

**RAPPORTO FINALE SUI RISULTATI DEL PROGETTO COMUNE DI RICERCA  
FINAL REPORT ON RESULTS OF JOINT RESEARCH PROJECT**

|  |  |
|--|--|
| <p><b>1. Accordo /Agreement</b></p> <p>CNR / CAAS</p> <p>anni/ years 2008/2010</p>   |  |
| <p><b>2. Titolo del progetto</b><br/>Promozione della qualità dei succhi di frutta e verdura e miglioramento dell'utilizzazione dei sottoprodotti mediante processi integrati a membrana</p> <p><b>2. Title of the project</b><br/>Upgrading fruits and vegetables juice quality and enhancing by-products utilization through integrated membrane processes</p> |  |
| <p>Parole chiave (massimo 3)<br/>Succhi di frutta; operazioni a membrane; composti bioattivi</p> <p>Key words (max. 3)<br/>Fruit juices; membrane operations; bioactive compounds</p>  |  |
| <p>(solo per parte italiana)<br/>Area scientifica / Scientific area (tabella 1/ table1)<br/>Dipartimento Progettazione Molecolare</p>  |  |
| <p><b>3. Responsabili del progetto</b><br/><b>Project leaders</b></p>  |  |
| <p><b>Responsabile italiano</b><br/>Dr. Alfredo Cassano</p>  | <p><b>Project leader</b><br/>Prof. Jiao Bining</p>   |
| <p><b>Istituto di appartenenza</b><br/>Istituto per la Tecnologia delle Membrane, ITM-CNR</p> <p><b>Indirizzo</b><br/>Università della Calabria,<br/>via P. Bucci, 17/C<br/>87036 Rende (CS) - Italy</p>   | <p><b>Affiliation</b><br/>Citrus Research Institute, CRI-CAAS</p> <p><b>Address</b><br/>400712 Beibei<br/>Chongqing, China</p> |

#### **4. Obiettivi del progetto**

- 1) Messa a punto di un processo integrato a membrana che, partendo da succhi di frutta naturali permette di ottenere succhi concentrati ad alto valore nutrizionale con caratteristiche organolettiche e attività antiossidante comparabili a quelle dei succhi freschi;
- 2) Messa a punto di un processo integrato a membrana per la separazione e il recupero di sottoprodotti da effluenti di scarto dell'industria alimentare.

#### **4. Aims of the project**

- 1) Set-up of an integrated membrane process which, starting from fresh fruit juice permits to obtain concentrated juices with high nutritional value and with organoleptic characteristics and antioxidant activities similar to those of fresh juices;
- 2) Set-up of an integrated membrane process for the separation and the recovery of by-products from wastewaters of food industries

## 5. Risultati ottenuti per obiettivo (1 pagina)

1) Gli studi sinora condotti su alcuni tipi di succhi, come ad es. kiwi, ficodindia, arancia rossa e limone, mediante processi integrati a membrana, hanno dimostrato la possibilità di ottenere frazioni concentrate di succo (sino a 65°Brix) in cui l'attività antiossidante risulta ben preservata rispetto ai succhi concentrati per evaporazione termica; in questi ultimi, per contro, sono state riscontrate perdite dell'attività antiossidante totale sino al 50% rispetto al succo di partenza.

Gli studi condotti di recente presso l'ITM sul succo di bergamotto, confermano i risultati ottenuti su altri tipi di succhi. In particolare, il succo depectinizzato, con una concentrazione di solidi solubili pari a 10.5 °Brix, è stato previamente chiarificato mediante ultrafiltrazione utilizzando membrane capillari in polisolfone con taglio molecolare di 10000 Da. Operando in condizioni operative definite (pressione transmembrana 0.8 bar, portata assiale 114 l/h, temperatura 23.5 °C), sono stati ottenuti flussi di permeato iniziali dell'ordine di 55 l/m<sup>2</sup>h che tendono a raggiungere uno stato stazionario, pari a circa 10 l/m<sup>2</sup>h, in corrispondenza di un fattore di riduzione del volume di circa 2.5. Il permeato proveniente dall'operazione di ultrafiltrazione è stato sottoposto a concentrazione mediante distillazione osmotica sino ad ottenere un succo concentrato con una concentrazione in solidi solubili superiore a 30°Brix. I risultati delle determinazioni analitiche effettuate sulle frazioni di permeato e di retentato ottenute nel processo integrato UF/OD, relative all'acido ascorbico, alla naringina e all'esperidina dimostrano come tali componenti rimangono pressoché inalterate indipendentemente dal grado di concentrazione raggiunto. Inoltre, l'attività antiossidante del succo concentrato a 30°Brix è solo di poco inferiore (6.7%) rispetto a quella del succo chiarificato. Si può ritenere, pertanto, che le componenti antiossidanti del succo risultano ben preservate nel corso del processo integrato a membrana.

2) Alcuni processi per il recupero sia delle componenti aromatiche, nonché di componenti ad alto valore aggiunto (flavonoidi e sostanze ad elevato potere antiossidante) da effluenti di scarto dell'industria agrumaria sono oggetto di studio presso l'ITM. A tale scopo processi a membrana come l'ultrafiltrazione e la nanofiltrazione, sono stati studiati su scala laboratorio ai fini di ottenere frazioni arricchite dei componenti di interesse (con particolare riguardo ai polifenoli) che possono essere concentrate mediante operazioni di osmosi inversa e di distillazione osmotica. Il processo di pervaporazione viene studiato altresì per il recupero di componenti aromatiche da acque di condensa provenienti dagli impianti di disoleazione.

## 5. Achieved results (one page)

- 1) Experimental studies performed on some fruit juices, such as kiwifruit, cactus pear, red orange and lemon, demonstrated the possibility to obtain juice concentrated fractions (up to 65°Brix) in which the total antioxidant activity is well preserved in comparison to that of juices concentrated by thermal evaporation. In juices concentrated by thermal evaporation losses of total antioxidant activities up to 50% were recognized in comparison with the fresh juice.

Studies performed recently at ITM on the bergamot juice confirm results obtained on other types of juices. In particular, the depectinised juice, with a total soluble solids concentration of 10.5 °Brix, has been previously clarified by ultrafiltration (UF) employing polysulphone hollow fiber membranes with a nominal molecular weight cut-off of 10,000 Da. Operating in selected operating conditions (trans membrane pressure 0.8 bar, axial feed flow rate 114 l/h, temperature 23.5 °C) initial permeate fluxes of about 55 l/m<sup>2</sup>h have been obtained. Steady-state permeate fluxes were of about 55 l/m<sup>2</sup>h corresponding to a volume reduction factor of 2.5. The clarified juice has been concentrated by osmotic distillation (OD) until to obtain a concentrated juice with a total soluble solids concentration higher than 30°Brix. Analyses of ascorbic acid, naringin and hesperidin in permeate and retentate fractions coming from the integrated process UF/OD demonstrated that these compounds remained unchanged during the process independently on the concentration degree achieved. The total antioxidant activity in the juice concentrated at 30°Brix is lower than 6.7% if compared with that of the clarified juice. Antioxidant compounds of the juice are consequently well preserved during the process.

- 2) Some studies aiming to the recovery of aromatic compounds and high added values (flavonoids and antioxidant compounds) from wastewaters coming from the orange processing are in progress in ITM. Membrane processes, such as ultrafiltration (UF) and nanofiltration (NF), have been studied on laboratory scale in order to obtain fractions enriched of compounds of interest (particularly polyphenols) which can be concentrated by reverse osmosis (RO) and osmotic distillation (OD). The pervaporation process has been studied for the recovery of aromatic compounds from condensed waters produced in desoleation plants.

## 6. Prodotti del progetto / Results obtained

|   | n./no. |
|---|--------|
| Pubblicaz. scient. su riviste internaz./ scientific publications on international reviews<br>con IF----- senza IF | 1      |
| Pubblicaz. in atti congressi internaz./ publications in international congress proceedings                        | 1      |
| Pubblicazioni in atti congressi nazionali / publications in national congress proceedings                         | 4      |
| Pubblicazione libri nazionali / Publication of national books   |        |
| Pubblicazione libri internazionali / Publication of international books   |        |
| Altre pubblicazioni / other publications  |        |
| Brevetti / Patents  |        |
| Prototipi / Prototypes  |        |
| Strumentazione / Equipment and /or Devices  |        |
| Programmi software / Software   |        |
| Banche dati / Data bases  |        |
| Protocolli / Protocols  |        |
| Nuovi Materiali / New Materials   |        |
| Nuovi processi / New processes  |        |
| Cataloghi/inventari/repertori / Catalogues/Inventories  |        |
| Atlanti/Carte/Mappe / Atlases/Charts/Maps   |        |
| Progetti di ricerca / Reserch project   |        |
| Trasferimento innovazioni / Knowledge transfer  |        |
| Laboratori congiunti / Joint laboratories   |        |
| Alta formazione / Training  |        |
| Altro / Other   | 1      |

## 7. Informazioni dettagliate sui risultati indicati sub 6

### Pubblicazioni scientifiche su riviste internazionali

A. Cassano, L. Donato, C. Conidi, E. Drioli, Recovery of bioactive compounds in kiwifruit juice by ultrafiltration, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9(4) (2008) 556-562

### Pubblicazioni in atti congressi internazionali

A. Cassano, C. Conidi, E. Drioli, Recovery of polyphenols in bergamot juice by integrated membrane process, Proc. of Euromembrane 2009, Montpellier, Francia, 6-10 Settembre 2009, OF. 6.3, p. 164

### Pubblicazioni in atti congressi nazionali

C. Conidi, A. Cassano, A. Liguori, E. Drioli, Analyses of antioxidant compounds in bergamot juice clarified and concentrated by membrane operations, IV Convegno Congiunto delle Sezioni Sicilia e Calabria della SCI, Rende, 1-3 Dicembre 2008, O21

A. Cassano, C. Conidi, E. Drioli, Concentrazione di flavonoidi da sottoprodotti del ciclo di lavorazione delle arance rosse mediante operazioni a membrana, IV Convegno Congiunto delle Sezioni Sicilia e Calabria della SCI, Rende, 1-3 Dicembre 2008, P21

A. Cassano, E. Drioli, Integrated membrane operations in fruit juice processing, Proc. of IMETI Workshop on "Membrane Applications in Agrofood", Cetraro, 18-20 ottobre 2009, p. 14-17

C. Conidi, A. Cassano, A. Liguori, E. Drioli, Influence of molecular weight cut-off on the recovery of polyphenols in bergamot juice by ultrafiltration and nanofiltration membranes, Proc. of Imeti Workshop on "Membrane Applications in Agrofood", Cetraro, 18-20 Ottobre 2009, p. 61-63

### Altro

Il Dr. Alfredo Cassano nell'ambito della visita effettuata presso il CRI-CAAS nell'ottobre 2008 ha tenuto presso la Southwest University in Beibei un seminario dal titolo "intergrated membrane processes in fruit juice processing".

## 7. Detailed information on results indicated under point 6

### Scientific publications on international reviews

A. Cassano, L. Donato, C. Conidi, E. Drioli, Recovery of bioactive compounds in kiwifruit juice by ultrafiltration, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9(4) (2008) 556-562

### Publications in international congress proceedings

A. Cassano, C. Conidi, E. Drioli, Recovery of polyphenols in bergamot juice by integrated membrane process, Proc. of Euromembrane 2009, Montpellier, Francia, 6-10 Settembre 2009, OF. 6.3, p. 164

### Publications in national congress proceedings

C. Conidi, A. Cassano, A. Liguori, E. Drioli, Analyses of antioxidant compounds in bergamot juice clarified and concentrated by membrane operations, IV Convegno Congiunto delle Sezioni Sicilia e Calabria della SCI, Rende, 1-3 Dicembre 2008, O21

A. Cassano, C. Conidi, E. Drioli, Concentrazione di flavonoidi da sottoprodotti del ciclo di lavorazione delle arance rosse mediante operazioni a membrana, IV Convegno Congiunto delle Sezioni Sicilia e Calabria della SCI, Rende, 1-3 Dicembre 2008, P21

A. Cassano, E. Drioli, Integrated membrane operations in fruit juice processing, Proc. of IMETI Workshop on "Membrane Applications in Agrofood", Cetraro, 18-20 ottobre 2009, p. 14-17

C. Conidi, A. Cassano, A. Liguori, E. Drioli, Influence of molecular weight cut-off on the recovery of polyphenols in bergamot juice by ultrafiltration and nanofiltration membranes, Proc. of Imeti Workshop on "Membrane Applications in Agrofood", Cetraro, 18-20 Ottobre 2009, p. 61-63

### Other

Dr. Alfredo Cassano visited the CRI-CAAS in October 2008. Within this visit he held a Seminar at the Southwest University in Beibei on "intergrated membrane processes in fruit juice processing".

## **8. Formazione di giovani ricercatori Training of young researchers**

Durante il triennio 2008-2010 la Dr.ssa Carmela Conidi ha svolto attività di ricerca presso l'ITM-CNR relative al recupero, purificazione e concentrazione di sostanze ad alto valore aggiunto da succhi di frutta (in particolare kiwi e bergamotto) con operazioni a membrana come microfiltrazione, ultrafiltrazione, nanofiltrazione e distillazione osmotica. Nell'ambito di queste attività sono stati studiati gli effetti delle condizioni operative sulle prestazioni dei processi, le strategie più idonee per il controllo dei fenomeni di polarizzazione per concentrazione e fouling, la selettività delle membrane studiate nei confronti delle componenti di interesse.

During the 2008-2010 period Dr. Carmela Conidi performed research activities at ITM-CNR related to the recovery, purification and concentration of high added value substances from fruit juices (in particular kiwifruit and bergamot) with membrane operations such as microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration and osmotic distillation. Within these activities the effects of operating conditions on the performance of different processes, the optimal strategies for concentration polarization and fouling control and the selectivity of membranes towards the compounds of interest have been studied.

### 9. Motivazione degli sviluppi della collaborazione negli anni successivi

*(eventuali estensione ad altri paesi, collaborazioni multilaterali, contratti nazionali o internazionali)*

Il Citrus Research Institute (CRI) situato a Beibei a 60 km dalla città di Chongqing risulta costituito da uno staff di circa 300 persone di cui 108 tra ricercatori e tecnici. L'Istituto occupa un'area di 130 ettari: di questi 55 sono occupati da piante di agrumi. L'attività di ricerca dell'Istituto è focalizzata essenzialmente sulla soluzione di problemi tecnici riguardanti la coltivazione degli agrumi; tuttavia, sono condotte anche ricerche di carattere teorico. Oltre al lavoro di ricerca, l'Istituto organizza progetti nazionali di cooperazione scientifica, partecipa a cooperazioni scientifiche internazionali e al training di giovani laureati. La pubblicazione delle riviste *South China Fruits* e *Information of Citrus and Subtropical Fruits* fa parte dell'attività editoriale dell'Istituto.

L'ITM-CNR, con uno staff di 28 unità di personale strutturato e circa 40 unità a tempo determinato, svolge da anni attività di ricerca nell'ambito della scienza e tecnologia delle membrane con diverse aree di applicazione, compresa quella agro-alimentare. Pertanto la collaborazione tra un gruppo di ricerca specializzato nel settore agrumario e un istituto esperto sulla tecnologia a membrana si ritiene possa essere proficua per entrambi i gruppi grazie al reciproco scambio di competenze e capacità.

La cooperazione si propone anche di: a) favorire collaborazioni multilaterali e la partecipazione a contratti nazionali o internazionali; b) assistere e coadiuvare i produttori a competere nel mercato internazionale attraverso il miglioramento della qualità dei succhi di frutta e verdura e la riduzione dei costi di produzione.

### 9. Reasons for cooperative project developments in the following years, if any

*(extension to other countries, multilateral collaboration, national or international contracts)*

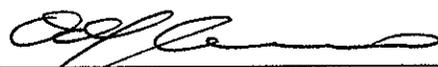
The Citrus Research Institute (CRI) of the Chinese Academy of Agricultural Sciences (CAAS), as a nationwide institution of citrus research established in 1960. There are 300 staff members including 108 scientists and technicians working in the Institute. The Institute is located in the north of Chongqing city, 60 km from downtown. It occupied an area of 130 hectares, including 55 hectares of citrus groves. The research is focused on the solution of important technical problems in citriculture and some theoretical researchers are also conducted. Other than research works, the institutes take part in organizing some nationwide cooperative projects, training graduate students and technical extension personnel, international scientific and technical exchange and cooperation, consulting for citriculture, editing fruit magazines, *South China Fruits* and *Informations of citrus and subtropical fruits*, and publishing popular science books.

The ITM-CNR, with currently 28 permanent staff members and about 40 units of temporary personnel, is involved in research activities within the science and technology of membranes with different areas of application, including the agro-food area. For these reason, the collaboration between a strong group in citrus research and an expert Institute on membrane technology would be beneficial thanks to the reciprocal exchange of skills and competences.

The cooperation aims also to: a) promote multilateral collaborations and the participation at national and international contracts; b) assist fruits growers and producers to better compete in the international market through improvement in fruits and vegetable juice quality and reducing in its production costs.



(firma del responsabile italiano del progetto)



(signature of the Italian project leader)

(anche fax)



(firma del direttore)

date: October 20<sup>th</sup>, 2010

## TABELLA 1

- |   |  |
|---|--|
| 1 – Dipartimento Terra e Ambiente         | 7 – Dipartimento Materiali e Dispositivi                               |
| 2 – Dipartimento Energia e Trasporti      | 8 – Dipartimento Sistemi di Produzione                                 |
| 3 – Dipartimento Agroalimentare           | 9 – Dipartimento Tecnologie dell'Informazione e<br>delle Comunicazioni |
| 4 – Dipartimento Medicina                 | 10 – Dipartimento Identità Culturale                                   |
| 5 – Dipartimento Scienze della Vita       | 11 – Dipartimento Patrimonio Culturale                                 |
| 6 – Dipartimento Progettazione Molecolare |  |