggio F., Pinna LA. and Issinger OG. (1994) Efficient autophosphorylation and phosphorylation of the beta-subunit by casein kinase-2 require the integrity of an acidic cluster 50 residues downstream from the phosphoacceptor site. *J Biol Chem.* **269**: 4827-4831.
- Boldyreff B. and Issinger OG. (1997) A-Raf kinase is a new interacting partner of protein kinase CK2 beta subunit. *FEBS Lett* **403**:197-199
- Bosc DG., Slominski E., Sichler C. and Litchfield DW. (1995) Phosphorylation of casein kinase II by p34cdc2. Identification of phosphorylation sites using phosphorylation site mutants in vitro. *J Biol Chem* **270**:25872-25878
- Brown JW. and Shaw PJ. (1998) Small nucleolar RNAs and pre-rRNA processing in plants. *Plant Cell.* **10**: 649-657.

Bibliografia

- Burnett G. and Kennedy EP. (1954)** The enzymatic phosphorylation of proteins J Biol Chem **211**: 969-980
- Busk PK, Jensen AB and Pages M. (1997)** Regulatory elements in vivo in the promoter of the abscisic acid responsive gene rab17 from maize. Plant J **11**:1285-295
- Canton DA., Zhang C. and Litchfield DW. (2001)** Assembly of protein kinase CK2: investigation of complex formation between catalytic and regulatory subunits using a zinc-finger-deficient mutant of CK2beta. Biochem J **358**: 87-94.
- Campanals A, Messeguer R, Goday A and Pagès M (1999)** Plant responses to drought, from ABA signal transduction events to the action of the induced proteins. Plant Physiol. Biochem. **37**:327-340.
- Cerutti H, Osman M, Grandoni P, Jagendorf AT. (1992)** A homolog of Escherichia coli RecA protein in plastids of higher plants Proc Natl Acad Sci U S A.;**89**:8068-8072.
- Collinge MA., and Walker JC. (1994)** Isolation of an *Arabidopsis thaliana* casein kinase II β subunit by complementation in *Saccharomyces cerevisiae*. Plant Mol Biol **25**:649-658
- Chang C., Kwok SF., Bleecker AB. and Meyerowitz EM. (1993)** Arabidopsis ethylene-response gene ETR1: similarity of product to two-component regulators. Science **262**:539-544
- Chantalat L., Leroy D., Filhol O., Nueda A., Benitez MJ., Chambaz EM., Cochet C. and Dideberg O. (1999)** Crystal structure of the human protein kinase CK2 regulatory subunit reveals its zinc finger-mediated dimerization. EMBO J **18**: 2930-2940
- Chen M., Li D., Krebs EG. and Cooper JA. (1997)** The casein kinase II beta subunit binds to Mos and inhibits Mos activity. Mol Cell Biol **17**:1904-1912
- Ciceri P., Gianazza E., Lazzari B., Lippoli G., Genga A., Hoschek G., Schmidt RJ. and Viotti A. (1997)** Phosphorylation of Opaque 2 changes diurnally and impacts its DNA binding activity. Plant Cell **9**: 97-108
- Close TJ (1996)** Dehydrins: emergence of a biochemical role of a family of plant dehydration proteins. Physiologia plantarum **97**: 783-795.
- Cubas P., Lauter N., Doebley J. and Coen E. (1999)** The TCP domain: a motif found in proteins regulating plant growth and development. Plant J. **18**:215-222.
- Datta N. and Cashmore AR. (1989)** Binding of a pea nuclear protein to promoters of certain photoregulated genes is modulated by phosphorylation. Plant Cell **1**: 1069-1077
- de Nadal E., Calero F., Ramos J. and Ariño J. (1999)** Biochemical and genetic analyses of the role of yeast casein kinase 2 in salt tolerance J. Bacteriol. **181**, 6456-6462.
- Dobrowolska G., Meggio F., Marchiori F. and Pinna LA. (1989)** Specificity determinants of maize casein kinase-II β are related to but distinct from those of rat liver casein kinase-2. Biochim Biophys Acta. **1010**: 274-277
- Dobrowolska G., Boldyreff B., Issinger O.G. (1991)** Cloning and sequencing of the casein kinase 2 α subunit from *Zea mays*. Biochem. Biophys. Acta **1129**, 139-140
- Dobrowolska G., Meggio F., Szczegieliński J., Muszynska G., Pinna LA. (1992)** Purification and characterization of maize seedling casein kinase IIB, a monomeric enzyme immunologically related to the α subunit of animal casein kinase-2. Eur. J. Biochem. **204**: 299-303
- Dure L III, Crouch M, Harada J, Ho, T-HD, Mundy J, Quatrano RS, Thomas T, Sung ZR (1989)** Common amino acid sequence domains among the LEA proteins of higher plants. Plant Mol Biol. **12**: 475-486

- Durner J. and Klessig DF. (1996)** Salicylic acid is a modulator of tobacco and mammalian catalases. *J Biol Chem.* **271**: 28492-28501.
- Espunya MC., Combettes B., Dot J., Chaubet-Gigot N., Martinez MC. (1999)** Cell-cycle modulation of CK2 activity in tobacco BY-2 cells. *Plant J* **19**:655-66
- Faust M. and Montenarh M. (2000)** Subcellular localization of protein kinase CK2. *Cell Tissue Res* **301**: 329-340
- Fields S. and Song O. (1989)** A novel genetic system to detect protein-protein interactions. *Nature*, **340**, 245-246
- Filhol O, Baudier J, Delphin C, Loue-Mackenbach P, Chambaz EM, Cochet C.(1992)** Casein kinase II and the tumor suppressor protein P53 associate in a molecular complex that is negatively regulated upon P53 phosphorylation. *J Biol Chem.* **267**:20577-20583.
- Figueras M**, Tesi doctoral. Estudis moleculars relacionats amb la funció de la proteïna Rab17 de blat de moro.
- Galau A, Bijaisorodat N and Hugues DW (1987)** Accumulation kinetics of cotton late embryogenesis-abundant mRNAs and storage protein mRNAs: coordinate regulation during embryogenesis and the role of abscisic acid. *Dev Biol.* ;**123**:198-212.
- Gatica M, Jacob G, Allende CC, Allende JE. (1995)** DNA inhibits the catalytic activity of the alpha subunit of protein kinase CK2. *Biochemistry.* **34**:122-127.
- Gendra E** Tesi doctoral: Estudi i caracterització de la proteïna d'unió a RNA MA16 de blat de moro
- Gerber DA., Souquere-Besse S., Puvion F., Dubois MF., Bensaude O. and Cochet C. (2000)** Heat-induced relocalization of protein kinase CK2. Implication of CK2 in the context of cellular stress. *J Biol Chem.* **275**:23919-2391262
- Ghavidel A. and Schultz MC. (2001)** TATA binding protein-associated CK2 transduces DNA damage signals to the RNA polymerase III transcriptional machinery. *Cell* **106**:575-584
- Gietz RD., Graham KC. and Litchfield DW. (1995)** Interactions between the subunits of casein kinase II. *J Biol Chem* **270**:13017-130213
- Godoy A, Sánchez-Martínez D, Gómez J, Puigdomenech P and Pagès M (1988)** Gene expression in developing *Zea mays* embryos. Regulation by abscisic acid of a highly phosphorylated 23 to 25 kD group of proteins *Plant Physiol* **88**, 564-569
- Godoy A., Jensen AB. Culiñez-Macià FB., Albà MM., Figueras M., Serratosa J., Torrent M. and Pagès, M. (1994).**The maize abscisic acid-responsive protein rab17 is located in the nucleus and interacts with nuclear localization signals. *Plant Cell* **6**: 351-360
- Godoy JA, Lunar R, Torres-Schumann S, Moreno J, Rodrigo RM, Pintor-Toro JA (1994)** Expression, tissue distribution and subcellular localization of dehydrin TAS14 in salt-stressed tomato plants. *Plant Mol Biol* **26**: 1921-1934
- Gomez J., Sanchez-Martinez D., Steifel V., Rigau J., Puigdomenech P and Pagès M. (1988)** A gene induced by the plant hormone abscisic acid in response to water stress encodes a glycine-rich protein. *Nature* **334**, 262-264
- Graham KC. and Litchfield DW. (2000)** The regulatory β subunit of protein kinase CK2 mediates formation of tetrameric CK2 complexes *J Biol Chem* **275**: 5003-5010

- Grankowski N., Boldyreff B. and Issinger O.G. (1991)** Isolation and characterization of recombinant human casein kinase II subunits α and β from bacteria. *Eur J Biochem* **198**: 25-30
- Greer SF, Wang Y, Raman C and Justement LB. (2001)** CD45 function is regulated by an acidic 19-amino acid insert in domain II that serves as a binding and phosphoacceptor site for casein kinase 2. *J Immunol* 166:7208-7218.
- Guerra B, Niefind K, Pinna LA, Schomburg D and Issinger OG. (1998)** Expression, purification and crystallization of the catalytic subunit of protein kinase CK2 from *Zea mays*. *Acta Crystallogr D Biol Crystallogr* ;54 :143-145.
- Guerra B. and Issinger OG. (1999a)** Protein kinase CK2 and its role in cellular proliferation, development and pathology. *Electrophoresis* **20**: 391-406
- Guerra B., Boldyreff B., Sarno S., Cesaro L., Issinger OG. and Pinna LA. (1999b)** CK2: a protein kinase in need of control. *Pharmacol Ther* **82**:303-313
- Guerra B, Boldyreff B, Issinger OG. (2001)** FAS-associated factor 1 interacts with protein kinase CK2 in vivo upon apoptosis induction. *Int J Oncol*;19:1117-11126.
- Guo C, Davis AT, Yu S, Tawfic S, Ahmed K. (1999)** Role of protein kinase CK2 in phosphorylation nucleosomal proteins in relation to transcriptional activity. *Mol Cell Biochem.* ;191:135-142.
- Hanks SK. and Quinn AM. (1991)** Protein kinase catalytic domain sequence database: identification of conserved features of primary structure and classification of family members. *Methods Enzymol* 200:38-62
- Hanks SK. and Hunter T. (1995)** Protein kinases 6. The eukaryotic protein kinase superfamily: kinase (catalytic) domain structure and classification *FASEB J* **9**:576-596
- Hanna D.E., Rethinaswamy A., and Glover CVC. (1995)** Casein kinase II is required for cell cycle progression during G1 and G2/M in *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Biol. Chem.* **270**, 25905-25914.
- Hardtke CS., Gohda K., Osterlund MT., Oyama T., Okada K. and Deng XW. (2000)** HY5 stability and activity in Arabidopsis is regulated by phosphorylation in its COP1 binding domain. *EMBO J* **19**:4997-5006
- Harmon AC., Gribskow M. and Harper JF. (2000)** CDPKs- a kinase for every Ca^{2+} signal? *TRENDS in plant Science* **5**:1360-1385
- Hebert MD and Matera AG. (2000)** Self-association of coilin reveals a common theme in nuclear body localization. *Mol Biol Cell*;11:4159-4171.
- Heriche JK., Lebrin F., Rabilloud T., Leroy D., Chambaz EM and Goldberg Y. (1997)** Regulation of protein phosphatase 2A by direct interaction with casein kinase 2 α . *Science* **276**:952-955.
- Hidalgo P, Garreton V, Berrios CG, Ojeda H, Jordana X, and Holuigue L. (2001)** Nuclear Casein Kinase 2 Activity Is Involved in Early Events of Transcriptional Activation Induced by Salicylic Acid in Tobacco: *Plant Physiol* **125**: 396-405
- Hoekstra FA, Golovina EA, Buitink J. (2001)** Mechanisms of plant desiccation tolerance. *Trends Plant Sci.* **6**:431-438.
- Hsieh HL, Song CJ, Roux SJ. (2000)** Regulation of a recombinant pea nuclear apyrase by calmodulin and casein kinase II *Biochim Biophys Acta.* ;1494:248-255.

- Hu E. and Rubin CS (1991)** Casein kinase II from *Caenorhabditis elegans*. Cloning, characterization, and developmental regulation of the gene encoding the beta subunit. *J Biol Chem.* ;266:19796-19802.
- Ichimura K., Mizoguchi T., Irie K., Morris P., Giraudat J., Matsumoto K. and Shinozaki K. (1998)** Isolation of AtMEKK1 (a MAP kinase kinase)-interacting proteins and analysis of a MAP Kinase cascade in *Arabidopsis* *Biochem Biophys Res Commun* **253**: 532-543
- Ingram, J. and Bartels, D. (1996)** The molecular basis of dehydration tolerance in plants. *Annu.Rev. Plant Physiol. Plant Mol Biol*, **47**: 377-403
- Isaac,C., Yang,Y. and Meier,U.T. (1998)** Nopp140 functions as a molecular link between the nucleolus and the coiled bodies. *J. Cell. Biol.*,**142**, 319-329.
- Janaki N., Krishna VM. and Ramaiah KV. (1995)** Phosphorylation of wheat germ initiation factor 2 (eIF-2) by N-ethylmaleimide-treated wheat germ lysates and by purified casein kinase II does not affect the guanine nucleotide exchange on eIF-2. *Arch Biochem Biophys* **324**: 1-8
- Jensen AB., Goday A., Figueras M., Jessop AC. and Pagès M. (1998)** Phosphorylation mediates the nuclear targeting of the maize Rab17 protein. *Plant J.* **13**, 691-697
- Johnson LN. and O'Reilly M. (1996)** Control by phosphorylation. *Curr Opin Struct Biol.* 6:762-769.
- Kalderon D, Roberts BL, Richardson WD, Smith AE (1984).** A short amino acid sequence able to specify nuclear location. *Cell.* ;**39**:499-509.
- Kanekatsu M, Munakata H, Furuzono K, Ohtsuki K. (1993)** Biochemical characterization of a 34 kDa ribonucleoprotein (p34) purified from the spinach chloroplast fraction as an effective phosphate acceptor for casein kinase II. *FEBS Lett* **335**: 176-180
- Kanhonou R., Serrano R. and Palau RR (2001)** A catalytic subunit of the sugar beet protein kinase CK2 is induced by salt stress and increases NaCl tolerance in *Saccharomyces cerevisiae*. *Plant Mol Biol* **47**:571-579
- Kikkawa U, Mann SK, Firtel RA, Hunter T. (1992)** Molecular cloning of casein kinase II alpha subunit from *Dictyostelium discoideum* and its expression in the life cycle. *Mol Cell Biol.* **12**:5711-5723.
- Kim JM, Cha JY, Marshak DR, Bae YS. (1996)** Interaction of the beta subunit of casein kinase II with the ribosomal protein L5. *Biochem Biophys Res Commun.* **226**:180-186.
- Klimczak LJ., Schindler U. and Cashmore AR. (1992)** DNA binding activity of the *Arabidopsis* G-box binding factor GBF1 is stimulated by phosphorylation by casein kinase II from broccoli. *Plant Cell* **4**: 87-98
- Klimczak LJ, Collinge MA, Farini D, Giuliano G, Walker JC, Cashmore AR (1995)** Reconstitution of *Arabidopsis* casein kinase II from recombinant subunits and phosphorylation of transcription factor GBF1. *Plant Cell* **7**:105-115
- Knighton DR., Zheng J., Ten Eyck LF., Ashford VA., Xuong N-H., Taylor SS. and Sowadski JM. (1991)** Crystal Structure of the Catalytic Subunit of Cyclic Adenosine Monophosphate-Dependent Protein Kinase. *Science* **253**: 407-414
- Koornneef M, Bentsink L, Hilhorst H. (2002)** Seed dormancy and germination. *Curr Opin Plant Biol.* **5**:33-36
- Kusk, M., Ahmed, R., Thomsen, B., Bendixen, C., Issinger, O.-G., and Boldyreff, B. (1998)** Interactions of protein kinase CK2 beta subunit within the holoenzyme and with other proteins. *Molecular and Cellular Biochemistry*, **191**, 51-58

Bibliografia

- Lawton MA., Yamamoto RT., Hanks SK. and Lamb CJ. (1983)** Molecular cloning of plant transcripts encoding protein kinase homologs. *Proc Natl Acad Sci U S A* **86**:3140-3144
- Lease K., Ingham E. and Walker JC. (1998)** Challenges in understanding RLK function. *Current Opinion in Plant Biology* **1**:388-392
- Lee Y, Lloyd AM, Roux SJ (1999)** Antisense expression of the CK2 alpha-subunit gene in Arabidopsis. Effects on light-regulated gene expression and plant growth. *Plant Physiol* **119**: 989-1000
- Leroy D., Valero E., Filhol O., Heriche JK., Goldberg Y., Chambaz EM. and Cochet C. (1994)** Modulation of the molecular organization and activity of casein kinase 2 by naturally occurring polyamines. *Cell Mol Biol Res* **40**:441-453
- Leroy D., Filhol O., Quintaine N., Sarrouilhe D., Loue-Mackebach P., Chambaz EM. and Cochet C. (1999)** Dissecting subdomains involved in multiple functions of the CK2beta subunit. *Mol Cell Biochem* **191**:43-50
- Litchfield DW., Lozemann FJ., Piening C., Sommercorn J., Takio K., Walsch KA., and Krebs EG. (1990)** Subunit structure of casein kinase II from bovine testis. *J. Biol. Chem.* **265**: 7638-7644
- Li D, Dobrowolska G, Krebs EG (1996)** The physical association of casein kinase 2 with nucleolin. *J Biol Chem* **271**:15662-15668.
- Li D., Meier UT., Dobrowolska G., Krebs EG. (1997)** Specific interaction between casein kinase 2 and the nucleolar protein Nopp140. *J Biol Chem* **272**:3773-3779
- Li H. and Roux SJ. (1992):** Casein kinase II protein kinase is bound to lamina-matrix and phosphorylates lamina-like protein in isolated pea nuclei. *Proc Natl Acad Sci USA* **89**: 8434-8438
- Li J. and Chory J. (1997)** A putative leucine-rich repeat receptor kinase involved in brassinosteroid signal transduction. *Cell.* **90**:929-938
- Lin WJ, Sheu GT and Traugh JA (1994)** Effects of autophosphorylation on casein kinase II activity: evidence from mutations in the beta subunit. *Biochemistry.* **33**:6998-7004.
- Litchfield DW., Lozeman FJ., Cicirelli MF., Harrylock M., Ericsson LH., Piening CJ. and Krebs EG. (1991)** Phosphorylation of the beta subunit of casein kinase II in human A431 cells. Identification of the autophosphorylation site and a site phosphorylated by p34cdc2. *J Biol Chem* **266**:20380-20389
- Litchfield DW, Luscher B, Lozeman FJ, Eisenman RN, Krebs EG (1992)** Phosphorylation of casein kinase II by p34cdc2 in vitro and at mitosis. *J Biol Chem.* **267**:13943-13951.
- Litchfield DW., Bosc DG., Canton DA., Saulnier RB., Vilc G., Zhang C. (2001)** Functional specialization of CK2 isoforms and characterization of isoform-specific binding partners. *Mol Cell Biochem* **227**:21-29
- Livak KJ. (1990)** Detailed structure of the *Drosophila melanogaster* stellate genes and their transcripts. *Genetics* **124**:303-316
- Lohrum MA, Ashcroft M, Kubbutat MH, Vousden KH. (2000)** Identification of a cryptic nucleolar-localization signal in MDM2. *Nat Cell Biol.* **2**:179-181.
- Luscher B, Kuenzel EA, Krebs EG, Eisenman RN. (1989)** Myc oncoproteins are phosphorylated by casein kinase II. *EMBO J.* **8**:1111-1119

- Luscher B, Litchfield DW. (1994)** Biosynthesis of casein kinase II in lymphoid cell lines. *Eur J Biochem.* 220:521-526.
- McCarthy DR. and Chory J. (2000)** Conservation and innovation in plant signaling pathways. *Cell.* 103:201-209
- McCarty DR, Hattori T, Carson CB, Vasil V, Lazar M, Vasil IK. (1991)** The Viviparous-1 developmental gene of maize encodes a novel transcriptional activator. *Cell.* ;66:895-905.
- Maridor G, Krek W and NiggEA (1990)** Structure and developmental expression of chicken nucleolin and NO38: coordinate expression of two abundant non-ribosomal nucleolar proteins. *Biochim Biophys Acta.* **21**;:126-133.
- Marin O., Meggio F., Sarno S., Cesaro L., Pagano MA., Pinna LA. (1999)** Tyrosine versus serine/threonine phosphorylation by protein kinase casein kinase-2. A study with peptide substrates derived from immunophilin Fpr3. *J Biol Chem* 274:29260-29265
- Meier,U.T. and Blobel,G. (1990)** A nuclear localization signal binding protein in the nucleolus *J. Cell. Biol.*, **111**, 2235-2245.
- Meier,U.T. and Blobel,G. (1992)** Nopp140 shuttles in track between nucleolus and cytoplasm *Cell* ,**70**, 127-138.
- Meier UT. (1996)** Comparison of the rat nucleolar protein nopp140 with its yeast homolog SRP40. Differential phosphorylation in vertebrates and yeast *J Biol Chem.*; **271**:19376- 19384.
- Meggio F., Boldyreff B., Marin O., Marchiori F., Perich JW., Issinger O.G. and Pinna L.A. (1992)** Role of β subunit of casein kinase-2 on the stability and specificity of the recombinant reconstituted holoenzyme. *Eur. J. Biochem* 204: 293-297
- Millar AJ and Kay SA. (1996)** Integration of circadian and phototransduction pathways in the network controlling CAB gene transcription in Arabidopsis. *Proc Natl Acad Sci U S A.* ;93:15491-15496.
- Miró F., Lelong JC., Pancetti F., Roher N., Duthu A., Plana M., Bourdon JC., Bachs O., May E. and Itarte E. (1999)** Tumour suppressor protein p53 released by nuclease digestion increases at the onset of rat liver regeneration. *J Hepatol.* **31**: 306-314.
- Mizoguchi T., Yamaguchi-Shinozaki K., Hayashida N., Kamada H. and Shinozaki K. (1993)**. Cloning and characterization of two cDNAs encoding casein kinase II catalytic subunits in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Mol. Biol.* **21**, 279-289.
- Miyata Y and Yahara I (1995)** Interaction between casein kinase II and the 90-kDa stress protein, HSP90. *Biochemistry* **34**:8123-8129.
- Morisawa G, Han-Yama A, Moda I, Tamai A, Iwabuchi M, Meshi T. (2000)** AHM1, a novel type of nuclear matrix-localized, MAR binding protein with a single AT hook and a J domain-homologous region. *Plant Cell.* **12**:1903-1916.
- Mundy J and Chua NH (1987)** Abscisic acid and water stress induces the expression of a novel rice genes *EMBO J.* **7**, 2279-2286.
- Munoz-Dorado J., Inouye S. and Inouye M. (1993)** Eukaryotic-like protein serine/threonine kinases in *Myxococcus xanthus*, a developmental bacterium exhibiting social behavior. *J Cell Biochem* **51**: 29-33
- Niefind K., Guerra B., Pinna LA., Issinger OG. and Schomburg D. (1998)** Crystal structure of the catalytic subunit of protein kinase CK2 from *Zea mays* at 2.1 Å resolution. *EMBO J* **17**:2451-2462

Bibliografia

- Niefind, K., Puetter, M., Guerra, B., Issinger, O.-G. and Schomburg, D. (1999) GTP plus water mimics ATP in the active site of protein kinase CK2. *Nature Structural Biology* **6**, 1100-1103
- Niefind K., Guerra B., Ermakowa I. and Issinger OG. (2001) Crystal structure of human protein kinase CK2: insights into basic properties of the CK2 holoenzyme *EMBO J* **20**: 5320-5331
- Nishii A, Takemura M, Fujita H, Shikata M, Yokota A, Kohchi T. (2000) Characterization of a novel gene encoding a putative single zinc-finger protein, ZIM, expressed during the reproductive phase in *Arabidopsis thaliana*. *Biosci Biotechnol Biochem.*; **64**:1402-1409.
- Ohtsuki K, Nakamura S, Shimoyama Y, Shibata D, Munakata H, Yoshiki Y, Okubo K. (1995) A 96-kDa glycyrrhizin-binding protein (gp96) from soybeans acts as a substrate for casein II, and is highly related to lipoxygenase 3. *J Biochem (Tokyo).*; **118**:1145-1150.
- Ou WJ., Thomas DY., Bell AW. and Bergeron JJ (1992) Protein Casein kinase II phosphorylation of signal sequence receptor alpha and the associated membrane chaperone calnexin. *J Biol Chem* **267**:23789-23796
- Pain VM., Clemens MJ. (1983) Assembly and breakdown of mammalian protein synthesis initiation complexes: regulation by guanine nucleotides and by phosphorylation of initiation factor eIF-2. *Biochemistry* **22**: 726-733
- Padmanabha R., Chen-Wu JLP., Hanna DE. and Glover CVC. (1990) Isolation, sequencing, and disruption of the CKA2 gene: Casein kinase II is essential for viability in *Saccharomyces cerevisiae*. *Mol Cell Biol* **10**: 4089-4099
- Pepperok R., Lorenz P., Ansorge W. and Pierin W. (1994) Casein kinase II is required for transition G0/G1, early G1 and G1/S phases of the cell cycle *J Biol Chem* **269**: 6986-6991
- Peracchia, G., Jensen, A.B., Culiáñez-Macià, F.A., Grosset, J., Goday, A., Issinger, O.-G. and Pagès, M. (1999) Characterization, subcellular localization and nuclear targeting of casein kinase II from *Zea mays*. *Plant Mol. Biol.* **40**, 199-211
- Pfaff M, Anderer FA. (1988) Casein kinase II accumulation in the nucleolus and its role in nucleolar phosphorylation. *Biochim Biophys Acta.* **969**:100-109
- Pla, M, Goday A, Vilardell J, Gómez, J and Pagès M. (1989) Differential regulation of the ABA induce 23-25 kD proteins in embryo and vegetative tissues of the *viviparous* mutants of maize, *Plant Mol. Biol.* **13**: 385-389
- Plana M., Itarte E., Eritja R., Goday A., Pagès M., and Martínez MC. (1991) Phosphorylation of Maize RAB-17 protein by casein kinase 2. *J. Biol. Chem.* **266**: 22510-22514
- Pinna LA. (1990) Casein kinase 2: an "eminence grise" in cellular regulation? *Biochem Biophys Act* **1054**:267-284
- Pinna LA. and Meggio F. (1997) Protein kinase CK2 ("casein kinase-2") and its implication in cell division and proliferation *Prog Cell Cycle Res* **3**:77-97
- Prigent C, Lasko DD, Kodama K, Woodgett JR, Lindahl T. (1992) Activation of mammalian DNA ligase I through phosphorylation by casein kinase II. *EMBO J.*; **11**:2925-2933.
- Putterill J, Robson F, Lee K, Simon R, Coupland G. (1995) The CONSTANS gene of *Arabidopsis* promotes flowering and encodes a protein showing similarities to zinc finger transcription factors. *Cell.* ;**80**:847-857.
- Raman C., Kuo A., Deshane J., Litchfield DW. and Kimberly RP. (1998) Regulation of casein kinase 2 by interaction with cell surface receptor CD5 *J Biol Chem* **273**: 19183-19189

- Ralet MC., Fouques D., Leonil J., Molle D. and Meunier JC (1999)** Soybean beta-conglicin alpha subunit is phosphorylated on two distinct serines by protein kinase CK2 in vitro. *J Protein Chem* **18**: 315-323
- Riera M, Roher N, Miro F, Gil C, Trujillo R, Aguilera J, Plana M, Itarte E. (1999)** Association of protein kinase CK2 with eukaryotic translation initiation factor eIF-2 and with grp94/endoplasmic reticulum chaperone. *Mol Cell Biochem* **191**:97-104.
- Roher N, Miro F, Boldyreff B, Llorens F, Plana M, Issinger OG, Itarte E (2001)**. The C-terminal domain of human grp94 protects the catalytic subunit of protein kinase CK2 (CK2alpha) against thermal aggregation. Role of disulfide bonds. *Eur J Biochem.* **268**:429-36.
- Roach PJ. (1984)** Protein kinases. *Methods Enzymol* **107**:81-101
- Romeis T. (2001)** Protein kinases in the plant defence response. *Curr Opin Plant Biol.* **4**:407-414
- Saez-Vasquez J., Meissner M. and Pikaard CS. (2001)** RNA polymerase I holoenzyme-promoter complexes include an associated CK2-like protein kinase. *Plant Mol Biol* **47**:449-459
- Salinas P, Bantignies B, Tapia J, Jordana X, Holuigue L. (2001)** Cloning and characterization of the cDNA coding for the catalytic alpha subunit of CK2 from tobacco. *Mol Cell Biochem.* **227**:129-135
- Sánchez-Martínez, Puigdoménech P. and Pagés M (1986)** Regulation of gene expression in developing embryos of *Zea mays*. Protein synthesis during embryogenesis and early germination of maize. *Plant Physiol.* **82**: 543-549.
- Sarrouilhe D, Filhol O, Leroy D, Bonello G, Baudry M, Chambaz EM, Cochet C (1998)** The tight association of protein kinase CK2 with plasma membranes is mediated by a specific domain of its regulatory beta-subunit. *Biochim Biophys Acta.* **1403**:199-210
- Saxena A., Padmanabha R., Glover CVC. (1987)** Isolation and sequencing of cDNA clones encoding the alpha and beta subunits of drosophila casein kinase II. *Mol Cell Biol* **7**: 3409-3417
- Schena M, Davis RW. (1992)** HD-Zip proteins: members of an Arabidopsis homeodomain protein superfamily. *Proc Natl Acad Sci U S A.* **89**(9):3894-8.
- Schuster SS., Noegel AA., Oehme F., Gerisch G, Simon MI and Schuster SC. (1996)** The hybrid histidine kinase DokA is part of the osmotic response system of *Dictyostelium*. *EMBO J* **15**: 3880-3889
- Seldin DC. and Leder P. (1995)** Casein kinase II alpha transgene-induced murine lymphoma: relation to theileriosis in cattle. *Science* **267**: 894-896
- Shieh JC., Wilkinson MG, Buck V., Morgan BA., Makino K. and Millar JB. (1997)** The Mcs4 response regulator coordinately controls the stress-activated Wak1-Wis1-Sty1 MAP kinase pathway and fission yeast cell cycle. *Genes Dev* **11**:1008-1022
- Shore LJ, Soler AP, Gilmour SK. (1997)** Ornithine decarboxylase expression leads to translocation and activation of protein kinase CK2 in vivo. *J Biol Chem.* **272**:12536-12543.
- Skriver K and Mundy J. (1990)** Gene expression in response to abscisic acid and osmotic stress. *Plant Cell.* **2**:503-512
- Stemmer C, Schwander A, Bauw G, Fojan P, Grasser KD. (2002)** Protein kinase CK2 differentially phosphorylates maize chromosomal high mobility group B (HMGB) proteins modulating their stability and DNA interactions. *J Biol Chem* **277**:1092-1098

Bibliografia

- Stone JM and Walker JC. (1995)** Plant protein kinase families and signal transduction. *Plant Physiol.*;108:451-457.
- Stutz F, Bachi A, Doerks T, Braun IC, Seraphin B, Wilm M, Bork P, Izaurralde E. (2000)** REF, an evolutionary conserved family of hnRNP-like proteins, interacts with TAP/Mex67p and participates in mRNA nuclear export. *RNA*. 6:638-650.
- Sugano S., Andronis C., Green RM., Wang ZY. and Tobin EM. (1998)** Protein kinase CK2 interacts with and phosphorylates the *Arabidopsis* circadian clock-associated 1 protein. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **95**:11020-11025
- Sugano S., Andronis C., Ong MS., Green RM. and Tobin EM (1999)** The protein kinase CK2 is involved in regulation of circadian rhythms in *Arabidopsis*. *Proc Natl Acad Sci USA* **96**: 12362-123626
- Takahashi Y, Shomura A, Sasaki T, Yano M. (2001)** Hd6, a rice quantitative trait locus involved in photoperiod sensitivity, encodes the alpha subunit of protein kinase CK2. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 98:7922-7927
- Tawfic S., Yu S., Wang R., Faust R., Davis A. and Ahmed K. (2001)** Protein kinase CK2 signal in neoplasia *Histol Histopathol* **16**:576-582
- Tena G., Asai T., Chiu WL. and Sheen J. (2001)** Plant mitogen-activated protein kinase signaling cascades *Current Opinion in Plant Biology* **4**: 392-4001
- Teitz T., Eli D., Penner M., Bakhanashvili M., Naiman T., Timme TL., Wood CM., Moses RE. and Canaani D. (1990)** Expression of the cDNA for the beta subunit of human casein kinase II confers partial UV resistance on xeroderma pigmentosum cells. *Mutat Res*. 236:85-97
- Tjaden G. and Coruzzi GM. (1994)** A novel AT-rich DNA binding protein that combines an HMG-like DNA binding protein with a putative transcription domain. *Plant Cell* **6**: 107-118
- Tuazon PT. and Traugh JA. (1991)** Casein kinase I and II--multipotential serine protein kinases: structure, function, and regulation. *Adv Second Messenger Phosphoprotein Res*. 23:123-164
- Tuteja N., Beven AF., Shaw PJ. and Tuteja R. (2001)** A pea homologue of human DNA helicase I is localized within the dense fibrillar component of the nucleolus and stimulated by phosphorylation with CK2 and cdc2 protein kinases. *Plant J* **25**: 9-17
- Umeda M, Manabe Y, Uchimiya H. (1997)** Phosphorylation of the C2 subunit of the proteasome in rice (*Oryza sativa* L.). *FEBS Lett*. **403**:313-317
- Urao T., Yamaguchi-Shinozaki K. and Shinozaki K. (2000)** Two component system in plant signal transduction *TRENDS in plant Science* **5**: 1360-1385
- Valero E, De Bonis S, Filhol O, Wade RH, Langowski J, Chambaz EM, Cochet C. (1995)** Quaternary structure of casein kinase 2. Characterization of multiple oligomeric states and relation with its catalytic activity. *J Biol Chem*. **270**:8345-83452.
- Varagona MJ, Schmidt RJ, Raikhel NV. (1992)** Nuclear localization signal(s) required for nuclear targeting of the maize regulatory protein Opaque-2. *Plant Cell*;4:1213-1227.
- Vilardell, J., Goday A., Freire, M.A., Torrent M., Martínez M.C., Torné, J.M. and Pagès M. (1990)**. Gene sequence, developmental expression and protein phosphorylation of rab17 in maize. *Plant.Mol.Biol.* **14**, 423-432
- Visintin R and Amon A. (2000)** The nucleolus: the magician's hat for cell cycle tricks. *Curr Opin Cell Biol*. 12:372-377

- Vilk G, Saulnier RB, St Pierre R, Litchfield DW. (1999)** Inducible expression of protein kinase CK2 in mammalian cells. Evidence for functional specialization of CK2 isoforms. *J Biol Chem.* 274:14406-14414.
- Watillon B., Kettmann R., Boxus P. and Burny A (1995)** Structure of a calmodulin-binding protein kinase gene from apple *Plant Physiol.* **108**: 847-848
- Wei L., Hubbard SR., Smith RF. and Ellis L. (1994)** Protein kinase superfamily-comparisons of sequence data with three-dimensional structures. *Curr Opin Struct Biol* **4**: 450-455
- Wirkner U, Voss H, Ansorge W and Pyerin W. (1998)** Genomic organization and promoter identification of the human protein kinase CK2 catalytic subunit alpha (CSNK2A). *Genomics*; **48**:71-78.
- Wilson LK, Dhillon N, Thorner J, Martin GS. (1997)** Casein kinase II catalyzes tyrosine phosphorylation of the yeast nucleolar immunophilin Fpr3. *J Biol Chem* **272**:12961-1296710
- Xu X., Toselli PA., Russell LD. and Seldin DC. (1999)** Globozoospermia in mice lacking the casein kinase II alpha' catalytic subunit. *Nat Genet.* **23**:118-121
- Yu S, Davis AT, Guo C, Green JE, Ahmed K. (1999)** Differential targeting of protein kinase CK2 to the nuclear matrix upon transient overexpression of its subunits. *J Cell Biochem.* **74**:127-34
- Yan T-FJ and Tao M (1982)** Purification and characterization of a wheat germ protein kinase. *J Biol Chem* **257**: 7037-7043
- Zhu JK. (2001)** Cell signaling under salt, water and cold stresses. *Curr Opin Plant Biol* **4**:401-406