



<http://uard.bg>

New Knowledge Journal of Science

Списание за наука „Ново знание“

Academic Publishing House - "Talent"
University of Agribusiness and Rural Development - Bulgaria

Академично издателство „Талант“
Висше училище по агробизнес и развитие на регионите - Пловдив

CHANGES IN BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES CONTENT AND ANTIOXIDANT ACTIVITY IN CHILLED ONION AND GARLIC DURING STORAGE

Angel Iliev, Boryana Brashlyanova

Food Research and Development Institute - Plovdiv

Key words:

antioxidant activity
biologically active
substances
absorption of toxic metals
onion
garlic
cold storage

Abstract

The aim of this study is to investigate changes in the content of biologically active substances, antioxidant activity, and the ability to absorb the toxic metals As, Cd and Pb, during storage in refrigerated condition of different fractions onion and garlic. Study included fresh onion and garlic, divided to leaf (green) and underground (white) fraction, and mature onion bulbs yellow and red types. It was found a gradual decrease in the content of phenolic substances, with particularly high rate of degradation of anthocyanin in red type of onion. Dynamics antioxidant activity showed noticeable changes in different directions at different aspects of antioxidant activity: Radical scavenging ability, and the ability to inhibit lipid oxidation in some fractions, show a slight increase for the duration of storage, while reducing, and chelating ability, and absorption of heavy metals show a gradual decrease.

ПРОМЕНИ В СЪДЪРЖАНИЕТО НА БИОЛОГИЧНО АКТИВНИ ВЕЩЕСТВА И АНТИОКСИДАНТНАТА АКТИВНОСТ НА ОХЛАДЕНИ ЛУК И ЧЕСЪН ПРИ СЪХРАНЕНИЕ

Ангел Илиев, Боряна Бръшлянова

Институт за изследване и развитие на храните – Пловдив

Ключови думи:

антиоксидантна
активност
биологично активни
вещества
абсорбция на токсични
метали
лук
чесън
хладилно съхранение

Резюме

Целта на настоящото изследване е да бъдат изследвани промените в съдържанието на биологично активни вещества, антиоксидантната активност и способността за абсорбиране на токсични метали As, Cd и Pb при съхранение в охладено състояние на различни фракции лук и чесън. В експеримента са включени пресни лук и чесън, разделени на листна (зелена) и подземна (бяла) фракция, както и зрял лук с жълта и червена люспа. Отчетено е плавно понижение в съдържанието на фенолни вещества, като фракцията на антоцианините в зрелия лук с червена люспа деградира с особено високи темпове. Динамиката при антиоксидантната активност показва забележими промени в различни посоки при различните аспекти на антиоксидантната активност: радикалоулавящата способност показва леко увеличение за срока на съхранение, докато редуциращата и хелатиращата способност, способността за инхибиране на липидна оксидация и за абсорбция на тежки метали показват плавно понижение.

ВЪВЕДЕНИЕ

Чесънът (*Allium Sativum*) и кромидът (*Allium cepa*) са известни със своите биологични свойства и благоприятен ефект върху здравето. В традиционната българска кухня лукът във всичките му разновидности (кромид, чесън, праз) има неизменно присъствие. Данните от изследванията показват, че лукът и чесънът във всичките им разновидности, както и техните продукти, благодарение на високото съдържание на биологично активни вещества, проявяват широк спектър на биологична активност, което се изразява в хиполипидимичното, антиоксидантното, антимикробиялното и антиканцерогенното действие. В лука и чесъна са открити различни антиоксидантни съединения, основно полифеноли, като флавоноиди и серни съединения (Caridi *et al.*, 2007; Gorinstein *et al.*, 2005; Ly *et al.*, 2005; Moskaug *et al.*, 2004; Nuutila *et al.*, 2003).

Сред съдържащите се в лука и чесъна антиоксидантни съединения голяма роля играят фенолните съединение, и по-специално флавоноидите, играещи роля в превенцията и/или лечението на различни заболявания (Griffiths *et al.*, 2002). Флавоноидите са група от над 6000 различни вещества, които се съдържат в почти всички растения и са причина за тяхното оцветяване в нюансите на жълто, оранжево и червено. Във флавоноидите могат да се открият много и различни химични групи вещества. Тези групи включват флавоноли, дихидрофлавоноли, флаволи, изофлаволи, антоцианини и антоцианиди. Флавонолите и антоцианините (особено в червения лук) са основните флавоноиди, съдържащи се в лука. Бял, жълт или червен, лукът съдържа големи количества флавоноли, главно кверцетин, свързан със захари, като глюкоза (Bonaccorsi *et al.*, 2005, 2008; Hertog *et al.*, 1992; Slimestad *et al.*, 2007).

Друга съществена част от антиоксидантното действие на препаратите от лук и чесън се дължи на серосъдържащите съединения (в частност органични сулфиди, основни от които са S-алкилпроизводните на цистеина), аджоен (ajoene), витамините E и C, селен (съдържанието му достига 0,2 mg/100g продукт). По данни на Слепко и др. (1994) добавянето на чеснов екстракт в питейната вода повишава в тъканите на животните глутатионпероксидазата – селеносъдържащ ензим, играещ важна роля в антиоксидантната защита. Серосъдържащите вещества понижават степента на пероксидация на липидите и имат важен хепатитозащитен ефект при повреден черен дроб с 4-хлорен въглерод. В чесъна се съдържат около 100 серосъдържащи компоненти, в това число производни на глутатион-S-сукцинилова киселина и S-2 карбоксипропилглутатион. Всички тези съединения обуславят основната му биологична

ценност. В екстракт от чесън е открито съединение, наречено аджоен (ajoene), чиято химическа формула е $C_9H_{14}OS_3$. То има силно антитромботично действие. Аджоен не се открива в целите чеснови луковичи, а се образува при механичното нарязване в резултат на разлагане на алицина (диалилдисулфид-S-оксид), който се формира под действието на ензима алиназа по време на разрушаване на клетъчната структура на суровината.

В литературата се среща малко информация за потенциалните промени на биоактивните компоненти в зеленчуците при технологичната им преработка (Cisneros-Zevallos, 2003; Heredia & Cisneros-Zevallos, 2009; Tudela *et al.*, 2002). Heredia and Cisneros-Zevallos (2009) установяват, че силата при нарязване на моркови играе важна роля в активирането синтеза и натрупването на антиоксидантни фенолни съединения, съответно на антиоксидантния капацитет. Подобни резултати се съобщават за прясно нарязани картофи, салати или лук (Kang & Saltveit, 2002; Martínez *et al.*, 2005; Mateos *et al.*, 1993; Tudela *et al.*, 2002).

Ferrerres *et al.* (1996) изучават влиянието на перфорирани филми върху флавоноидите от настърган лук след 7-дневно съхранение. Те установяват, че съдържанието на антоцианини намалява. Ewald *et al.* (1999) установяват, че най-голямата загуба на флавоноиди в лука настъпва по време на предварителната обработка, когато лукът се обелва, почиства и нарязва преди бланширане. Готвенето също може да повлияе върху съдържанието на флавоноиди в лука (Ewald *et al.*, 1999; Lee *et al.*, 2008; Makris & Rossiter, 2001; Martínez *et al.*, 2005; Rodrigues *et al.*, 2009, 2010, 2011; Tudela *et al.*, 2002).

Хладилното съхранение е най-разпространеният метод за краткосрочно съхранение на зеленчуци, целящо максимална степен на съхранение на хранителната им стойност. Методът се основава на минимизиране на метаболизма и изпарението на вода от съхраняваните храни, посредством понижаване температурата на съхранение.

Целта на настоящото изследване е да се установят промените в съдържанието на някои биологично активни вещества, съдържащи се в различни фракции лук и чесън, както и промените в различни аспекти на антиоксидантната активност. Изследвани са съдържанието на общи полифеноли, общи флавоноиди, антоцианини, както и радикалоулавящата способност, хелатиращата способност и способността за абсорбция на тежки метали. В допълнение антиоксидантната активност е изследвана посредством комплексен метод за оценка на антиоксидантната активност чрез измерване инхибирането на липидна оксидация в изкуствени липозоми.

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ**Методи за анализ на продуктите**

Лук и чесън, пресни луковичи с жълта и червена люспа, са закупени от местни производители и изследвани незабавно след доставката. Образците пресен лук и чесън, разделени на зелена и бяла фракция, нарязани на парчета с дължина 1 cm, както и образците зрял лук (жълт и червен), нарязани на полумесеци с дебелина 0.5 cm, са съхранявани във вентилирани контейнери при температура $0 \pm 4^\circ\text{C}$, описана в литературата като оптимална за съхранение на лукови (Танчев, 1984). Изследването на образците е извършено в първия, третия и седмия ден от съхранението, като е измервано съдържанието на сухо вещество, определено чрез автоматизирана сушилна везна "Sartorius" при температура 100°C .

DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) и Trolox [(±)-6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane], TRIS (2-Amino-2-hydroxymethyl-propane-1,3-diol), malondialdehyde (1,1,3,3-Tetramethoxypropane), Катехин хидрат ((+)-Cyanidol-3, (2R,3S)-2-(3,4-Dihydroxyphenyl)-3,4-dihydro-1(2H)-benzopyran-3,5,7-triol), метанол, етанол, хлороформ, ацетон, HNO_3 , HCl , NaNO_2 , AlCl_3 и мултиелементен стандартен разтвор за калибрация на ICP са закупени от Sigma-Aldrich, Steinheim, Germany. Folin-Ciocoltues reagent, 1-10 phenanthroline и моноелементни стандартни разтвори As, Cd и Pb (1mg/l) са закупени от Merck, Darmstadt, Germany; галова киселина от Fluka, Buchs, Switzerland.

В изследването е използвана следната апаратура: лабораторна везна Sartorius A120S; лабораторна автоматизирана сушилна везна Sartorius; ICP-AES спектрометър SPECTROFLAME MODULA-FTMOA81A; UV-Vis спектрометър Thermo "Evolution" 201.

За екстракцията на биологично активните вещества 2 g от изследваната проба са претеглени с точност до 0.001 g, поставени в мерителна колба от 50 cm^3 и доляти до марката с метанол. Разбърква се интензивно и се оставя да престои 2 h, след което се филтрува. Филтратът се съхранява при -18°C до извършване на анализите:

- определяне на антиоксидантната активност: оценена чрез измерване на радикалоулавящата активност на получения водно-метанолен екстракт посредством определяне понижението в концентрацията на свободни радикали, генерирани от 2,2-дифенил-1-пикрилхидразил (DPPH). Измерването на понижението на концентрацията е извършено чрез определяне понижението на специфичната абсорбция при дължина на вълната 515 nm. Резултатът е представен в микромол тролокс еквиваленти за килограм ($\mu\text{molTE/kg}$), (Brand-Williams, 1995);

- Fe^{2+} хелатираща активност: способността на екстрактите да хелатират Fe^{2+} йони се изследва като се използва модифициран метод на Minotti и Aust (Adsul, 2007). Активността се определя, чрез

измерване на маскиращия ефект на екстракта при спектрофотометрично определяне на Fe^{2+} . В епруветка се прибавят $0,5\text{ cm}^3$ 1.5 mmol/l FeSO_4 , 5 cm^3 $10\text{ mM/l TRIS-HCl pH 7.4}$ във физиологичен разтвор и 1 cm^3 от екстракта. Епруветката се разбърква и се оставя за 5 минути на стайна температура, след което се прибавя $0,3\text{ cm}^3$ 0.1% разтвор на 1,10-фенантролин. Абсорбцията се измерва при 510 nm. Като празна проба се използва чист разтворител. Резултатите се представят в процент понижението.

- определяне на антиоксидантната активност посредством измерване инхибирането на липидна пероксидация: способността на екстрактите да потискат окислението на липидите чрез измерване на разликата в концентрацията на реактивни субстанции на тиобарбитурова киселина (TBARS) в Cu^{2+} катализирано окисление на разтвор от изкуствени липидни мембрани:

Добив на яйчен фосфолипид: Яйчен фосфолипид се получава от яйчен меланж. 15 g на яйчен меланж се влагат в соклет екстрактор и се извличат с помощта на екстракционна смес от хлороформ и ацетон. След регенерация на разтворителя концентрираният липиден разтвор се подлага на изпарение във вакуум при продухване с азот. Екстрахираните липиди се разтварят в ацетон, фосфолипидите се утаяват при 0°C и се промива със студен ацетон. Всички процедури на пречистване се провеждат в инертна атмосфера под азот.

Получаване на изкуствени липидни мембрани: 50 mg на яйчни фосфолипиди се смесват в епруветка с 10 ml 10 mM TRIS и 150 mM NaCl, pH 7,4. Многослойни липидни мембрани се получават посредством енергично разбъркване в продължение на 10 минути на вортекс (2500 rpm). Процедурата се повтаря няколко пъти, докато се получи достатъчно количество разтвор. Разтворът, съдържащ многослойни липидни мембрани (липозоми), се използва в същия ден, когато се приготвя.

Аналитична процедура: В епруветки от 20 cm^3 се прибавят последователно 4 cm^3 разтвор на изкуствените липозоми, $0,1\text{ cm}^3$ от екстракт и $0,1\text{ cm}^3$ разтвор на катализатор CuSO_4 ($0.125\text{ g CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ до 10 ml H_2O). Сместа се хомогенизира на вортекс и се инкубира в продължение на 24 часа при 37°C . След инкубиране епруветките се охлаждат и се центрофугират в хладилна центрофуга при 2500 оборота в минута. $0,1\text{ cm}^3$ от супернатанта се добавя към 4 cm^3 от разтвор, съдържащ 0.375% тиобарбитурова киселина, 15% оцетна киселина и 0,25N HCl. Сместа се инкубира при 95°C и се измерва абсорбцията при 540 nm. $0,1\text{ cm}^3$ 10 mM/l Tris-HCl във физиологичен разтвор се използва в качеството на празна проба. Методът се калибрира със стандартни разтвори, разработени на същата процедура и съдържащи между 6 до 60 $\mu\text{Mol/L}$ малондиалдехид във

физиологичен разтвор, буфериран при рН 7,4 с Tris-HCl. Резултатите се представят като процент понижение в съдържанието на окислителни продукти (полиалдеhide и поликетони).

- **определяне съдържанието на общи полифеноли** чрез класическия метод на Folin-Ciocalteu (Singleton & Rossi, 1965). Резултатите се представят като милиграми галова киселина на килограм (mgGAE/kg);

- **определяне съдържанието на флавоноиди:** общото количество на флавоноиди е определено чрез $AlCl_3$ колометричен анализ. В мерителна епруветка от 10 cm^3 се поставя по 1 ml от метанолен екстракт, след което се добавят 4 ml дестилирана вода и 0.3 cm^3 5% $NaNO_2$. След престой на реакционната смес от 5 min се прибавят 0.3 cm^3 10% $AlCl_3$ и след 6-та минута 2 cm^3 1M NaOH. За постигане на крайния обем от 10 ml се добавя дестилирана вода. Разтворът се хомогенизира и се измерва абсорбцията при 510 nm срещу празна проба. Общото съдържание на флавоноиди в пробите се изразява като

милиграми катехин еквиваленти на килограм (mg CE/kg);

- **определяне съдържанието на антоцианини** по класическия рН диференциален метод (АОАС, 2005). Съдържанието се представя като милиграми цианидин-3-гликозид еквиваленти на килограм (mg CGE/kg);

- **определяне способността за абсорбция на токсични метали** чрез измерване на остатъчното съдържание на As, Cd и Pb в моделен разтвор, съдържащ 4mg/l Pb, As и Cd в 4% HNO_3 . Елементният състав на моделния разтвор е определен чрез валидиран в ИИРХ метод мултиелементен анализ чрез ICP-OES. Резултатите се представят в процент понижение.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИИ

Резултатите за съдържанието на биологично активни компоненти и антиоксидантна активност са представени на таблици 1-10.

Таблица 1. Съдържание на сухо вещество при съхранение в охладено състояние в единици процент

проба	ден 1	+/-	ден 3	+/-	ден 7	+/-
чесън пресен зелена част	15,05	0,7	15,67	0,6	16,77	0,9
чесън пресен бяла част	28,95	2,1	32,15	2,8	35,53	2,6
лук пресен зелена част	6,57	0,7	7,67	0,5	8,8	0,6
лук пресен бяла част	11,08	0,8	12,23	1,1	13,1	0,9
лук зрял червена люспа	11,2	0,5	12,5	0,8	13,7	0,6
лук зрял жълта люспа	11,1	0,8	12,3	0,9	13,5	0,7

Таблица 2. Съдържание на флавоноиди в единици милиграм катехин, еквиваленти на килограм (mgEC/kg) при съхранение в охладено състояние

проба	ден 1	+/-	ден 3	+/-	ден 7	+/-
лук зрял червена люспа	50	2	42	2	15	2
лук зрял жълта люспа	90	2	51	2	58	2

Таблица 3. Съдържание на полифеноли / редуцираща способност в единици милиграм галова киселина еквиваленти (mgGAE/kg) при съхранение в охладено състояние

проба	ден 1	+/-	ден 3	+/-	ден 7	+/-
чесън пресен зелена част	475	2,5	390	6,5	325	7,5
чесън пресен бяла част	1275	2,5	960	4	800	2,5
лук пресен зелена част	925	2,5	845	3,5	750	5
лук пресен бяла част	450	2,5	425	5,5	410	3,5
лук зрял червена люспа	2075	10	1890	2,5	1725	5
лук зрял жълта люспа	1625	27,5	1150	20	950	2,5

Таблица 4. Съдържание на антоцианини при съхранение в охладено състояние

проба	ден 1	+/-	ден 3	+/-	ден 7	+/-
лук зрял червена люспа	4590	50	3170	50	1920	30

Таблица 5. Радикалоулавяща способност в единици микромола тролокс еквиваленти на килограм ($\mu\text{molTE/kg}$) при съхранение в охладено състояние

проба	ден 1	+/-	ден 3	+/-	ден 7	+/-
чесън пресен зелена част	0,65	0,1	0,69	0,1	0,78	0,1
чесън пресен бяла част	0,91	0,1	1,14	0,1	1,25	0,1
лук пресен зелена част	0,23	0,1	0,32	0,1	0,42	0,1
лук пресен бяла част	0,28	0,1	0,37	0,1	0,56	0,1
лук зрял червена люспа	3,26	0,1	2,59	0,1	2,01	0,1
лук зрял жълта люспа	1,22	0,1	1,23	0,1	1,13	0,1

Таблица 6. Хелатираща способност в единици процент понижение при съхранение в охладено състояние

проба	ден 1	+/-	ден 3	+/-	ден 7	+/-
лук зрял червена люспа	5,6	0,2	5,4	0,2	5,3	0,2
лук зрял жълта люспа	3,3	0,2	3,1	0,2	2,8	0,2

Таблица 7. Способност за инхибиране на липидната оксидация в единици процент понижение при съхранение в охладено състояние

проба	ден 1	+/-	ден 3	+/-	ден 7	+/-
чесън пресен зелена част	13	0,2	13,9	0,2	15,1	0,2
чесън пресен бяла част	12,5	0,2	10,7	0,2	8,8	0,2
лук пресен зелена част	7,8	0,2	8,2	0,2	8,6	0,2
лук пресен бяла част	7,1	0,2	8,8	0,2	10,5	0,2
лук зрял червена люспа	8,8	0,2	8,5	0,2	8,1	0,2
лук зрял жълта люспа	7,2	0,2	6,9	0,2	6,5	0,2

Таблица 8. Абсорбция на кадмий в единици процент понижение при съхранение в охладено състояние

проба	ден 1	+/-	ден 3	+/-	ден 7	+/-
лук зрял червена люспа	5,63	0,1	2,99	0,1	2,9	0,1
лук зрял жълта люспа	6,41	0,1	3,46	0,1	2,1	0,1

Таблица 9. Абсорбция на арсен в единици процент понижение при съхранение в охладено състояние

проба	ден 1	+/-	ден 3	+/-	ден 7	+/-
лук зрял червена люспа	13,6	0,6	8,1	0,4	5,4	0,6
лук зрял жълта люспа	8,2	0,5	5,9	0,2	4,5	0,5

Таблица 10. Абсорбция на олово в единици процент понижение при съхранение в охладено състояние

проба	ден 1	+/-	ден 3	+/-	ден 7	+/-
лук зрял червена люспа	7,9	0,4	8,5	0,4	9,2	0,5
лук зрял жълта люспа	2,8	0,3	2,1	0,4	3	0,4

При разглеждане на получените резултати се вижда, че съдържанието на сухо вещество закономерно се увеличава, а съдържанието на биологично активни вещества и повечето параметри на антиоксидантната активност понижават стойността си равномерно по време на съхранение. Особено драстично е понижаването съдържанието на антоцианини, чието съдържание се понижава над два пъти. Отклонение от тенденцията се наблюдава при радикалоулавящата способност, както и при способността за инхибиране на липидна оксидация на пресните чесън и лук, както зелена, така и бяла фракция, с изключение на чесън бяла фракция, който повишава радикалоулавящата си способност, но понижават способността за инхибиране на липидна оксидация. Обяснението на този ефект вероятно е основано на трансформиране на сярсодържащите съединения в следствие на разрушаване на клетъчната обвивка, което при смилане или ситно нарязване протича за кратко време, но при съхранение на едро нарязани парчета вероятно клетъчните структури плавно деградират с времето и освобождават цистеин сулфоксиди, които ензимните системи превръщат в тиосулфинати с повишена антиоксидантна активност (Benkeblia, 2007). При изследваните от нас образци пресни лук и чесън площта на разреза е значително по-малка от тази при нарязване на луковичите зрял лук, което вероятно е причина процесът на образуване на тиосулфинати да е практически завършил до момента на вземане на проба, докато при нарязаните пресни лук и чесън процесът да продължава през целия наблюдаван период. Показателно за горния извод е и по-слабо изразеното повишение на радикалоулавящата способност при бялата фракция, при която разрезът заема относително по-голяма площ от този при зелената фракция. Наблюдаването на този ефект само при данните от радикалоулавящата способност и способността за инхибиране на липидната оксидация, но не и при данните за хелатираща способност и редуцираща способност, вероятно показва сравнима хелатираща способност на двата типа сярсодържащи съединения, сулфоксиди и тиосулфинати, както и относително по-ниската чувствителност на метода на Фолин-Чиколте към сярсодържащи съединения в сравнение с чувствителността към фенолни съединения, които са другият основен редуктор в луковите зеленчуци. Горните наблюдения са показателни за преобладаващо въздействие на тиосулфинатите, като радикалоулавящи антиоксиданти, и на радикалоулавящата способност, като доминиращ стадий при процеса на инхибиране на липидна оксидация за пресните лук бяла и зелена фракция и чесън зелена фракция, и доминиране на

хелатообразуващата активност и редуциращата способност при чесън бяла фракция, който понижават способността си за инхибиране на липидна оксидация въпреки повишаване на радикалоулавящата способност.

ИЗВОДИ

1. При съхранение в охладено състояние на пресни лук и чесън, както и на луковичи зрял лук, съдържанието на биологично активни вещества се понижават с увеличаване продължителността на съхранение. Особено драстично е понижението в съдържанието на антоцианини при зрелия лук с червена люспа. Като следствие на това понижение се понижават и антиоксидантната активност на нарязания зеленчук.
2. Начинът на нарязване, и по-конкретно площта на разреза, се отразява забележимо на процесите в нарязания лук. С минимизиране площта на разреза се понижават скоростта на деградация на клетките и следователно се отразява благоприятно върху склонността за съхранение на биологичната стойност на зеленчуците.

Литература

1. Танчев, С., Обща технология, 1984, Пловдив, България, издателство „Христо Г. Данов“ – Пловдив.
2. Adsul, M.G., Bastawde, K.B., Varma, A.J., Gokhale, D.V. 2007. Strain improvement of *Penicillium janthinellum* NCIM 1171 for increased cellulose production. *Bioresource Technology*, 98 (2): 1467-14732.
3. AOAC Official Method 2005.02 “Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content of Fruit Juices, Beverages, Natural Colorants, and Wines” с 2006 AOAC INTERNATIONAL.
4. Benkeblia N, Lanzotti V,: (2007) Allium Thiosulfinates: Chemistry, Biological Properties and their Potential Utilization in Food Preservation, *Food* 1(2), 193-201 2007 Global Science Books.
5. Bonaccorsi P., C. Caristi, C. Gargiulli, U. Leuzzi (2008): Flavonol glucosides in *Allium* species: a comparative study by means of HPLC-DAD-ESI-MS-MS. *Food Chemistry*, 107, 1668-1673.
6. Brand – Williams, W., M. Cuvelier, C. Berst, (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel Wissenschaft and Technologie* (28): 25-30.
7. Caridi, D., Trenerry, V. C., Rochfort, S., Duong, S., Laughner, D., & Jones, R. (2007). Pro ling and quantifying quercetin glucosides in onion (*Allium cepa* L.) varieties using capillary zone electrophoresis and high performance liquid chromatography. *Food Chemistry*, 105, 691–699.
8. Cisneros-Zevallos L. (2003): The use of controlled post-harvest abiotic stresses as a tool for enhancing the nutraceutical content and adding-value to fresh

- fruits and vegetables. *Journal of Food Science*, 68 (5), 1560-1565.
9. Ewald C., S. Fjelkner-Modig, K. Johansson, I. Sjöholm, B. Akesson (1999): Effect of processing on major flavonoids in processed onions, green beans, and peas. *Food Chemistry*, 64 (2), 231-235.
10. Ferreres F., M. Gil, F. Tomás-Barberán (1996): Anthocyanins and flavonoids from shredded red onion and changes during storage in perforated films. *Food Research International*, 29 (3-4), 389-395.
11. Gorinstein S., J. Drzewiecki, H. Leontowicz, M. Leontowicz, K. Najman, Z. Jastrzebski *et al.* (2005): Comparison of the bioactive compounds and antioxidant potentials of fresh and cooked Polish, Ukrainian, and Israeli garlic. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 2726-2732.
12. Griffiths G., L. Trueman, T. Crowther, B. Thomas, B. Smith (2002): Onions – A global benefit to health. *Phytotherapy Research*, 16 (7), 603-615.
13. Heredia B., L. Cisneros-Zevallos (2009): The effect of exogenous ethylene and methyl jasmonate on PAL activity, phenolic profiles and antioxidant capacity of carrots (*Daucus carota* L.) under different wounding intensities. *Postharvest Biology and Technology*, 51 (2), 242-249.
14. Hertog M., P. Hollman, D. Venema (1992): Optimization of a quantitative HPLC determination of potentially anticarcinogenic flavonoids in vegetables and fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 1591-1598.
15. Kang H. M., M. E. Saltveit (2002): Antioxidant capacity of lettuce leaf tissue increases after wounding. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (26), 7536-7541.
16. Lee S. U., J. H. Lee, S. H. Choi, J. S. Lee, M. Ohnisi-Kameyama, N. Kozukue, *et al.* (2008): Flavonoid content in fresh, home-processed, and light-exposed onions and in dehydrated commercial onion products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 8541-8548.
17. Ly T. N., C. Hazama, M. Shimoyamada, H. Ando, K. Kato, R. Yamauchi (2005): Antioxidative compounds from the outer scales of onion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 8183-8189.
18. Makris D. P., J. T. Rossiter (2001): Domestic processing of onion bulbs (*Allium cepa*) and asparagus spears (*Asparagus officinalis*): effect on flavonol content and antioxidant status. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 3216-3222.
19. Martínez J. A., S. Sgroppo, C. Sánchez-Moreno, B. De Ancos, M. P. Cano (2005): Effects of processing and storage of fresh-cut onion on quercetin. *ISHS Acta Horticulturae*, 682. (V International Postharvest Symposium).
20. Mateos M., D. Ke, M. Cantwell, A. Kader (1993): Phenolic Metabolism and ethanolic fermentation of intact and cut lettuce exposed to CO₂-enriched atmospheres. *Postharvest Biology and Technology*, 3, 225-233.
21. Moskaug J., H. Carlsen, M. Myhrstad, R. Blomhoff (2004): Molecular imaging of the biological effects of quercetin and quercetin-rich foods. *Mechanisms of Ageing and Development*, 125, 315-324.
22. Nuutila A. M., R. Puupponen-Pimia, M. Aarni, K.-M. Oksman-Caldentey (2003): Comparison of antioxidant activity of onion and garlic extracts by inhibition of lipid peroxidation and radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 81, 485-493.
23. Rodrigues A. S., M. R. Pérez-Gregorio, M. S. García-Falcón, J. Simal-Gándara (2009): Effect of curing and cooking on flavonols and anthocyanins in traditional varieties of onion bulbs. *Food Research International*, 42 (9), 1331-1336.
24. Rodrigues A. S., M. R. Pérez-Gregorio, M. S. García-Falcón, J. Simal-Gándara, D. Almeida (2010): Effect of post-harvest practices on flavonoid content of red and white onion cultivars. *Food Control*, 21 (6), 878-884.
25. Rodrigues A. S., M. R. Pérez-Gregorio, M. S. García-Falcón, J. Simal-Gándara, D. Almeida (2011): Effect of meteorological conditions on antioxidant flavonoids in Portuguese cultivars of white and red onions. *Food Chemistry*, 124 (1), 303-308.
26. Singleton, V. L., Rossi J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* 16, 144-158.
27. Slimestad R., T. Fossen, I. Vegén (2007): Onions: a source of unique dietary flavonoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 10067-10080.
28. Tudela J. A., E. Cantos, J. C. Espín, F. A. Tomás-Barberán, M. I. Gil (2002): Induction of antioxidant flavonol biosynthesis in fresh-cut potatoes. Effect of domestic cooking. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (21), 5925-5931.