الفصل السابع

صفات الجودة والعيوب الفسيولوجية

الحرافة وعلاقتها بصفات الجودة الأخرى

تعد الحرافة من أهم الصفات المميزة للبصل، وهى صفة تتوقف على محتوى الأبصال من المواد الكبريتية القابلة للتطاير، وترتبط إيجابيًا معها، كما أنها ترتبط إيجابيًا كذلك بمحتوى الأبصال من المادة الجافة، علمًا بأن المواد الكبريتية القابلة للتطاير - المسئولة عن الحرافة - تشكل جزءًا من المادة الجافة، وتزيد بزيادتها.

وقد وجد أن الحرافة تزداد بزيادة مقدرة الأبصال على التخزين، وبزيادة فترة التخزين، إلا أن ذلك يرتبط بنسبة المادة الجافة؛ إذ تزيد قدرة الأبصال على التخزين بزيادة محتواها من المادة الجافة، كما أن الفقد الرطوبى الذى يحدث أثناء التخزين يؤدى إلى زيادة نسبية فى نسبة المادة الجافة.

ولايمكن الفصل بين حرافة البصل وطعمه أو نكهته المميزة؛ فالمركبات المسئولة عن الحرافة هى ذاتها المركبات التى تُكسب البصل طعمه ونكهته المميزتين، وهى كذلك التى تُكسب البصل خاصية إسالة الدموع.

تمثيل المركبات المسئولة عن النكهة والحرافة

تعتبر النكهة المميزة للبصل صفة وراثية تتحدد أساسًا بواسطة الصنف، ولكنها تتأثر كذلك بالعوامل البيئية. ويعد مستوى الكبريت فى التربة من العوامل الهامة المؤثرة فى النكهة وفى تمثيل الكبريت فى النبات. ويكون امتصاص البصل للكبريت على صورة أيون الكبريتات SO_4^{-2}، الذى ينتقل إلى الأوراق، ليختزل إلى سلفيت، ثم لتُمثَّل إلى سيستين cysteine. ويعتقد أن الجلوتاثيون glutathione - وهو سيستين ثلاثى الببتيد cystein tripeptide - هو نقطة البداية للمسارات الأيضية التى تؤدى فى

نهاية الأمر إلى تكوين بادئات النكهة. كما قد يعمل الجلوتاثيون كمخزن مؤقت للكبريت المختزل.

وتتوقف شدة النكهة والحرافة على عديد من الأحماض الأمينية الكبريتية غير البروتينية، وهى التى يطلق عليها مجتمعة S-alk(en)yl cystein sulfoxides (اختصارًا : $ACSO_3$). يعمل إنزيم الأليينيز alliinase على هذه المركبات بعد جرح وتمزيق الخلايا؛ ليعطى المركبات الكبريتية المسئولة عن نكهة البصل (عن Kopsell & Randle ١٩٩٧).

وأولى المركبات تكونًا من الجلوتاثيون هى الـ gamma glutomylpeptides، وهى التى تتأكسد وتتحلل لتعطى مختلف بادئات الطعم، التى يمكن أن تشكل ٤٪ من الوزن الجاف للبصل (عن Randle وآخرين ١٩٩٣). هذا إلا أن دراسات Edwards وآخرين (١٩٩٤) أوضحت أن الـ gama-glutamyl peptides ليست هى المركبات البادئة المباشرة لبادئات النكهة (الـ S-alkeny-L-cystein sulfoxides). وتخزن معظم هذه المركبات داخل الشبكة الإندوبلازمية.

يتواجد إنزيم أليينيز alliinase فى الفجوات العصارية لخلايا البصل، بينما تتواجد بادئات النكهة فى السيتوبلازم داخل حويصلات vesicles (يعتقد بأنها الشبكة الإندوبلازمية)، ولاتحدث التفاعلات التى تؤدى إلى تكوين المركبات المسئولة عن النكهة المميزة للبصل إلا بعد جرح الخلايا وتمزيقها وتحرر الإنزيم من الفجوات العصارية واختلاطه ببادئات النكهة. ويفسر ذلك عدم احتواء الأبصال التى تطهى كاملة دون الإضرار مسبقًا بأنسجتها على تلك المركبات، حيث يتلف فيها الإنزيم بفعل حرارة الطهى قبل أن يصبح على اتصال ببادئات الطعم (عن Lancaster & Boland ١٩٩٠).

وتتكون النكهة المميزة للبصل - كما أسلفنا - من تحلل عديد من المركبات البادئة عقب تمزق الخلايا، وهى المركبات التى تعرف - مجتمعة - باسم S-alk(en)yl cystein sulfoxides، والتى تعطى عند تحللها tripropanal-S oxide (المركب المسيل للدموع)، وحامض البيروفيك Pyruvate، وأمونيا، وذلك عقب اتصالها - أى المركبات البادئة - بالإنزيم أليينيز alliinase. ولاتكون المركبات الكبريتية القابلة للتطاير (المركبات البادئة) ثابتة، حيث تتغير إنزيميًا معطية نحو ٨٠ مركبًا تم التعرف عليها. وقد وجد أن الارتباط عالٍ بين شدة الحرافة ومحتوى الأبصال من حامض البيروفيك، الذى يعتبر دليلاً جيدًا على حرافة الأبصال ونكهتها (عن Randle ١٩٩٢).

وبتفصيل أكبر .. تتكون بادئات المركبات المسئولة عن النكهة المميزة للبصل من مشتقات الـ cystein sulfoxide لمجموعات المثيل (methyl) والأليل allyl، والبروبنيل propenyl، والبروبيل propyl .

$$R - \underset{\underset{O}{|}}{S} - CH_2 - CH - (NH_2)\ COOH$$

حيث أن R هى أى من مجموعات الألكيل alkayl أو الأليل allyl : CH_3 ، و C_3H_5 ، و C_3H- ، و $(CnH_2n\text{-}1)$ ، و $(C_nH_{2n}+1)$ ... إلخ. وتعرف هذه الأحماض الأمينية باسم أليينات alliins. ويحتوى البصل على إنزيم يعرف باسم أليينيز alliinase، يوجد فى الفجوات العصارية، ويتحرر بعد جرح وتمزق خلايا النبات؛ ليحول الأليينات – التى تتواجد فى السيتوبلازم – إلى أكاسيد ثنائى الكبريت، وهى مركبات من طراز الأليسين allicin-type compounds، كما يلى:

$$2R - \underset{\underset{O}{|}}{S} - CH_2CH(NH_2)\ COOH \xrightarrow{alliinase} R_1 - \underset{\underset{O}{|}}{S} - S - R_2 + 2NH_3 + 2CH_3CO - COOH$$

allicin

فإذا كانت R هى: CH_3 ، أو C_3H_5 ، أو C_3H_7 ... إلخ؛ فإن الأليسين سيكون خليطاً من مركبات مختلفة، مثل: الـ methyl propyl، و allyl propyl، والـ propenyl propyl ...إلخ، كما يلى:

methyl cysteine sulfoxide + propyl cysteine sulfoxide ⟶
methyl propyl sulfide sulfoxide + ammonia + pyruvic acid

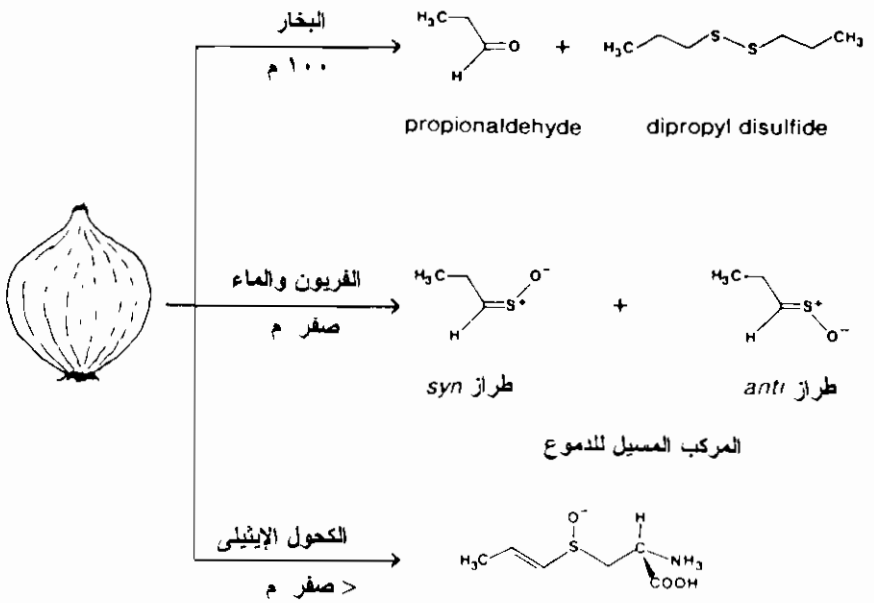
وقد يُعاد تشكيل تلك المركبات التى من طراز الأليسين إلى مركبات الـ disulfides، والـ thiosulfonates ، كما يلى (عن Augusti ١٩٩٠):

$$2R_1 - \underset{\underset{O}{|}}{S} - S - R_2 \rightarrow R - S - S - R_2 + R_1 - \overset{\overset{O}{|}}{\underset{\underset{O}{|}}{S}} - S - R_2$$

وعندما يعمل إنزيم الأليينيز alliinase على بادئات الطعم، تتكون أحماض سلفينية sulfenic acids ، وأمونيا، و حامض بيروفيك. وهذه الأحماض السلفينية شديدة التفاعل، حيث تدخل

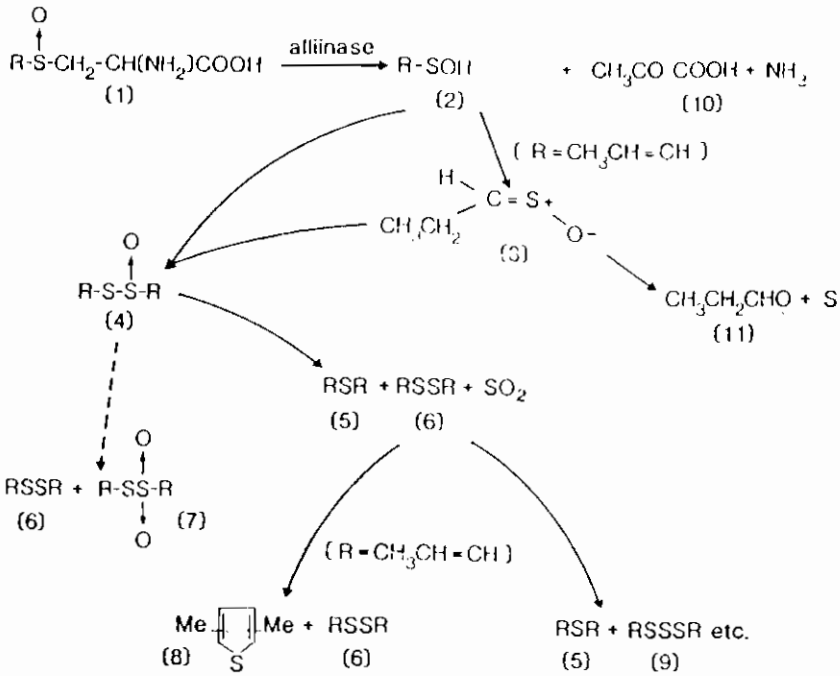
بمجرد تكوينها فى تفاعلات تؤدى إلى إعادة تشكيلها فى صور عديدة لمركبات قابلة للتطاير تتوقف ماهيتها على الظروف التى تمر بها الأنسجة عقب تمزق خلاياها (شكل ٧-١)؛ الأمر الذى يترتب عليه اختلاف النكهة بين البصل الطازج، والبصل المقلى (المحمر) على سبيل المثال:

وبعد تكوّن الـ l-propenyl sulfenic acid، فإنه يتشكل تلقائيًا وفوريًا إلى المركب المسيل للدموع thiopropanal S-oxide .



شكل (٧-١) : تتوقف نوعية المركبات الكبريتية المستخلصة من البصل على ظروف الاستخلاص. ويبين الشكل المركبات التى يتوقع الحصول عليها عند إجراء الاستخلاص بالبخار على ١٠٠ م (التفاعل العلوى)، وبغاز الفريون والماء على درجة الصفر المئوى (التفاعل الأوسط) – حيث ينتج المركب المسيل للدموع بصورتيه – وبالكحول الإيثيلى على حرارة تحت الصفر المئوى (التفاعل السفلى)، حيث يتكون بادئ المركب المسيل للدموع، الذى يتحول إنزيميًا إلى المركب المسيل للدموع (عن Brewster ١٩٩٤).

ويبين شكل (٧-٢) مسارات التفاعلات الإنزيمية التى تؤدى إلى تمثيل المركبات الكبريتية القابلة للتطاير فى البصل .



شكل (٧-٢): مسارات التفاعلات الإنزيمية التى تؤدى إلى تمثيل المركبات الكبريتية القابلة للتطاير فى البصل، وهى كما يلى:

(1) S-alk(en)yl cysteine sulfoxide
(2) S-alk(en)yl sulfenic acid
(3) thiopropanal S-oxide
(4) thiosulfinate
(5) monosulfide
(6) disulfide
(7) thiosulfonate
(8) dimethy thiophene
(9) trisulfide
(10) pyruvate
(11) propanal

R = methyl [CH_3], propyl [C_3H_7], or propenyl [CH_3-CH=CH].

أنواع المركبات المسئولة عن النكهة التى أمكن التعرف عليها

بلغ عدد المركبات القابلة للتطاير التى أمكن التعرف عليها فى البصل الطازج والمستخلص بالبخار أكثر من ٨٠ مركبا، كما يلى (عن Lancaster & Boland ١٩٩٠):

Thiosulfinates

Dimethyl thiosulfinate
Dipropyl thiosulfinate
Diallyl thiosulfinate
Methyl methane thiosulfinate
Propyl methane thiosulfinate
Propyl propane thiosulfinate
Methyl propyl thiosulfinate
Methyl allyl thiosulfinate
Allyl propenyl thiosulfinate
Propyl propenyl thiosulfinate

Monosulfides

Dimethyl sulfide
Diallyl sulfide
Methyl allyl sulfide
Dipropenyl sulphide (3 isomers)
Allyl propyl sulfide
Methyl propenyl sulfide (2 isomers)
Propyl propenyl sulfide (2 isomers)

Disulfides

Dimethyl disulfide
Dipropyl disulfide
Diallyl disulfide
Dipropenyl disulfide
Methyl propyl disulfide
Allyl propyl disulfide
Methyl allyl disulfide
Isopropyl propyl disulfide
Methyl propenyl disulfide
Propyl propenyl disulfide
(cis and trans)

Trisulfides

Dimethyl trisulfide
Dipropyl trisulfide
Diallyl trisulfide
Methyl allyl trisulfide
Propyl allyl trisulfide
Methyl propenyl trisulfide (2 isomers)
Methyl propyl trisulfide
Propyl proenyl trisulfide (2 isomers)
Diisopropyl trisulfide
Isopropyl propyl trisulfide

Tetrasulfides

Dimethyl tetrasulfide
Diallyl tetrasulfide

Thiosulfonates

Methyl methane thiosulfonate
Propyl methane thiosulfonate
Propyl propane thiosulfonate

Thiophene derivatives

2,5-Dimethyl thiophene
2,4-Dimethyl thiophene
3,4-Dimethyl thiophene
3,4-Dimethyl-2,5-dihydrothiophen-2-one

Thiols

Methanethiol
Ethanethiol
Propanethiol

Allyl propenyl disulfide	2-Propene-1-thiol
	2-Hydroxy propanethiol
Sulfenic acids	Carbonyl compounds
Propenyl sulfenic acid	Propanal
Allyl sulfenic acid	2-Methylpentanal
Propyl sulfenic acid	2-Methyl-pent-2-enal
Methyl sulfenic acid	Butanal
Thiopropanal S-oxide	2 Methyl butanal
	2 Methyl but-2-enal

وقد قام Ueda وآخرون (١٩٩) بتعريف المركبات الكبريتية فى مستخلص أبصال البصل فى الإيثانول، حيث كانت:

Trans-(+) - S-Propenyl-L-cysteine (PeCSO)

gamma-Glu-PeCSO

وكان أهم المركبات الكبريتية فى مستخلص أبصال البصل فى الماء المغلى، هو:

cycloalliin (3-(S)-methyl-1,4-thiazane-5-(R)-carboxylic acid-(S)-oxide

ومن أبرز المركبات التى تعرف عليها Kallio & Salorinne (١٩٩٠) فى البصل التى تهتكت أنسجته وخلاياه، مايلى :

Dipropyl disulfide

Methyl propyl disulfide

1-propenyl propyl disulfides (E and Z)

methyl 1-propenyl disulfides (E and Z)

1-propanethiol

dipropyl trisulfide

methyl propyl trisulfide

2-methyl propyl-2-pentenal

S-propyl thioacetate

3-ethyl-1,2-dithi-5-ene

3-ethyl-1,2-dithi-4-ene

وقد وجدت بعض الاختلافات فى المركبات المتطايرة بين البصل، ومحاصيل الخضر الأخرى التابعة للجنس *Allium*، إلا أن أكثر هذه الاختلافات كانت كمية (Stevens ١٩٧٠).

علاقة شدة حرافة البصل بمراحل نموه وتطوره

لاتحتوى بذور البصل على أية تركيزات يُعتَّد بها من بادئات الطعم، أو أى نشاط لإنزيم الأليينيز، ولكنها تحتوى على كميات كبيرة من الـ gamma-glutamyl peptides. وما أن يبدأ الإنبات وتظهر الورقة الفلقية إلاّ ويزداد سريعًا نشاط إنزيم الأليينيز ، ليصل إلى أعلى مستوى له فى خلال ١٥-٢٠ يومًا من بداية الإنبات، ويحدث سلوك مماثل لذلك تقريبًا فى مستوى بادئات النكهة، التى يعتمد تكوينها فى البداية على مخزون الـ gamma-glutamyl peptides المخزونة فى البذور، ثم على نواتج التمثيل بعد ظهور الورقة الفلقية.

ويتم تمثيل بادئات النكهة فى أنصال الأوراق، ثم تنتقل منها إلى قواعد الأوراق المتشحمة التى تتكون منها البصلة. وتكون الأوراق الحديثة أنشط فى تمثيل بادئات النكهة عن الأوراق المسنة. ويستمر تراكم بادئات النكهة فى الأبصال أثناء النمو الخضرى، ثم ينخفض مستواها قليلاً وتدريجيًا أثناء نضج الأبصال.

ويصاحب تزريع الأبصال أثناء تخزينها زيادة كبيرة فى محتواها من بادئات النكهة (عن Lancaster & Boland ١٩٩٠).

العوامل المؤثرة فى حرافة الأبصال

تتأثر شدة حرارة الأبصال بعديد من العوامل ، من أهمها ما يلى :

الصنف

تتباين أصناف البصل كثيرًا فى شدة حرافتها ونكهتها. وقد قدر مستوى النكهة - بطرق مختلفة - لأكثر من ٥٠ صنفًا من البصل. وتعد طريقة تقدير مستوى حامض البيروفيك هى الطريقة المفضلة نظرًا لسهولتها. ومن أكثر الأصناف حرافة تلك التى رُبِّيتْ لأجل المحتوى المرتفع من المادة الجافة أو للتصنيع، مثل ديزو Dehyso، ومن أقلها حرافة بعض الأصناف اليابانية، والأصناف التى من طراز إيرلى جرانو Early Grano. ويصل الفارق فى شدة الحرافة نحو عشرة أضعاف بين أقل الأصناف حرافة وأشدها حرافة.

ويظهر التباين فى شدة الحرافة – المقدرة بطرق مختلفة – واضحًا فى القائمة التالية:

الصنف	حامض البيروفيك (ميكرومول/جم وزن طازج)	Thiopropanal S-oxide (ميكرومول/جم وزن طازج)	الكبريت القابل للتطاير (جزء فى المليون)	بادئات النكهة (ميكرومول/جم وزن طازج)
Rijnsburger	8-18, 8.5	33.1	--	--
Express Yellow OX	3, 5.8	35.1	--	--
Extra Early Kaizuka	3	--	--	--
Imai Early Yellow	2	--	--	--
Buffalo	4-9	--	--	--
Granex 33 Hybrid	7-8	--	--	--
Keepwell	11	--	--	--
Senshyu Semi-globe Yellow	4-8,6.4	37.3	--	--
Ebenezer	12	--	156	--
Giant Zittau	3	--	--	--
Australian Brown	10	--	--	--
Excellent	11	--	--	--
Hyduro	10-15	--	--	--
Hygro	8-17	--	--	--
Revro	9	--	--	--
Solidor	11-12	--	--	--
Mammoth Red	9-20	--	--	--
Brown Beauty	11-12	--	--	--
Downings Yellow Globe	10	--	--	--
Early Yellow Globe	10	--	94	--
Espagnol	9	--	--	--
Granada	11	--	--	--
Topaz	12	--	--	--
Vela	10	--	--	--
Yellow Sweet Spanish	2-11	--	--	--
Ailsa Craig	11-16	--	--	--
Brunswick	10	--	--	--
Southport red Globe	9-18	--	--	--
Red Torpedo	9	--	--	--
White Portugal	13-15	--	--	--
Perecto Blanco	7	--	--	--

الصنف	حامض البيروفيك (ميكرومول/جم وزن طازج)	Thiopropanal S-oxide (ميكرومول/جم وزن طازج)	الكبريت القابل للتطاير (جزء فى المليون)	بادئات النكهة (ميكرومول/جم وزن طازج)
Sunburn	9	32.9	--	--
Miracle	10.4	39.0	--	--
Tropic Ace	9.3	32.7	--	--
Amber Express	7.4	37.3	--	--
Dragon Eye	9.0	46.6	--	--
Pukekohe Longkeeper	--	--	--	8-21
Dehyso	--	--	--	21.7
Sapporo Yellow	--	--	--	8.7
Early Longkeeper	--	--	--	6-27
Early Grano	--	--	68	--
Yellow Bermuda	--	--	72	--
Crystal Wax	--	--	97	--
White Creole	--	--	129	--
Red Creole	--	--	155	--
Brigham Yellow Globe	--	--	117	--
Yellow Globe Danvers	--	--	124	--
Utah Sweet Spanish	--	--	98	--
Mountain Danvers	--	--	126	--
Red Wethersfield	--	--	123	--
Californian Red	--	--	--	3-7
Storage Red	--	--	--	11
Southport White Globe	--	--	--	10

الرطوبة الأرضية

تقل الحرافة مع زيادة الرى أو كثرة الأمطار.

درجة الحرارة

تزداد الحرافة مع ارتفاع درجة الحرارة حتى ٢٧°م.

قوام التربة

تقل الحرافة فى الأراضى الخفيفة عنها فى الأراضى الثقيلة.

مستوى الكبريت في بيئة الزراعة

وجد أن حرافة الأبصال، ومحتواها من الكبريت والمركبات الكبريتية القابلة للتطاير تزداد بزيادة مستوى التسميد بالكبريت (عن Randle & Bussard ١٩٩٣)، وبالأسمدة التى تحتوى على الكبريت، مثل كبريتات الكالسيوم، وكبريتات الأمونيوم وصاحبت زيادة الكبريتات فى المحاليل المغذية إلى ٣ مللى مكافئ/لتر زيادة فى قوة النكهة الخاصة بالبصل من ضعيفة إلى قوية، ومحتوى الأبصال الكلى من الكبريت من ٠,٠١٪ إلى ٠,٥٪، ومن الحرافة (المقدرة على أساس تركيز حامض البيروفيك) من ٠,٦ إلى ٩,٢ مولاً/مل من عصير البصل (عن Randle وآخرين ١٩٩٣).

كذلك أوضحت دراسات Randle وآخرون (١٩٩٤) أن زيادة تركيز الكبريت فى المحاليل المغذية التى ينمو فيها صنف البصل ثوث بورت هوايت جلوب من ٠,١ إلى ٣,١ مللى مكافئ/لتر صاحبتها زيادة خطية فى تركيز كل من المركبات التالية:

methyl, n-propyl thiosulphinate

methyl, 1-propenyl thiosulphinate

cis-zwiebelane

trans-zwiebelane

كما ازداد تركيز المركب المسيل للدموع، وازدادت نسبة الـ thiosulphinate + الـ zwiebelanes إلى المركب المسيل للدموع بزيادة مستوى الكبريت فى المحلول المغذى. ولاشك أن التغيرات التى تحدث فى تركيز هذه المركبات مع التسميد الكبريتى يمكن أن تؤثر على النكهة المميزة للبصل.

ووجد Randle (١٩٩٢) تبايناً بين أصناف البصل فى قدرتها على امتصاص وتمثيل الكبريت، وفى درجة حرافتها فى المستويات المختلفة من العنصر.

كما وجد Randle وآخرون (١٩٩٣) اختلافات بين أصناف البصل فى محتوى أوراقها وأبصالها من عنصر الكبريت أثناء نموها، ولكنها تشابهت فى كيفية تراكم الكبريت فيها؛ ففى جميع الأصناف .. ازداد تركيز الكبريت فى الأوراق خلال مراحل النمو الأولى حينما لم تكن الظروف محفزة للتبصيل، ولكن محتواها من العنصر انخفض مع تقدم التبصيل وحتى النضج، وذلك فى مستويىّ التسميد بالكبريت: المنخفض (٠,١ مللى مكافئ كبريت/لتر)، والمرتفع (٤,٠ مللى مكافئ كبريت/لتر). وكان

النقص فى محتوى الأوراق من الكبريت فى مستوى التسميد الكبريتى المنخفض أكبر مما فى المستوى المرتفع. وقد فقدت الأوراق التى تركت لتجف على النبات معظم محتواها من الكبريت، وخاصة فى مستوى التسميد الكبريتى المنخفض؛ الأمر الذى قد يؤثر على مدى تركيز النكهة فى الأبصال.

كذلك وجد Randle & Bussard (١٩٩٣) اختلافات كبيرة بين أصناف البصل فى مدى تأثرها بمستوى التسميد الكبريتى، وفى حرافة الأبصال ومحتواها من الكبريت ومختلف السكريات، فيما عدا الفراكتوز. وكان الارتباط ضعيفًا بين محتوى حامض البيروفيك المتكون إنزيميًّا ومحتوى الأبصال من الكبريت؛ مما يعنى تباين الأصناف فى توجيه الكبريت نحو تمثيله فى المركبات المسئولة عن النكهة المميزة لبصل والمركبات غير المسئولة عنها. كذلك كان الارتباط ضعيفًا بين حامض البيروفيك المتكون إنزيميًّا والمركبات الكربوهيدراتية القابلة للذوبان فى الماء؛ مما يعتقد معه بأن الحرافة والحلاوة تعملان مستقلين فى أصناف البصل.

ويبين شكل (٧-٣): تأثير محتوى التربة من الكبريت على محتوى البصل من مختلف المركبات الكبريتية القابلة للتطاير.

وتجدر الإشارة إلى أن أيون الكبريتات ينتقل إلى أعلى فى النبات مع تيار الماء المفقود بالنتح، كما ينتقل العنصر من الأوراق الأولى فى التكوين إلى الأوراق الأحدث منها (عن Randle وآخرين ١٩٩٣).

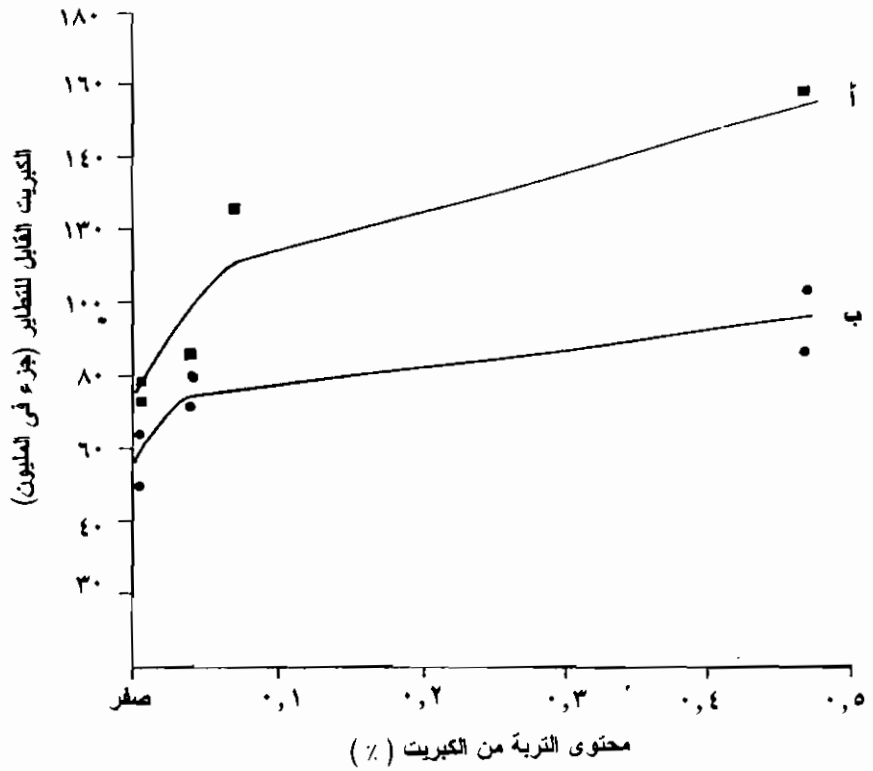
مستوى عنصر السيلينيم فى التربة

لأن كيمياء الكبريت والسيلينيم متقاربتين، فإن السيلينيم Se يمكن أن يحل محل الكبريت S فى النباتات؛ مما يسمح بتكوين نظائر للمركبات الكبريتية تحتوى على السيلينيم بدلاً من الكبريت. ففى البداية تُمتص السيلينات Selenate (أو SeO_4^{-2}) بواسطة الجذور عن طريق نفس الحاملات carries المسئولة عن امتصاص الكبريتات SO_4^{-2}. ويلى انتقال السيلينات إلى الأوراق اختزالها إلى سيلينيت Selinite (أو SeO_3^{-2})، حيث تمر بعد ذلك فى سلسلة من الاختزالات؛ لتكوّن سيلنيند Selenide، الذى يتحول إلى سيلينوسيستين selenocysteine. ويتنافس السيلنيند مع السلفيد sulfide على مواقع الإتصال بإنزيم cystein synthase؛ حيث يعمل السيلنيد على منع تكوين السيستين بتثبيط نشاط إنزيم cystein synthase، بينما يعمل السلفيد

على منع إنتاج السيلينوسيستين selenocysteine. ويكون التنافس بين الكبريتات والسيلينات كبيرا عندما يتواجد كلا الأيونين بتركيزات عالية.

هذا .. ويكون التركيز العالى للسيلينيم فى النسيج النباتى ساما للنبات.

ويكون السيلينيم مفيدًا للإنسان إذا تناوله فى الغذاء بما لايزيد عن ٤٠٠ ميكروجرام يوميًا، ولكنه يكون ساما للإنسان إذا تم تناوله بكميات أكبر من ذلك (عن Kopsell & Randle ١٩٩٧).



شكل (٧-٣): تأثير محتوى التربةمن الكبريت على محتوى البصلمن المركبات الكبريتية القابلة للتطاير: أ-صنف يلوبيرمودا Yellow Bermuda، ب- صنف يلو جلوب دانفرز Yellow Globe Danvers (عن Lancaster & Boland).

وقد وجد Kopsell & Randle (١٩٩٧) اختلافات بين أصناف البصل فى قدرتها على تخزين السيلينيم فى أنسجتها؛ حيث تراوح بين ٦٠ و ١١٣ ميكروجراما لكل جرام من الوزن الجاف. وأدت زيادة مستوى التسميد بالسيلينيم إلى زيادة امتصاص الأبصال لعنصر الكبريت وتخزينه فيها. وقد انخفضت حرافة الأبصال فى بعض الأصناف التى كانت نامية فى مستوى عالٍ من السيلينيم (٢,٠ ملليجرام من سيلينات الصوديوم Na_2SeO_4/لتر)، مقارنة بعدم التسميد بالعنصر؛ مما يدل على تأثر أيض الكبريت - المؤدى إلى تكوين بادئات النكهة الكبريتية - على الرغم من زيادة امتصاص الكبريت تحت هذه الظروف .

محتوى الأبصال من المادة الجافة

تتكون المادة الجافة فى الأبصال أساسًا من الألياف، والنشا، والسكريات ويعد المحتوى المرتفع من المادة الجافة ضروريًا فى حالتى التخزين لفترات طويلة، والتجفيف.

وتختلف نسبة المادة الجافة فى الأصناف المختلفة من البصل من ٤٪-٢٥٪ (Jones & Mann ١٩٦٣)، وهى تتراوح فى الأصناف المصرية كما يلى: الصعيدى: ٧-٨٪، والبحيرى وجيزة ٦: ١٠-١٣٪، وجيزة ٦ محسن: ١٢-١٤٪.

وقد أوضحت الدراسات التى أجريت فى المكسيك على صنفى البصل: ريو رنجو Rio Ringo، ونومكس NuMex - وكلاهما قصير النهار وذات أبصال صفراء - أن كل نقص قدره ١٪ فى نسبة المادة الصلبة الذائبة الكلية فى الأبصال صاحبته زيادة فى المحصول قدرها ٥,٥ طنًا للهكتار، علمًا بأن المحصول بلغ فى هذه الدراسة ١٠٨,١٥، و ٧٩,٢٢ طنًا للهكتار (٤٥,٤، و٣٣,٣ طن للفدان) على التوالى (Warid & Loaiza ١٩٩٤).

هذا .. ويزداد تركيز المادة الجافة بالأبصال من خارج البصلة نحو الداخل، ومن قمة البصلة نحو قاعدتها (مرسى وآخرون ١٩٧٣). ويوجد ارتباط كبير بين نسبة المادة الجافة فى البصلة، ونسبة المواد الصلبة الكلية المقدرة بالرفراكتومتر (McCollum ١٩٦٨).

وكما هو معروف فإن حرافة الأبصال تزداد بزيادة محتواها من المادة الجافة، وتعمل المركبات الكبريتية على إظهار وإبراز دور المركبات الكربوهيدراتية القابلة للذوبان فى الماء فى اختبارات التذوق. ولكن وجد Randle & Bussard (١٩٩٣) ارتباطًا سالبًا بين محتوى الأبصال من المادة الجافة ومحتواها من الكبريت.

كذلك يوجد ارتباط متوسط (r = ٠,٥٧) بين نسبة المواد الصلبة الذائبة والحرافة، وبين

نسبة المواد الصلبة الذائبة ونسبة المادة الجافة؛ الأمر الذى يمكن معه الاستدلال على شدة حرافة الأبصال بتقدير محتواها من المواد الذائبة باستعمال الرفراكتومتر.

وقد ازداد الإقبال كثيرًا فى السنوات الأخيرة على استهلاك البصل الحلو (غير الحريف)، ومن الأصناف الهامة الحلوة، والتى تؤكل طازجة فادليا Vadalia، وتكساس ١٠١٥ سويت Texas 1015 Sweet، ونومكس سويت NuMex Sweet، وجارزاليا سويت Garzalia Sweet.

ولكى يظهر الطعم الحلو فى أصناف البصل التى تؤكل طازجة فإن الحرافة يجب أن تكون فى أدنى مستوياتها، ويمكن تحقيق ذلك بإنتاج الأصناف قليلة الحرافة فى ظروف يقل فيها توفر الكبريت فى التربة. وقد وجد أن هذه الأصناف - التى ينخفض محتواها من المركبات الكربوهيدراتية القابلة للذوبان فى الماء - يمكن تقييمها بصورة أفضل بتقدير نسبة السكر: الحرافة عما لو قدر السكر أو الحرافة مستقلين (Vavrina & Smittle ١٩٩٣).

موعد الحصاد

تزداد الحرافة تدريجيًا مع تقدم النبات فى العمر حتى نضج الأبصال، وتكون الحرافة أعلى ما يمكن عندما تبدأ أوراق النبات فى التهدل لأسفل. ويؤدى ترك الأبصال فى الحقل بعد ذلك دون حصاد إلى نقص حرافتها (عن Shoemaker ١٩٥٣).

كذلك وجد Ashish Kalra وآخرون (١٩٩٥) زيادة مستمرة أثناء نمو الأبصال - وحتى تمام نضجها - فى محتواها من كل من: حامض البيروفيك الكلى، وحامض البيروفيك المنتج إنزيميًا والمنتج غير إنزيميًا، والكبريت، ونشاط إنزيم الأليينيز alliinase.

طرق تقدير المركبات المسئولة عن الحرافة وبادئاتها

تتنوع الطرق المستخدمة فى تقدير المركبات المسئولة عن النكهة المميزة للبصل وحرافته، حسب نوعية المركبات، كما يلى:

١ - المركب المسيل للدموع والثيوسلفينات:

يعرف المركب المسيل للدموع Lachrymator بالاسم الكيميائى Thiopropanol S-Oxide، وتعرف عدة طرق لتقدير هذا المركب ومركبات الثيوسلفينات thiosulfinates فى البصل التى تهتكت أنسجته وخلاياه. تعتمد الطريقة الأولى على خاصية تفاعل الثيوسلفينات مع السيستين

cystein لتكوين مشتقات السيستين، ثم فصل مشتقات السيستين لكل من المركب المسيل للدموع والثيوسلفينات بطريقة الطبقة الرقيقة الكروموتوجرافية Thin layer Chromatography (اختصارًا: TLC)، مع الكشف عنها بالننهيدرن ninhydrin عند طول موجه مقدارها ٥٧٠ نانومترًا.

وتعتمد الطريقة الثانية على خاصية تفاعل المركب المسيل للدموع والثيوسلفينات مع فورمالدهيد الجليسين glycine-formaldehyde، حيث تعطى المركبات الناتجة من التفاعل لونًا رديًا، ويمكن قياس تركيزها الكلى إسبكتروفوتومتريًا Spectrophotometry عند طول موجة مقدارها ٥٢٠ نانومترًا، أو فصلها عن بعضها بالـ TLC .

وأمكن فصل المركب المسيل للدموع ومركبات الثيوسلفينات بالهكسان وقراءة تركيزهما من درجة امتصاصهما للضوء عند طول موجى قدره ٢٥٤ نانومترًا، مع استعمال محلول قياسى من المركب المسيل للدموع ذاته - محضر صناعيًا - للمقارنة (عن Lancaster & Boland ١٩٩٠).

كما توصل Thomas وآخرون (١٩٩٢) إلى طريقة سهلة وسريعة لتقدير حرافة الأبصال تعتمد على تطبيق تفاعل الـ N-ethylmaleimide على الثيوسلفينات thiosulphinates، وقدرت كفاءة الاختبار بدراسة الارتباط بين اللون المتكون - باستعمال الـ colorimeter - ومحتوى الثيوسلفينات وتركيز حامض البيروفيك فى أنسجة البصل، حيث كان معامل الانحدار عاليًا ومعنويًا (R = ٠,٨٧١) بين الثيوسلفينات وتركيز حامض البيروفيك. وقد أمكن بهذه الطريقة التعرف على اختلافات طفيفة بين الأبصال فى درجة حرافتها؛ بما يسمح باتباعها فى تقدير الحرافة فى الأعداد الكبيرة من الأصناف والسلالات فى برامج التربية.

واستخدم Schmidt وآخرون (١٩٩٦) طريقة سريعة لاستخلاص المركب المسيل للدموع وتقديره بجهاز الكروماتوجرافى الغازى، وأوضحت النتائج أن تركيز المركب فى عصير البصل بلغ ١-٢٢ ميكرومولا/مل.

٢ - حامض البيروفيك:

يتفاعل حامض البيروفيك pyruvate - الذى يتكون إنزيميًا عند تهتك أنسجة البصل وخلاياه - مع مركب 2,4,dinitrophenyl hydrazine لتكوين مشتق أصفر اللون يمكن قياسه إسبكتروفوتومتريًا. وتتبع هذه ٣١الطريقة فى قياس قوة النكهة، حيث يوجد ارتباط بينها وبين

حامض البيروفيك المقدر بهذه الطريقة يصل فيه معامل الارتباط (r) إلى ٠,٩٧، وتلك هى أسهل طرقة لتقدير شدة النكهة والحرافة فى برامج التربية، وعند اختبار كثير من العينات، ولكن يُعاب عليها أنها تعطى تقديرًا إجماليًّا لا يميز بين مختلف بادئات الطعم أو المركبات القابلة للتطاير المتكونة منها وتركيزاتها النسبية (عن Lancaster & Boland ١٩٩٠، و Wall وآخرين ١٩٩٦).

وقد وجد Wall & Corgan (١٩٩٢) ارتباطًا إيجابيًّا معنويًّا جدًّا بين حامض البيروفيك المنتج إنزيميًّا وبين النكهة المميزة للبصل، وتراوح معامل الارتباط (r) بين ٠,٧٩، و٠,٩٥ .

٣ - المركبات القابلة للتطاير:

يمكن قياس المركبات الكبريتية والكربونيلية carbonyl compounds التى تتكون لدى تهتك أنسجة البصل وخلاياه بالكروماتوجرافى الغازى، ويتم التعرف على مختلف المركبات من فترة الاستبقاء retention time، أو إسبكترومتريًّا؛ أما تركيزها فيمكن الاستدلال عليه من المساحة تحت القمة، كما فى شكل (٧-٤)، الذى يبين أهم المركبات القابلة للتطاير التى تُعزل من البصل.

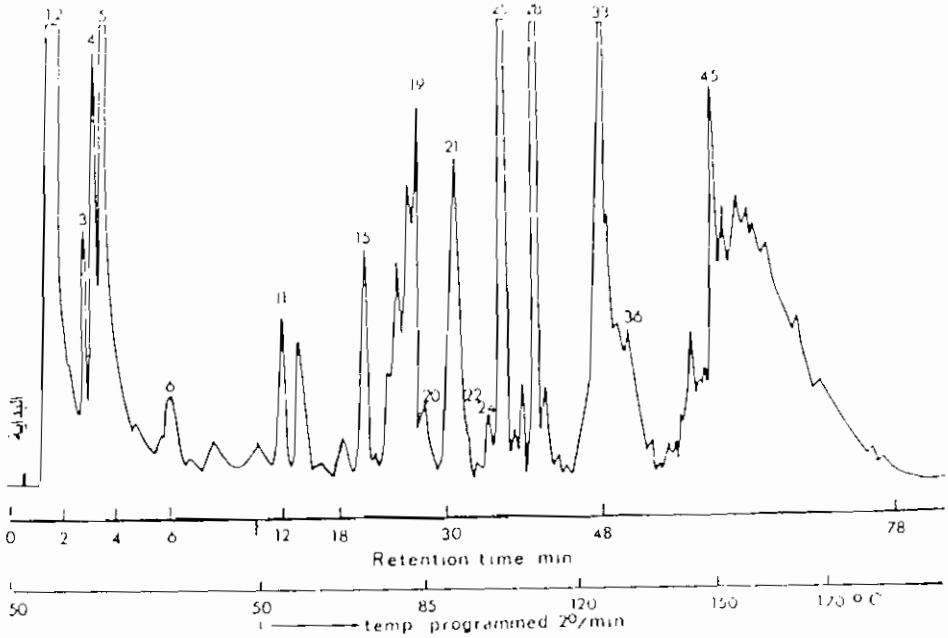
٤ - بادئات النكهة:

يعتبر تقدير بادئات النكهة وإنزيم الأليينيز alliinase الذى يعمل عليها وسيلة لتقدير قوة النكهة الكامنة؛ فمثلاً .. يمكن تقدير مركبات الـ S-Alk(en)yl-L-Cysteine Sulfoxides، وهو أمر يتطلب تحضير محاليل قياسية منها، تتضمن خطوتان: تحضير الـ thioether، ثم الأكسدة إلى sulfoxides. كذلك يتطلب تقدير هذه البادئات تثبيط نشاط إنزيم الأليينيز قبل أى خطوة أخرى. ومن بين الطرق التى اتبعت لتقدير هذه المواد البادئة استعمال جهاز تحليل الأحماض الأمينية، والـ thin layer electrophoresis، والـ thin layer chromatography.

كذلك يمكن تقدير الببتيدات peptides، وإنزيم الأليينيز alliinase، وإنزيم gamma-glutamyl transpeptidase.

ولمزيد من التفاصيل الخاصة بطرق التقدير التى أسلفنا ذكرها .. يراجع Lancaster & Boland (١٩٩٠).

ولمزيد من التفاصيل عن التركيب الكيميائى للبصل من كافة جوانب الموضوع .. يراجع Brewster & Rabinowitch (١٩٩٠)، و Fenwick & Hanley (١٩٩٠).



رقم القمة	المركب
1	Methanethiol + ethanal
2	Propanal
3	Propanethiol + 2-methylbutanal
4	Methanol + 2-methylpentanal
5	Ethanol + propanol
11	Dimethyl disulfide
15	2-Methylpent-2-enal
19	Methyl propyl disulfide
20	3,4-Dimethylthiophene
21	Methyl cis-propenyl disulfide
22	Methyl trans-propenyl disulfide
23	Dimethyl trisulfide
24	Isopropyl propyl disulfide
25	Di-n-propyl disulfide
28	Propyl cis-propenyl disulfide
33	Propyl trans-propenyl disulfide
45	Di-n-propyl trisulfide

شكل (٧-٤): الـ gas liquid chromatogram للمركبات القابلة للتطاير المستخلصةمن البصل.

اللون

تختلف أصناف البصل فى لون حراشيفها الخارجية. ويرجع اللون الأحمر إلى صبغات الأنثوسيانين، وهى جلوكوسيدات السياندين glucosides of cyanidin. أما الصبغة الصفراء فتتكون - أساسًا - من فلافونول flavonol اسمه كويرسيتين quercetin. وقد يرجع اللون البنى إلى تأكسد حامض البروتوكاتيكوك protocatechuic acid إلى مواد شبه تانينية.

وقد تمكن Fossen وآخرون (١٩٩٦) من التعرف على عدد من الأنثوسيانات فى أبصال أصناف البصل الحمراء، وهى:

3-(6"-malonyl-3"-glucosylglucoside).

3-(3",6"-dimalonylglucoside).

3-(6"-malonylglucoside).

3-(3"-malonylglucoside).

3-(3"-glucosylglucoside.

3-glucoside of cyanidin.

traces of 2 pelargonidin derivatives.

traces of 3,5-diglucosides of cyanidin and peonidin.

الرقبة السمكية

تعد الرقبة السمكية Thick Necks من العيوب الفسيولوجية الهامة التى تخفض القيمة الاقتصادية للأبصال، وتضعف قدرتها التخزينية، وتزيد من قابليتها للإصابة بأمراض المخازن التى تؤدى إلى تعفنها. تبدو أعناق الأبصال المصابة بهذه العيوب الفسيولوجية وقد تضخمت بشكل غير عادى، وقد يصل قطر العنق فى الأبصال المصابة إلى ١,٥-٢,٥ سم. وتظهر هذه الحالة فى الظروف التى تشجع على استمرار النمو الخضرى، وتكوين أوراق جديدة حتى وقت متأخر قبيل الحصاد؛ فهذه الأوراق تكون قائمة ونضرة عند الحصاد؛ ومن ثم تكون رقبة البصلة سميكة. وبالمقارنة .. فإن البصلة العادية تنضج بصورة طبيعية، ويتوقف النبات عن تكوين أوراق جديدة، وتذبل أوراق النبات بصورة تدريجية، وتضعف فى منطقة الرقبة؛ مما يؤدى إلى ميلها نحو الأرض وانكماشها بدرجة تؤدى إلى تكوين رقبة مغلقة بصورة جيدة.

وأهم العوامل التى تؤدى إلى ظهور الرقبة السميكة هى ما يلى :

١ - زيادة التسميد الآزوتى فى نهاية موسم النمو؛ مما يشجع على استمرار النمو الخضرى قبيل الحصاد.

٢ - موت أوراق النبات فى مرحلة مبكرة من النمو بفعل الإصابة بالتربس أو البياض الزغبى؛ مما يؤدى إلى استمرار تكوّن أوراق جديدة لا تنكمش عند الحصاد.

٣ - زراعة الأصناف التى تحتاج إلى نهار طويل لتكوين الأبصال فى مناطق ذات نهار قصير نسبيًا.

الأبصال المزدوجة

تعتبر الأبصال المزدوجة Double Bulbs ظاهرة وراثية؛ حيث تختلف نسبتها من صنف لآخر، ولكنها تتأثر أيضًا بعديد من العوامل الأخرى؛ فتعد بذلك من العيوب الفسيولوجية.

وأهم العوامل التى تؤدى إلى زيادة نسبة الأبصال المزدوجة هى ما يلى :

١ - زيادة مسافة الزراعة.

٢ - استعمال شتلات كبيرة الحجم فى الزراعة.

٣ - زيادة معدلات التسميد الآزوتى.

٤ - عدم انتظام الرى؛ فتزيد نسبة الأبصال المزدوجة عند تعطيش النباتات ثم ريها جيدًا.

٥ - عدم انتظام درجات الحرارة؛ إذ تزيد نسبة الأبصال المزدوجة عند تعرض النباتات لجو معتدل، ثم لجو بارد فى المراحل المتقدمة من نموها.

لفحة الشمس

يؤدى تعرض الأبصال حديثة الحصاد، أو غير الناضجة لأشعة الشمس القوية إلى إصابتها بلفحة الشمس Sunscald، وهو عيب فسيولوجى تتركز أعراضه فى موت الأنسجة فى جزء البصلة المعرض للأشعة القوية، وتصبح هذه الأنسجة بعد ذلك طرية ومنزلقة، ثم تفقد نسبة عالية من رطوبتها بالتبخير، وتصبح المنطقة المصابة جلدية وغائرة وبيضاء اللون. ويتراوح قطر منطقة الإصابة عادة من ١,٥-٤ سم. هذا .. وتحدث الإصابة بلفحة الشمس غالبًا عند

الحصاد إذا تعرضت الأبصال قبل معالجتها - وهى مازالت زائدة الرطوبة - لدرجات حرارة عالية وإضاءة قوية. وتتعرض الأبصال المصابة بلفحة الشمس للإصابة بالبكتيريا، والفطريات التى تسبب العفن فى المخازن، خاصة البكتيريا التى تسبب العفن الطرى البكتيرى.

العصفة

تظهر أعراض العصفة Blast على صورة مساحات جافة متحللة على امتداد أوجه الأوراق المواجهة للرياح القوية، التى تعمل - مع أشعة الشمس القوية - على زيادة معدل النتح بصورة غير طبيعية؛ ومن ثم إلى جفاف الأسطح الورقية المعرضة لهذه الظروف؛ مما يؤدى إلى شيخوخة الأوراق مبكرًا، وصغر حجم الأبصال المتكونة. ويفيد استعمال مصدات الرياح فى الحد من ظهور هذا العيب الفسيولوجى.

الاخضرار

تظهر أعراض الاخضرار Greening عند تعرض البصلة للضوء، سواء أكان ذلك قبل الحصاد، أم بعده، حيث يؤدى ذلك إلى تكوّن الكلوروفيل، وظهور لون أخضر فى الأنسجة المعرضة للضوء، كما تكون هذه الأنسجة مُرّة الطعم قليلاً. ولا يصاحب الاخضرار ظهور أية أعراض أخرى.

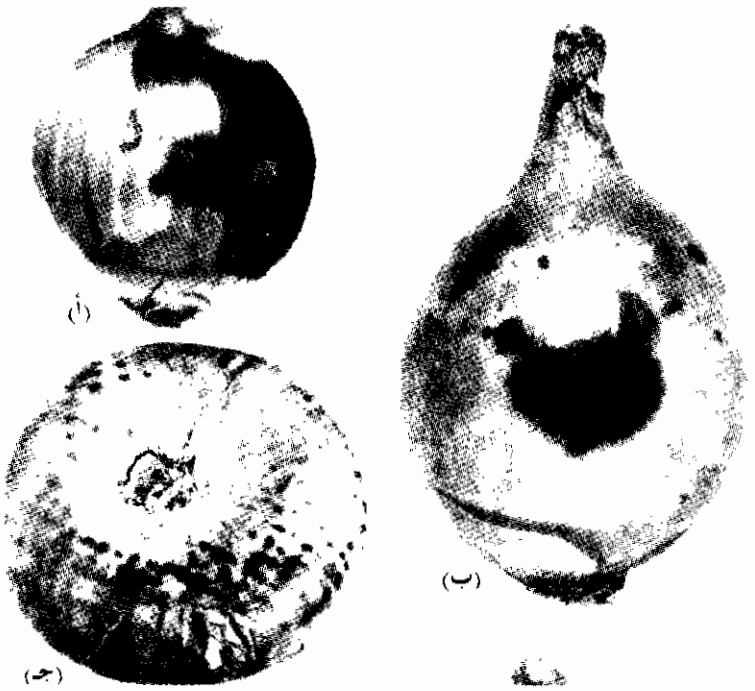
أضرار التجمد

يتجمد البصل فى درجة حرارة -١,١°م. ومع إمكانية تعرض البصل الموجود فى المخازن لدرجة حرارة تصل إلى -٣,٩°م دون أن يتجمد، إلاّ أن حدوث أقل حركة يمكن أن يؤدى إلى تجمده فى الحال. وتعرف هذه الظاهرة باسم تحت التبريد undercooling، وهى ظاهرة لا يمكن أن تحدث للبصل أثناء الشحن بسبب تعرضه للاهتزاز المستمر.

يؤدى التجمد إلى جعل الأنسجة المصابة مائية المظهر، ويتوقف مقدار الأنسجة التى تتعرض للضرر على مدة بقاء الأبصال فى درجة حرارة التجمد، فإن كانت المدة قصيرة، فإن الأنسجة الخارجية فقط هى التى تتأثر. ومع ازدياد فترة التعرض للحرارة المنخفضة نجد أن الإصابة تمتد إلى الأوراق الداخلية أيضًا. وتظهر أعراض الإصابة فى المقطع العرضى للبصلة على شكل حلقات، وذلك لأن قواعد الأوراق المكونة للبصلة تغلف بعضها بعضًا، وعندما تحدث الإصابة، فإنها تشمل كل الورقة، ثم تمتد إلى الورقة التالية، وهكذا.

أضرار التعرض لغاز الأمونيا

تتفاعل أبخرة الأمونيا المتسربة من أجهزة التبريد مع الصبغات التى توجد فى الحراشيف الخارجية للأبصال، وينتج عن هذا التفاعل تكوين صبغات لونها بنى فى الأبصال الصفراء، وأخضر قاتم ضارب إلى الاسوداد فى الأبصال الحمراء، واصفرار ضارب إلى الخضرة فى الأبصال البيضاء (شكل ٧-٥). وقد تمتد الإصابة إلى الأنسجة اللحمية الداخلية وتجعلها مائية؛ مما يفقد الأبصال قيمتها الاقتصادية.



شكل (٧-٥): (أ) أضرار الأمونيا، و (ب) و (جـ) أضرار القلويات والعبوات فى البصل.

ولاتتأثر شدة الأضرار التى تحدثها الأمونيا بدرجة حرارة التخزين، إلا أنها تزداد مع ازدياد الرطوبة النسبية. وتزداد الإصابة إذا تعرضت الأبصال لبخار الأمونيا بتركيز يقل عن ١٪ لمدة ٢٤ ساعة أو أكثر. أما فى التركيزات الأعلى من ذلك، فإن الأعراض تظهر فى خلال دقائق معدودة.

أضرار التعرض للمركبات الكيميائية التى توجد فى العبوات

تظهر أحيانًا بقع على الأبصال نتيجة لتفاعل الصبغات التى توجد فى الحراشيف الخارجية للأبصال مع أنسجة العبوات، أو مع مواد الطباعة التى يكتب بها على العبوات. وتكون هذه البقع داكنة اللون، كما يزداد ظهورها مع زيادة الرطوبة النسبية، أو عند وجود رطوبة حرة على الأبصال (شكل ٧-٥) (Ramsey & Wiant ١٩٤١).