الفصل الرابع

البصل

نتناول بالدارسة فى هذا الفصل محصول البصل الجاف (الأبصال)، أما محصول البصل الأخضر فنتناوله بالشرح فى الفصل العاشر

مرحلة اكتمال النمو المناسبة للحصاد

تتراوح المدة اللازمة لنضج البصل من ٥-٧ أشهر من زراعة البذور، أو نحو ٣-٥ أشهر من لشتل، ويتوقف طول هذه الفترة على العوامل التالية

١- الصنف تتراوح المدة من زراعة البذور إلى النضج فى الأصناف المصرية من ١٩٠ يوم فى الصنف جيزة ٦ إلى ٢٥٠ يومًا فى البصل البحيرى

٢- طول الفترة الضوئية حيث تؤدى زيادتها إلى إسراع النضج

٣- درجة الحرارة تؤدى زيادتها إلى إسراع النضج

٤- قوام التربة. فيكون النضج أسرع فى الأراضى الخفيفة

٥- الرطوبة الأرضية يؤدى نقصها إلى إسراع النضج

٦- الآروت حيث يتأخر النضج مع وفرة العنصر

يتوقف نمو الجذور والأوراق عند النضج، بينما يستمر انتقال المواد الغذائية من الأبصال الأنبوبية. ومن الساق الكاذبة إلى الأبصال، ويؤدى استمرار ذلك إلى طراوة أنسجه اساق الكاذبة. ثم ميل الأنصال الأنبوبية نحو الأرض هذا ولا تنضج كل الأبصال فى الحقل فى وقت واحد، وإنما يظهر تفاوت طفيف فيما بينها. ويرجع ذلك إلى اختلاف الظروف البيئية التى تتعرض لها النباتات فى الحقل، كما قد توجد اختلافات وراثية بين نباتات الصنف الواحد فى هذا الشأن

ومن أهم علامات اكتمال التكوين المناسبة للحصاد، ما يلي:

١- طراوة أنسجة الساق الكاذبة، وانحناء أنصال الأوراق لأسفل

٢- بدء جفاف المجموع الخضرى

٣- جفاف الجذور.

هذا .. ويصبح محصول البصل جاهزًا للحصاد فى مختلف مناطق الزراعة فى مصر فى المواعيد التالية:

١- الوجه القبلى البصل الخريفى فى ديسمبر ويناير وفبراير، والبصل الشتوى فى فبراير ومارس

٢- مصر الوسطى البصل المقور فى يناير وفبراير.

٣- الوجه البحرى. البصل الشتوى فى مايو ويونيو، والبصل الصيفى فى يونيو

المعاملة بالماليك هيدرازيد لمنع التزريع بعد الحصاد

يدخل البصل بعد الحصاد فى فترة راحة تستمر لمدة ٤-٦ أسابيع تبعًا للصنف ويستعمل الماليك هيدرازيد رشًا قبل الحصاد لأجل منع التزريع أثناء التخزين الطويل الأمد، حيث ترش به النباتات عندما تكون الأبصال مكتملة التكوين وقد مالت أوراق ٥٠٪ من النباتات لأسفل، ولكن مازالت بها ٥-٨ أوراق خضراء لأجل امتصاص المركب ونقله إلى البصلة، ويكون ذلك – عادة – قبل الحصاد بنحو أسبوعين (Adamicki ٢٠٠٤).

الموعد المناسب للحصاد

تحديد الموعد المناسب

يعد أنسب موعد لتقليع نباتات البصل هو عندما تميل أوراق نحو ٥٠٪ من النباتات لأسفل، ومع ذلك فالحصاد يجرى – عادة – عندما تميل أوراق من ١٠٪ إلى ١٠٠٪ من النباتات ويتأثر الموعد المناسب للحصاد إلى حد كبير بدرجة الحرارة السائدة وقت

الحصاد، فعندما تكون درجة الحرارة مرتفعة يمكن الحصاد عند ميل نحو ٢٥٪ من الأوراق لأسفل. وعندما يكون الجو باردًا يفضل الانتظار لحين ميل نحو ٥٠٪ من الأوراق، وأحيانًا لحين ميل كل الأوراق.

وقد وجد Wall & Corgan (١٩٩٤) أن أفضل وقت للحصاد كان عند رقاد أوراق ٨٠٪ من النباتات، وأدى تأخير الحصاد عن تلك المرحلة إلى زيادة وزن البصلة، ولكن ذلك كان مصاحبًا بنقص فى صلابتها، وزيادة فى نسبة الإصابات المرضية عند الحصاد وخلال الأسبوعين التاليين لذلك

تأثير موعد الحصاد على محصول الأبصال وصلاحيتها للتخزين

تقل صلاحية الأبصال للتخزين — بزيادة سرعة تزريعها — إذا أجرى الحصاد قبل ميل أوراق ٥٠٪ من النباتات إلى أسفل، أو بعد ميل أوراق أكثر من ٨٠٪ منها، وذلك فى المناطق الباردة الرطبة أما فى المناطق الجافة فإن أفضل وقت للحصاد يكون بعد تدلى أوراق جميع النباتات تقريبًا ويرتبط تأثير موعد الحصاد على سرعة التزريع بما تحتويه الأوراق من مانعات للنمو يتم انتقالها من أنصال الأوراق إلى قواعد الأوراق المتشحمة فى البصلة أثناء نضجها (عن Brewster ١٩٩٤)

وأوضحت عديد من الدراسات أن محصول الأبصال يزداد بنحو ٣٠٪ إلى ٤٠٪ ما بين فترة بداية تدلى أوراق بعض النباتات إلى وقت شيخوخة جميع أوراق النباتات وفقدها لونها الأخضر ومع تأخير الحصاد تصبح رقبة البصلة أقل سمكًا، ولكن تزداد فى الوقت ذاته الأبصال التى تتشقق حراشيفها الخارجية، مما يعرض هذه الحراشيف للانفصال بسهولة أثناء التداول والتخزين ولذا .. فإن الوقت الذى يناسب حصاد الأبصال وهى على درجة عالية من القدرة التخزينية هو عندما تكون الأوراق قائمة جزئيًا، وقبل الوقت الملائم للحصول على أعلى محصول بوقت طويل

كذلك أوضحت دراسات Fustos وآخرون (١٩٩٤) على خمسة أصناف من البصل أن

الحصاد المبكر قبل رقاد أوراق ١٠٠٪ من النباتات أدى إلى زيادة قدرتها على التخزين. وتقليل الفقد أثناء التخزين إلى درجة تعويض النقص فى المحصول – الناتج عن الحصاد المبكر – وزيادة وأدى قطع أنصال الأوراق قبل اكتمال جفافها إلى زيادة نسبة الإصابة بالأعفان أثناء التخزين ولعبت الحراشيف الخارجية الجافة دورًا أساسيًا فى زيادة القدرة التخزينية، وفى استمرار حالة السكون وقد ظلت الأبصال ساكنة لفترة أطول عندما كان تخزينها فى حرارة ٥°م، أو ٢٥°م، مقارنة بما كان عليه الحال عندما كان تخزينها فى درجات الحرارة الوسطية

وقد أدى حصاد البصل بعد ثلاثة أسابيع من ميل أوراق ٥٠٪ من النباتات، مع إزالة النموات الخضرية قبل معالجتها إلى حدوث أعلى نسبة من الأعفان فى المخزن وبينما أدى تأخير الحصاد إلى حين اكتمال تكوين الأبصال إلى زيادة دكنة لون الحراشيف الخارجية، فإنه أدى كذلك إلى نقص واضح فى عدد الحراشيف الخارجية التى لم تنفصل وبينما لم يؤثر وقت التخلص من نموات البصل على لون الحراشيف الخارجية، فإن إزالة تلك النموات قبل معالجة الأبصال أحدثت زيادة طفيفة فى عدد الأوراق الحرشفية الخارجية المتبقية مقارنة بعددها فى حالة إزالة النموات بعد المعاجلة ولذا فإن الوقت المناسب لحصاد البصل يتضمن موازنة بين لون الحراشيف واستمرار بقاءها ويمكن القول أن أفضل الممارسات هى الحصاد عند ميل ٦٠٪–٨٠٪ من النموات، ثم المعالجة، ثم إزالة النموات بعد ذلك (Wright وآخرون ٢٠٠١)

مساوئ تبكير الحصاد

تتركز أهم مساوئ التبكير فى الحصاد عن الموعد المناسب فى عدم اكتمال انتقال المواد الغذائية من الأبصال الأنبوبية، والسوق الكاذبة فى الأنصال، مما يؤدى إلى نقص المحصول، كما أن التقليع المبكر تصاحبه زيادة فى نسبة الرطوبة فى الأبصال مما يتطلب فترة أطول لإجراء عملية العلاج التجفيفى وتكون الصفات التخزينية لهذه الأبصال رديئة، فتقل قدرتها على التخزين، وتصاب بالأمراض بسهولة، وتكون أعناقها سميكة وصلبة، وتتعرض للتزريع أثناء التداول والتخزين

مساوئ تأخير الحصاد

إن مساوئ تأخير الحصاد عن الموعد المناسب، هى كما يلى

١- تكوين جذور جديدة، فتقل جودة الأبصال

٢- زيادة فرصة تعرض الأبصال للإصابة بلفحة الشمس

٣- فقد الأبصال لحراشيفها الخارجية، خاصة عند تكون الندى، أو عند سقوط الأمطار، مما يؤدى إلى ضعف قدرتها على التخزين، وزيادة قابليتها للإصابة بالأمراض، وخاصة العفن الأسود وعفن القاعدة

٤- تهشم أعناق الأبصال الجافة، فتصبح مفتوحة ومعرضة للإصابة بالأمراض

هذا ويؤدى تأخير حصاد البصل لأكثر من ١٥ يومًا بعد ميل أوراق ٨٠٪ من النباتات إلى حدوث نقص فى المحصول (بسبب كثرة الإصابة بعفن القاعدة الفيوزارى) وفى وزن البصلة ونسبة المادة الجافة فيها، مقارنة بالحصاد خلال فترة الـ ١٥ يومًا الأولى بعد الصلاحية للحصاد، وخاصة إذا كانت النباتات قد قطعت جذورها بالشفرة عند ميل أوراق ٨٠٪ منها، وهى العملية التى تعرف باسم uprooting ولذا يتعين عدم تأخير الحصاد لأكثر من تلك الفترة مع تقطيع الجذور قبل الحصاد مباشرة (Wall & Corgan ١٩٩٩).

عملية الحصاد ومتطلباتها

تتوقف الطريقة التى تتبع فى حصاد البصل ومعالجته على الظروف البيئية السائدة وقت الحصاد. ففى المناطق الحارة الجافة يمكن معالجة البصل وتعبئته فى الأجولة فى الحقل أما فى المناطق الباردة الرطبة فإن البصل يُحصد آليًا، ثم يجفف ويهوّى صناعيًا

الطريقة التقليدية للحصاد

تجرى الطريقة التقليدية لحصاد البصل بجذب الأبصال من التربة — أو تقطيع جذورها — ثم وضع النباتات فى "مراود" windrows على التربة لحين جفافها وتمام

علاجها وفى المناطق التى تشتد فيها أشعة الشمس تلزم حماية الأبصال من الإصابة بلسعة الشمس، وذلك بتغطية الأبصال بالأوراق خلال فترة وضعها فى المراود، وإلا أدت أشعة الشمس القوية إلى موت الأنسجة المتشحمة الخارجية، وتشويه شكل الأبصال، وتهيئتها لاحتمالات الإصابة بالأعفان وتترك النباتات فى المراود – عادة – لمدة أسبوع واحد أو أسبوعين، قبل تقطيع أوراقها وتعبئة الأبصال فى الأجولة ويفيد إجراء العلاج بهذه الطريقة فى زيادة محتوى الأبصال من المواد الصلبة الذائبة الكلية

أما إذا كانت الأبصال مكتملة التكوين وأصبحت أعناقها شبه جافة وطريه، فإنه يمكن فى المناطق الجافة تقطيع الأوراق عند جذب النباتات من التربة، ثم ترك الأبصال فى مراود حقلية، أو مرصوصة فوق بعضها البعض فى الحقل، حتى يكتمل جفاف أعناقها

طريقة الحصاد فى المناطق الباردة الرطبة

يتم حصاد حقول البصل فى المملكة المتحدة وهولندا عند ميل أوراق نحو ٥٠٪–٨٠٪ من النباتات إلى أسفل – وذلك بجرّ الأوراق (كما يجر النجيل) وإزالتها من الحقل آليًا وإذا كان الجو صحوًا فإن الأبصال تترك فى مكانها فى الحقل لعدة ساعات حتى تجف أعناقها جزئيًا ويلى ذلك تقطيع الجذور من أسفل الأبصال – وهى فى التربة – آليًا كذلك – ثم ترفع الأبصال إلى عربة مقطورة ويتم فى هذه المرحلة – أو أثناء نقل الأبصال إلى التخزين بحالة سائبة – التخلص من الأحجار، وكتل التربة، والنباتات الأخرى التى قد تكون مختلطة بالأبصال

وفى المخازن توضع الأبصال على أرضية ألواح تفصل بينها مسافات ضيقة، بعمق ٣,٥–٤ أمتار، وتتم التهوية والتجفيف معًا بدفع تيار من الهواء خلال الأبصال تتراوح حرارته بين ٢٥ و ٣٠°م، ورطوبته النسبية بين ٢٥٪ و ٣٥٪، وذلك بمعدل ٤٢٥م³/ساعة/طن من البصل؛ لأجل إزالة الرطوبة السطحية سريعًا، وتجفيف أعناق الأبصال؛ الأمر الذى يفيد فى عدم كتساب حراشيف الأبصال لونًا داكنًا. وفى عدم تعفن أعناقها

وبعد جفاف الأبصال سطحيًا – بحيث يعطى احتكاك الحراشيف ببعضها بعضًا خشخشة مسموعة – فإن الهواء المدفوع خلال الأبصال يمكن إعادة دفعه من جديد، مع خلطه بالهواء الخارجى بالقدر الذى يكفى للمحافظة على رطوبته النسبية أقل من ٧٥٪ ويفيد استمرار التجفيف البطئ على ٢٥–٣٠°م، مع ٧٠٪–٧٥٪ رطوبة نسبية فى جعل أعناق الأبصال مكتملة الجفاف وحراشيفها جيدة اللون، ويستغرق ذلك – عادة – بين ١٠ و ١٥ يومًا وتجدر الإشارة إلى أن تعريض الأبصال لحرارة تزيد عن ٣٢°م يؤدى إلى زيادة دكنة لون حراشيف البصل، وأن شدة الدكنة تزداد بزيادة الارتفاع فى درجة الحرارة. ولذا فإن التجفيف على حرارة ٢٥–٣٠°م يفيد – خاصة – مع الأصناف ذات الأبصال الفاتحة اللون، التى تكتسب لونًا بنيًا مصفرًا عقب تجفيفها

وعند اكتمال جفاف أعناق الأبصال يتم خفض الحرارة سريعًا باستعمال هواء بارد من الجو الخارجى ليلاً، ثم يحافظ على الحرارة منخفضة أثناء تخزين الأبصال بعد ذلك، ولكن مع مراعاة ألا تصل إلى درجة التجمد (عن Brewster ١٩٩٤).

طرق الحصاد فى المناطق الحارة الجافة

تتوقف الإجراءات التى تتبع قبل الحصاد، وأثناءه، وبعده فى كاليفورنيا – التى تمثل المناطق الحارة الجافة – على الغرض من الزراعة وطريقة الحصاد كما يلى (عن Voss ١٩٧٩)

١– بالنسبة لأبصال التجفيف تجب مراعاة ما يلى:

(أ) يوقف الرى عند ظهور بوادر ميل الأوراق لأسفل، على ألا يتأخر ذلك عن المرحلة التى تميل فيها ١٠٪ من الأوراق.

(ب) تقطع النموات الخضرية بآلة ذات أسلحة دوارة بمجرد جفاف التربة، وميل كل النموات النباتية وجفافها.

(جـ) تترك الأبصال فى التربة للعلاج الحقلى مدة ٥–١٠ أيام، ويمكن تغطية الأبصال المكشوفة بالتربة حتى لا تتعرض للإصابة بلفحة الشمس

(د) تقطع جذور النباتات آليًا من تحت الأبصال بنحو ٢ ٥-٥سم، ويجرى الحصد آليًا

(هـ) تنقل الأبصال بعد ذلك إلى الشاحنات ثم إلى مصانع التجفيف

وتجدر الإشارة إلى أن حقول أبصال التجفيف تكون زراعتها كثيفة وتكون رقاب أبصالها صغيرة، مما يساعد على سرعة إتمام عملية العلاج.

٢- بالنسبة لأبصال التسويق الطازج التى تحصد يدويًا . تجب مراعاة ما يلى

(أ) يوقف الرى مع بداية ميل الأوراق لأسفل، على ألا يتأخر ذلك عن المرحلة التى يميل فيها ٢٥٪ من الأوراق، ويتوقف ذلك على سعر البصل بالأسواق

(ب) تقطع جذور النباتات آليًا من تحت الأبصال بنحو ٢ ٥-٥ سم

(جـ) تجذب النباتات يدويًا، ثم تقطع النموات الخضرية والجذرية، وتعبأ فى أجولة

(د) تترك الأبصال بالأجولة فى الحقل لحين علاجها، ويستغرق ذلك مدة تتراوح من ٣-١٤ يومًا حسب درجة الحرارة

(هـ) يشحن البصل وهو فى نفس الأجولة، أو يُفرَّغ فى الشاحنات أو يَدرَّج إلى أحجام، ثم يعبأ ثانية

٣- بالنسبة لأبصال التسويق الطازج التى تحصد آليًا تجب مراعاة ما يلى

(أ) يوقف الرى مع بداية ميل الأوراق لأسفل، على ألا يتأخر ذلك عن المرحلة التى يميل فيها ٢٥٪ من الأوراق

(ب) تقطع النموات الخضرية بآلة ذات أسلحة دوارة، وتقطع جذور لنباتات تحت الأبصال بنحو ٢ ٥-٥ سم، ويجرى الحصاد فى عملية واحدة

(جـ) تنقل الأبصال إلى مكان مناسب للتخلص مما قد يكون متروكًا بها من جذور أو نموات خضرية

(د) يجرى العلاج التجفيفى للأبصال وهى فى أوعية كبيرة تسمح بتخلل الهواء فيها بحرية، ويكون ذلك إما فى الحقل، أو فى محطة التعبئة، أو فى المخازن

(هـ) تنقل الأبصال بعد ذلك إلى محطات التعبئة للتدريج والتعبئة

هذا وقد تُقلّع الأبصال بنمواتها الحضرية، ثم تترك فى الحقل وهى مكوّمة فى خطوط (Windrows) بطريقة تسمح بتغطية الأبصال بالعروش، حتى لا تتعرض للإصابة بلسعة الشمس. وتترك النباتات على هذا الوضع لحين جفاف الأوراق. وهو الأمر الذى يتطلب من ٣-١٤ يومًا حسب درجة الحرارة وتحتوى الأبصال التى تقلّع بهذه الطريقة على نسبة أعلى من المادة الجافة عن مثيلاتها التى تزال منها النموات الخضرية قبل الحصاد. وربما يرجع ذلك إلى أن الأبصال التى تقلّع بنمواتها تفقد كميات أكبر من الماء كما قد تنتقل إليها المواد الغذائية من الأوراق قبل جفافها وتقطع الأوراق بعد جفافها إما يدويًا، وإما آليًا، ويترك فقط من ٥ ١-٥ ٢ سم من أعناق الأوراق للمساعدة فى غلق أعناق الأبصال جيدًا، فلا تتعرض للإصابة بأمراض العفن.

العلاج التجفيفى

يقصد بالعلاج التجفيفى، أو المعالجة، أو (التسميط) Curing العملية التى تجرى بغرض التخلص من الرطوبة الزائدة فى الأبصال، مع تجفيف رقبة البصلة وحراشيفها الخارجية وهى عملية ضرورية لا غنى عنها فى حالة تخزين المحصول، أو شحنه لمسافات بعيدة، أو حتى فى حالة إعداده للتسويق الطازج، وذلك لأن المعالجة تقلل من فرصة الإصابة بالأمراض وخاصة مرض عفن الرقبة.

وتعتبر عملية المعالجة مكتملة عندما تصبح رقبة البصلة تامة الالتئام وحراشيفها الخارجية تامة الجفاف، بحيث إنها تعطى صوتًا مميزًا عند احتكاكها ببعضها البعض وتصل الأبصال إلى هذه الحالة بعد أن تفقد من ٣٪-٥٪ من وزنها

المعالجة فى الحقل

تجرى عملية العلاج التجفيفى فى مصر بعد الحصاد مباشرة، وهو الذى يجرى عند رقاد عروش حوالى ٥٠٪ من النباتات بالحقل وتتم المعالجة بنقل النباتات إلى مكان هاو مظلل، حيث توضع فوق بعضها البعض بارتفاع نصف متر فى (مراود)، مع تغطية الأبصال بأوراق النباتات حتى لا تتعرض للإصابة بلفحة الشمس. وتترك الأبصال على

هذا الوضع لمدة ٢-٣ أسابيع. ويقوم المزارعون بقطع المجموع الخضرى و تجذرى بعد الحصاد مباشرة، ثم تترك الأبصال (منشورة) على هيئة (مسطاح) بضعة أيام وهى معرضة للشمس، ولكن لا ينصح بزيادة مدة التعريض للشمس لأكثر من يومين حتى لا تصاب الأبصال بلفحة الشمس.

كما يقوم بعض مزراعى الوجه القبلى بمعالجة البصل بطريقة التسميط، وهى طريقة تتضمن المعالجة، مع التخزين المؤقت إلى أن تتحسن الأسعار، ويجرى ذلك بوضع النباتات رأسية ومتجاورة فى صفوف (مراود) مستطيلة ضيقة فى جزء من الحقل، وتغطى جوانب المراود بالتراب، مع الحرص على تغطية كل الأبصال الظاهرة، وترك المجموع الخضرى معرضًا للشمس والهواء وتترك النباتات على هذا الوضع إلى أن يجف المجموع الخضرى، أو إلى أن تتحسن الأسعار، حيث يزال التراب، ثم تقطع الأوراق والجذور

تتوقف فترة العلاج التجفيفى على الظروف الجوية السائدة وقت الحصاد ونظرًا لجفاف الجو، وارتفاع درجة الحرارة أثناء وقت الحصاد فى مصر. لذا فإن عملية المعالجة لا تستغرق أكثر من ٢-٣ أسابيع، إلا أن هذه الفترة تزداد إلى ٤ أسابيع فى المناطق الأكثر برودة، أو الأكثر رطوبة وقد يتطلب الأمر تعبئة البصل فى أجولة واسعة النسم، ثم يترك فى مخازن يمر فيها تيار من الهواء الدافئ الذى تبلغ حرارته ٤٨°م لمدة ١٦ ساعة، وذلك إن لم تسمح الظروف الجوية بإجراء عملية المعالجة

وتبدأ عملية العلاج التجفيفى فى كاليفورنيا قبل الحصاد، وذلك بمنع الرى (وهو الإجراء الذى يتبع فى مصر أيضًا). وتقطيع الجذور تحت الأبصال؛ مما يؤدى إلى الإسراع بعملية المعالجة. كما أن ترك البصل فى الحقل بعد تقليعه هو فى واقع الأمر عملية معالجة، ومن المعالجة كذلك أن يترك البصل فى الحقل فى أجولة، أو فى عبوات كبيرة جيدة التهوية، ويعد ذلك كله كافيًا إذا كانت الظروف الجوية من حرارة ورطوبة مناسبة لإجراء هذه العملية

وقد قارن Pande وآخرون (١٩٩٢) طرقاً مختلفة لعلاج البصل وتخزينه تضمنت التخزين بدون معالجة، والمعالجة في الشمس لمدة ١٣ يومًا بعد الحصاد قبل قطع النموات الخضرية أو بعده، والمعالجة في مجففات شمسية لمدة ١٠ أيام على رارة ٣٠-٣٦°م قبل قطع النموات الخضرية – كذلك – أو بعده، وذلك قبل التخزين – بالنموات الخضرية الجافة، أو بدونها – في الظل – تحت ظروف الجو العادى لمدة ٤ شهور وقد أعطت معاملة المعالجة في الشمس بالنموات الخضرية ثم التخزين بالنموات الخضرية أقل نسبة فقد بسبب التزريع، وأقل نسبة فقد كلي، والتي بلغت في هذه الدراسة ٥٠،٤٧٪ بعد ٤ شهور من التخزين.

المعالجة المشتركة بين الحقل والمخزن

عندما يرغب في تخزين البصل فإنه يجفف جيدًا أولاً، ويعالج في الحقل أو تحت مظلة أو في المخزن. وبعد أسبوعين من التجفف الحقلي فإنه يمكن نقل البصل إلى حجرات التخزين لأجل التجفيف النهائي والمعالجة. ويتم ذلك بالدفع الجبرى للهواء الخارجي إذا كانت حرارته بين ٢٥، و ٢٧°م ويمكن ترك البصل في كومات على أرض المخزن بارتفاع ٣-٤م أو في صناديق سعة ٥٠٠-١٠٠٠ كجم ويكون التجفيف تامًا عندما تصبح الرقبة جافة ومقفلة جيدًا، والحراشيف الخارجية جافة ويكون لها صوت خشخشة عند ملامستها. مع تجانس لون القشرة ويحدث حوالى ٣٪-٥٪ فقد في الوزن أثناء التجفيف

ولا يمكن تخزين البصل المعبأ في زكائب لأكثر من شهر نظرًا لصعوبة تخلل الهواء للزكائب بالقدر الذى يسمح بتوفير ظروف تخزينية جيدة (Adamicki ٢٠٠٤)

المعالجة في المخازن

إذا أجرى الحصاد قبل إجراء عملية العلاج، ثم نقلت الأبصال من الحقل قبل معالجتها بسبب ارتفاع الرطوبة الجوية. أو انخفاض درجة الحرارة وقت الحصاد. فإنه لابد في هذه الحالة من إجراء عملية العلاج التجفيفي، وذلك بدفع تيار من الهواء

الدافئ خلال الأبصال ويمكن أن تتحمل الأبصال درجة حرارة تصل إلى ٤٦ أو ٤٧°م لمدة ١٢–١٤ ساعة دون أن يحدث لها أى ضرر. وتجرى المعالجة بدفع تيار من الهواء تتراوح حرارته بين ٣٢°م و ٣٥°م، بمعدل ١–٢م³ فى الدقيقة لكل متر مكعب من حيز المخزن، ويستمر ذلك لمدة ١–١٤ يومًا حسب درجة نضج الأبصال عند بدء العلاج وإن لم تكن درجة حرارة الهواء مرتفعة إلى هذا الحد، فإنه يمكن إسراع عملية المعالجة بزيادة السرعة التى يدفع بها الهواء فى المخزن

ويستحسن أن تتراوح الرطوبة النسبية للهواء المستخدم من ٦٠٪–٧٠٪. ودلك لأن الرطوبة النسبية الأقل من ذلك تجعل الحراشيف رديئة اللون، وتؤدى إلى فقد نسبة كبيرة منها، بينما تؤدى الرطوبة النسبية الأعلى من ذلك إلى بطء عملية التجفيف، وزيادة فرصة الإصابة بالأمراض

وأفضل الظروف لإجراء عملية المعالجة هى حرارة لا تقل عن ٢٤°م، مع رطوبة نسبية ٧٥٪–٨٠٪، أو بالدفع الجبرى للهواء على ٣٠–٤٥°م لمدة ١٢ ساعة

ويمكن أن تجرى عملية المعالجة بهذه الطريقة، بينما يكون البصل معبأ فى عبوات كبيرة جيدة التهوية، أو موضوعًا على شكل أكوام فى المخزن

وأهم دليل على اكتمال معالجة البصل هو جفاف العنق كاملاً، وعدم استجابته للضغط عليه بين السبابة والإبهام، فلا ينضغط ثم يعود إلى حالته قبل الضغط عليه وتؤدى تعبئة البصل قبل الوصول إلى تلك الحالة إلى سرعة إصابته بالأعفان، وبخاصة عفن الرقبة

وفى محاولة لتقليل الطاقة التى تستنفذ فى معالجة البصل فى المملكة المتحدة (حيث يعالج البصل بتعريضه لحرارة ٢٨°م، مع ٦٥٪–٧٥٪ رطوبة نسبية لمدة ستة أسابيع). دُرس تأثير خفض حرارة المعالجة حتى ٢٠°م قبل تخزينه على ١ ± ٥°م لمدة سبعة شهور وقد وجد أن ذلك الخفض لحرارة المعالجة (من ٢٨ إلى ٢٠°م) لم يكن مؤثرًا على لون البصل الأحمر لا بعد المعالجة مباشرة ولا بعد التخزين لمدة سبعة شهور، بينما كان

البصل البنى أدكن لونًا بعد المعالجة – مباشرة – عندما أجريت على ٢٨°م، مقارنة بحرارة ٢٠°م (Downes وآخرون ٢٠٠٩)

ويستدل من الدراسات التى أجريت على تأثير كل من الإثيلين والـ 1-methylcyclopropene (اختصارًا: 1-MCP) أن المعاملة بأى منهما بتركيز ١٥ ميكروليتر/لتر من الإثيلين، أو ميكروليتر واحد/لتر من الـ 1-MCP لمدة ٢٤ ساعة – فقط – (قبل المعالجة أو بعدها على ٢٨°م لمدة ستة أسابيع) تكفى لتثبيط تزريع الأبصال أثناء تخزينها على صفر–١°م لمدة ٣١ أسبوعًا (على الرغم من التعارض الظاهر من كون الـ 1-MCP يعد مثبطًا لفعل الإثيلين) هذا إلاّ أن سمك قشرة البصلة ونفاذيتها للغازات – وهما صفتان تتأثران بالصنف والمعالجة – يمكن أن تؤثرا فى نفاذية الإثيلين والـ 1-MCP، وبالتالى فى تأثيرهما كمثبطات للتبرعم (Downes وآخرون ٢٠١٠)

عمليات الإعداد للتسويق

تعتبر عملية الفرز من أهم عمليات إعداد البصل للتسويق وهى تبدأ عند الحصاد، حيث يسهل حينئذٍ فرز واستبعاد الأبصال الحنبوط (أى ذات الحامل النورى)، كما يستمر الفرز أيضًا بعد المعالجة الحقلية، وأثناء تعبئة المحصول قبل التسويق؛ إذ يتم التخلص من الحراشيف الخارجية المتدلية، والتراب؛ وكتل الطين المختلطة بالأبصال، حتى تصبح براقة ونظيفة

ويلى ذلك إجراء العمليات التالية:

١– تفرز الأبصال (الحنبوط)، وتوضع جانبًا ليكون تسويقها مستقلاً عن باقى المحصول

٢– يجرى تقطيع أعناق الأبصال بسكين، بحيث يكون القطع فى المنطقة الرخوة، على أن يترك من العنق من ١,٥–٢,٥ سم. وذلك لأن التقطيع الجائر يؤدى إلى تحليق الأبصال، وقطع جزء منها، وتعرضها للإصابة بالأمراض والحشرات، والتلف أثناء

التداول، بينما يعتبر ترك أعناق طويلة نوعًا من الغش التجارى يسئ إلى الصفات التصديرية للأبصال

٣- تقطع الجذور أيضًا مع الأعناق فى عملية واحدة

٤- يتم أثناء ذلك فرز الأبصال بحيث تُستبعد منها جميع الأبصال غير المرغوب فيها، وهى التى تندرج ضمن الفئات التالية:

أ- الأبصال المزدوجة المقفولة doubles، أو (الصندوق)

ب- الأبصال المزدوجة المفتوحة splits.

جـ- الأبصال المخالفة للون الصنف، مثل: البيضاء (الشامية)، والحمراء (الصهبة)

د- الأبصال ذات الأعناق السميكة thitknecks

هـ- الأبصال التى كونت شمراخًا زهريًا (الحنبوط)

و- الأبصال غير المنتظمة الشكل

ز- الأبصال المتأثرة بالرطوبة الأرضية (الساخنة) أو (العرقانة)

حـ- الأبصال المصابة بلفحة الشمس (المسلوقة)

ط- الأبصال التى بدأت فى الإنبات (المزرَّعة)

ى- الأبصال المقطوعة والمجروحة والمقشورة

ك- الأبصال غير التامة النضج (الخضراء)

ل- الأبصال المسحوبة (البلحة)

م- الأبصال المصابة بالأمراض، والأبصال المتعفنة

٥- تنشر باقى الأبصال بعد ذلك فى الحقل فى طبقة رقيقة (مسطاح) لمدة يومين فى الشمس، حتى يكتمل جفاف الأعناق وقفلها (وهو ما يعرف بالتشميع)، وحتى تأخذ الأبصال لونها الجيد

٦- تعبأ بعد ذلك الأبصال الجيدة فى الأجولة المخصصة للبصل، بحيث لا تكون ناقصة حتى لا تتعرض للتقشير، ولا تكون مكبوسة حتى لا تتعرض للاحتكاك الشديد أثناء التداول

٧- قد تجرى عملية التدريج قبل التعبئة .. وسوف يناقش هذا الأمر فى نهاية هذا الفصل تحت موضوع التصدير.

ومن أهم مميزات عمليتى الفرز والتدريج، ما يلى:

أ- سهولة تحديد الأسعار حسب الرتب والحجم

ب- زيادة صلاحية الأبصال للتخزين.

جـ- خفض تكاليف التعبئة والشحن باستبعاد الأبصال غير الصالحة للتسويق.

د- يمكن خلط الأبصال المتشابهة فى الرتبة والحجم عند الشحن أو التصدير

العوامل المؤثرة فى القدرة التخزينية للأبصال

تتأثر القدرة التخزينية للأبصال بعديد من العوامل، نذكر منها ما يلى:

١- معدلات التسميد أثناء إنتاج المحصول.

تنخفض صلاحية الأبصال للتخزين بزيادة معدلات التسميد الآزوتى وبنقص معدلات التسميد البوتاسى (Jitendra Singh & Dhankhar ١٩٩١، و El-Gizawy وآخرون ١٩٩٣)، وعند التسميد بالنيتروجين خلال مرحلة اكتمال تكوين الأبصال (عن Kopsell & Randle ١٩٩٧).

ويؤدى انخفاض مستوى التغذية بالكبريت إلى انخفاض محتوى الجدر الخلوية للبصل من العنصر، وتكون الأبصال المنتجة فى هذه الظروف أقل حرافة وأقل صلابة، الأمر الذى قد يترتب عليه ضعف قدرتها على التخزين (Lancaster وآخرون ٢٠٠١).

٢- معدلات الرى:

تقل قدرة الأبصال على التخزين بزيادة مياه الرى، وخاصة قرب انتهاء مرحلة اكتمال تكوين الأبصال.

٣- طريقة الحصاد:

تزداد القدرة على التخزين إذا أجرى الحصاد عند رقاد أوراق ٥٠٪-٨٠٪ من

النباتات، مقارنة بالقدرة التخزينية عند إجراء الحصاد خلال براعم أرقاد الأقل أو الأكثر تقدمًا عن ذلك

وتنخفض القدرة على التخزين فى حالة قطع الجذور بعد الحصاد مباشرة، أو قطع الأوراق قبل جفاف أعناق الأبصال

٤- المعالجة

سبقت مناقشة هذا الموضوع بالتفصيل

٥- التعرض للرطوبة الحرة (الماء)

إذا ابتلت حراشيف الأبصال بعد الحصاد فإن ذلك قد يعرضها لنمو الفطريات عليها، وخاصة فطر *Botrytis cinerea* الذى يؤدى إلى اكتسابها لونًا غير مرغوب فيه وتؤدى ملامسة الأبصال – عند ابتلالها – لأوراق متحللة إلى ازدياد هذه الحالة سوءًا

كذلك يؤدى تعرض قاعدة البصل للرطوبة إلى تحفيز التجذير، الذى يحفز – بدوره – تبرعم الأبصال ولذا، فإن سقوط الأمطار على الأبصال المكتملة التكوين – قبل حصادها أو بعده – يفقدها رونقها، ويؤثر سلبيًا على صلاحيتها للتخزين

٦- الأضرار الفيزيائيه

تحدث الأضرار الفيزيائية نتيجة لعدم العناية بتداول البصل أثناء الحصاد وبعده، حيث يمكن أن تجرح الأبصال أثناء الحصاد، ويمكن أن تخدش بالاحتكاك الشديد مع الأجسام الصلبة أثناء عمليات التداول، أو بفعل ثقل الأبصال العليا على الأبصال السفلى عند تخزين البصل بارتفاعات تزيد عن ثلاثة أمتار تؤدى مختلف الجروح والخدوش إلى فقد الحراشيف الخارجية، وزيادة الفقد الرطوبى من الأبصال، وزيادة معدل التنفس وسرعة التزريع كما قد تؤدى إلى زيادة احتمالات الإصابة بالأعفان

وقد أدى تجريح الأبصال ميكانيكيًا بعد معالجتها (مثل إسقاطها على سطح صلب من ارتفاع ٨٠ سم، أو قطعها عموديًا بعمق حوالى ٥ مم) إلى زيادة نسبة الفقد – بعد ٥ شهور من التخزين على حرارة ٢٤ ± ٢°م، ورطوبة نسبية من ٤٠٪ إلى ٥٠٪ – بمالا

يقل عن الضعف مقارنة بمعاملة الكنترول التى لم تجرح فيها الأبصال (Yoo & Pike ١٩٩٥).

٧- فقد الحراشيف الجافة الخارجية:

تفقد بعض الأصناف حراشيفها الخارجية الجافة بسهولة، كما تتشقق حراشيف بعضها الآخر، ويؤدى ذلك إلى تدهور مظهر الأبصال وقيمتها التسويقية. كما يؤدى فقد الحراشيف إلى مضاعفة معدل الفقد فى الوزن، وتحفيز التزريع.

ويبدأ فقد الحراشيف الخارجية الجافة بتشققها نتيجة لسوء التداول فى أى مرحلة من مراحل الحصاد والإعداد أو التسويق، ويلى ذلك انفصال الحراشيف جزئيًا أو كليًا. كذلك يحدث الفقد نتيجة للتغيرات التى تحدث فى شكل الأبصال بسبب التجذير الداخلى وما يصاحبه من نمو فى الساق القرصية، واختراق لقواعد الحراشيف

٨- الصنف:

تختلف الأصناف فى قدرتها التخزينية، ويكون مرد ذلك إلى اختلافها فى فترة سكون أبصالها، وفى سرعة فقدها للرطوبة، وفى قابليتها للإصابة بالأمراض، وفى محتواها من المادة الجافة والسكريات.

وقد وجدت علاقة جوهرية موجبة بين نسبة المادة الجافة فى مختلف أصناف البصل وبين قدرتها على التخزين، وكانت هذه القدرة أعلى عند زيادة نسبة السكريات غير المختزلة إلى السكريات المختزلة.

كما وجد Rutherford & Whittle (١٩٨٤) علاقة موجبة بين محتوى الأبصال من الفراكتوز عند الحصاد وبين قدرتها على التخزين، وعلاقة أخرى سالبة بين وزن البراعم (مبادئ الأوراق والحراشيف الداخلية) والقدرة على التخزين. كما ارتبط نشاط إنزيم الإنفرتيز alkaline invertase إيجابيًا مع القدرة على التخزين. وقد تمكن الباحثان من التنبؤ بفترة التخزين من تقديرات محتوى الأبصال من الفراكتوز عند الحصاد.

وسائل زيادة القدرة التخزينية للأبصال

إن أهم الوسائل التى تتبع لزيادة القدرة التخزينية للأبصال، هى

١- إجراء عملية الحصاد فى المرحلة المناسبة من النضج، وبصورة سليمة

٢- إجراء عملية العلاج التجفيفى بصورة جيدة

٣- تداول الأبصال بحرص وفرزها بعناية لاستبعاد المصابة منها بالأمراض.

وإلى جانب ذلك، فإن زيادة القدرة التخزينية للبصل يمكن أن تتحقق من خلال واحدة أو أكثر من المعاملات التالية.

المعاملة بالهواء الساخن

وجد Thamizharasi & Narasimham (١٩٩٣) أن تعريض الأبصال لتيار من الهواء بلغت حرارته ٤٧-٥٠°م لمدة ٢-٤ ساعات قبل تخزينها على حرارة ٢١ ± ١°م لمدة ٤-٥ شهور أدى إلى نقص نسبة الإصابة بالأعفان إلى ٢,٨٪ فقط وكان تأثير المعاملة قويًا فى الحد من الإصابة بالفطر *Aspergillus niger* ولم تكن لهذه المعاملة تأثيرات ضارة على الأبصال، بينما أضيرت الأبصال التى تعرضت لتيار من الهواء بلغت حرارته ٨٠°م لمدة ٣٠ دقيقة، أو ٦٠°م لمدة ساعة

التبخير بالكبريت

أدى تبخير البصل بالكبريت بمعدل جرامين لكل كيلوجرام من الأبصال إلى تقليل الفاقد الناتج من الإصابات المرضية (معبرًا عنه بالوزن) أثناء التخزين جوهريًا، وذلك مقارنة بعدم المعاملة (الكنترول)، أو مقارنة بالمعاملة ببعض المبيدات الفطرية أو البكتيرية، وهى المانكوزب (٠,٢٥٪) والكربندازيم (١ ٠٪)، والكبتان (٢ ٠ ,)، والاستربتوسيكلين (٠,٠٥٪) (Padule وآخرون ١٩٩٦)

المعاملة بالإشعاع

تؤدى المعاملة بأشعة جاما إلى منع انقسام الخلايا فى القمة النامية للبصلة. ومنع

تزريعها، مثلما يحدث عند المعاملة بالماليك هيدرازيد. وتتراوح الجرعة المناسبة من التعرض للإشعاع بين ٢٠ و ١٥٠ Gy (الـ Gray الواحدة (Gy) = ١٠٠ راد Rad). ولا تُحدث الجرعة فى هذا المدى أى تأثير على طعم الأبصال أو محتواها من المركبات الغذائية، ولكن الجرعات الأعلى كثيرًا عن ذلك يمكن أن تقلل محتوى الأبصال من المركبات المسئولة عن النكهة المميزة.

ولكى تكون المعاملة بالإشعاع فعالة فإنها يجب أن تجرى بعد الحصاد مباشرة خلال فترة سكون الأبصال ويؤدى التأخير فى إجراء المعاملة إلى ضعف كفاءتها؛ نظرًا لأن البراعم تكون قد نمت داخليًا. وتتوقف الفترة التى يمكن أن تمر قبل المعاملة على الصنف وفترة سكونه، ودرجة حرارة التخزين التى يوضع فيها البصل لحين معاملته، وهى تتراوح بين شهر واحد وثلاثة شهور.

وقد وجد El-Gizawy وآخرون (١٩٩٣) أن معاملة البصل صنف جيزة ٢٠ بجرعة مقدارها ٤، أو ٦، أو ٨ كيلو راد krad من أشعة جاما أدت إلى منع التزريع كلية أثناء التخزين لمدة ٩ شهور فى ظروف تخزينية تذبذبت فيها الحرارة بين ١٢ و ٣٧°م، والرطوبة النسبية بين ٣٥٪ و ٨٦٪.

وبينما يكون تزريع البصل أقل ما يمكن فى حرارة ٢٦-٣٢°م، ويزداد فى حرارة ٤-٢٠°م، وكذلك فى حرارة متقلبة بين ٢٠، و ٣٠°م، فإن تعريض البصل لأشعة جاما بجرعة ٦-٩ كيلوراد يؤدى على تثبيط التزريع أثناء التخزين فى كل الظروف الحرارية المذكورة أعلاه بشرط أن تتم المعاملة خلال الأربعة عشر يومًا الأولى بعد الحصاد حينما تكون الأبصال فى حالة سكون. ويصاحب الإشعاع تغيرات فى لون مركز البصلة الذى يحدث فيه النمو (Thomas وآخرون ١٩٧٥)

وقد لوحظ فى كثير من حالات المعاملة بالإشعاع ظهور تلون قاتم فى أنسجة البصلة قريبًا من القمة النامية بعد أسابيع قليلة من المعاملة ويمكن التغلب على هذه المشكلة بتخزين الأبصال — بعد معاملتها بالإشعاع مباشرة — على حرارة صفر-٥°م وبينما تعود

هذه الحالة إلى الظهور بعد عدة أسابيع من نقل البصل إلى درجة الحرارة العادية، فإنها لا تظهر إذا استهلك البصل فى خلال شهر واحد من إخراجه من المخازن المبردة (عن Brewster ١٩٩٤)

لوحظ كذلك أن المعاملة بالإشعاع تُحدث فى البصل والثوم نقصًا مؤقتًا فى قوة النكهة المميزة والطعم، والمركب المسيل للدموع، ولكن هذا التأثير سرعان ما يختفى وتعود الأبصال إلى قوة نكهتها الطبيعية ويبدو أن مرد ذلك إلى ما قد تحدثه معاملة الإشعاع من تأثيرات ضارة على إنزيم الأليينيز. الذى سريعًا ما يتكون من جديد – وبتركيزه الطبيعى – بعد فترة قصيرة من التخزين (عن Fenwick & Hanley ١٩٩٠)

وقد وجد Kobayashi وآخرون (١٩٩٤) أن تعريض البصل لجرعة قدرها ٠,٢ kGy – وهى أعلى قليلاً من الجرعة المسموح بها – لم يكن لها أى تأثير معنوى على ٢٢ من أهم المركبات المسئولة عن النكهة المميزة للبصل بعد ثلاثة شهور من التخزين، حيث تشابه الكروماتوجرام الغازى للبصل المعامل بالإشعاع مع الكروماتوجرام الغازى للبصل غير المعامل، إلا أن معاملة البصل بجرعة مقدارها ٠,٥ kGy من أشعة جاما أحدثت فيه زيادة ملحوظة فى كل من مركبات الداى سلفايدز disulpides، والترای سلفايدز trisulphites مقارنة بكل من المعاملة بالجرعة الأقل (٠,٢ kGy) والكنترول

وليس للمعاملة بالإشعاع أية تأثيرات ضارة على صحة الإنسان، حيث لا تترك أى أثر متبق، كما أنها لا تحدث أى تأثيرات سلبية على مكونات البصلة ويسمح بتداول البصل المعامل بالإشعاع – وكذلك الثوم غالبًا – فى أكثر من ٢٦ دولة كذلك تسمح كل من منظمة الصحة العالمية، ومنظمة الأغذية والزراعة التابعتين للأمم المتحدة باستعمال البصل الطازج المعامل بجرعة قدرها ٠,١٥ kGy من أشعة جاما، بهدف منع ترزيعه أثناء التخزين

التخزين المبرد والعادى

يتعين لأجل المحافظة على جودة أبصال البصل أثناء التخزين لفترات طويلة

سرعة تبريده أوليًا إلى الصفر المئوى بمجرد معالجته، أو فى خلال شهر باستعمال الهواء الخارجى البارد إن وجد يؤدى التبريد الأولى السريع إلى منع الأعفان والتزريع أثناء التخزين. أما التبريد البطئ فيفيد عندما يكون لصنف البصل المخزن فترة سكون طويلة، وعندما تكون الظروف البيئية قد سمحت بمعالجته جيدًا قبل التخزين.

يمكن تخزين أبصال أصناف البصل الحريفة لمدة ٦-٩ شهور على الصفر المئوى مع ٦٥٪-٧٥٪ رطوبة نسبية وعند ارتفاع الحرارة والرطوبة النسبية عن تلك الحدود يزداد التزريع وتزداد الإصابة بالأعفان. أما البصل المتوسط الحرافة والبصل الحلو فيمكن تخزينه لمدة ١-٣ شهور، و ١٥-٣٠ يومًا تحت نفس الظروف السابقة، على التوالى (Adamicki ٢٠٠٤)

وتتوقف الطرق والظروف المناسبة لتخزين البصل على الغرض من التخزين، وطول فترة التخزين المتوقعة قبل تسويقه.

تخزين الأبصال لغرض الاستهلاك

يقتصر التخزين لغرض الاستهلاك على الأبصال السليمة الناضجة والمعالجة جيدًا فقط أما الأبصال غير الناضجة، أو غير المعالجة جيدًا، أو ذات الرقبة السميكة، فإنها تسوق بعد الحصاد مباشرة ولا تخزن ومع أن البصل يتحمل التخزين فى درجات الحرارة المرتفعة، والرطوبة النسبية المعتدلة أكثر من غيره من الخضروات، إلا أن فترة حفظ البصل بحالة جيدة تزداد عند إجراء التخزين فى درجة حرارة منخفضة، ورطوبة نسبية منخفضة

وأفضل الظروف للتخزين هى كما أسلفنا درجة حرارة الصفر المئوى، ورطوبة نسبية مقدارها ٦٥٪، حيث يمكن أن تبقى الأبصال بحالة جيدة لمدة تتراوح من ٢-٨ أشهر حسب الصنف وتعتبر الأصناف غير الحريفة، مثل: إيتاليان رد Italian Red أقل الأصناف قدرة على التخزين، بينما تعد الأصناف الحريفة، مثل الأصناف المصرية

عامة، والأصناف هوايت كريول White Creole، ورد كريول Red Creole، وأوستراليان براون Australian Brown من أكثر الأصناف تحملاً للتخزين

وتجدر الإشارة إلى أن بقاء الرطوبة النسبية فى حدود ٦٥٪ يعمل على تقليل إصابة الأبصال بالأمراض، حتى ولو ارتفعت درجة الحرارة إلى ٢٥–٣٥°م، ولكن فترة التخزين تكون أقل فى هذه الحالة.

ويمكن تخزين بعض الأصناف لمدة تقرب من السنة فى درجة حرارة صفر–٣°م، ورطوبة نسبية ٤٠٪ أو أقل

ولا يوصى بتخزين البصل على حرارة ٥–٢٥°م لأنها تناسب تزريع الأبصال

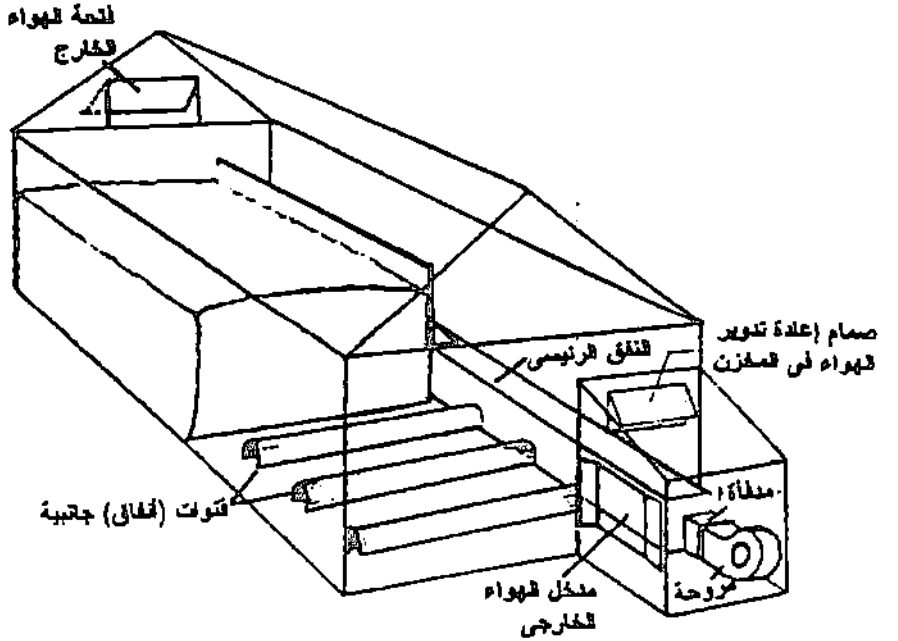
تخزين البصل سائباً فى المخازن المبردة

يمكن تخزين البصل سائبًا بارتفاع يصل إلى ثلاثة أمتار ويجب أن تصمم هذه المخازن بحيث تتحمل جدرانها الضغوط التى تقع عليها، وبحيث يتوفر فيها مجار (أنفاق) ducts، وتهوية من تحت الأرض لدفع الهواء الخارجى أو الهواء المبرد خلال كومة البصل (شكل ٤–١)

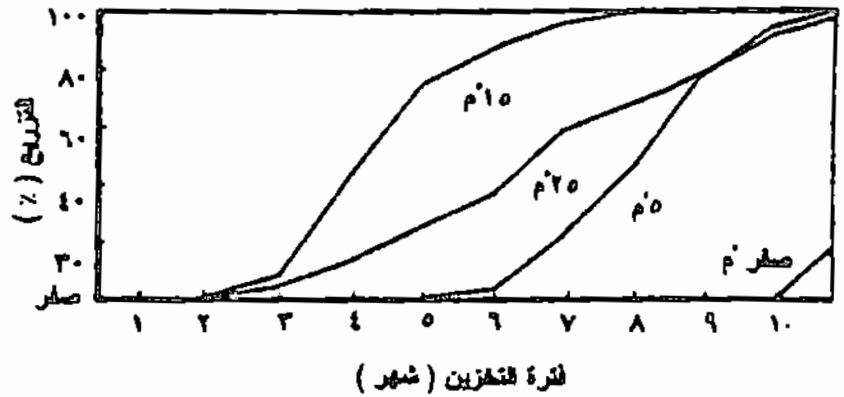
توضع أجهزة رصد درجة الحرارة والرطوبة النسبية – التى تتحكم فى تشغيل المراوح، وفتحات التهوية لدخول الهواء الخارجى، والمدفئات، ومعدل دفع تيار الهواء – توضع داخل كومة البصل

وبعد التجفيف الأولى والعلاج تخفض حرارة الأبصال بمعدل ٥ °م يوميًا، بخلط الهواء المسحوب من الخارج بالهواء الذى يتم إعادة تحريكه داخل المخزن ولا يسحب الهواء الخارجى إلى داخل المخزن إلا إذا كانت حرارته تقل عن حرارة هواء المخزن بثلاث درجات كحد أدنى، ولتجنب تجمد الأبصال لا يسحب الهواء الذى تقل حرارته عن –٢°م ويتم التحكم فى سرعة سحب الهواء الخارجى – الذى تنخفض رطوبته النسبية – بهدف المحافظة على رطوبة نسبية تتراوح بين ٧٥٪

و ٨٥٪، ويدفع الهواء خلال البصل السائب – عادة – بمعدل ١٧٠م^3/ساعة/طن من البصل المخزن خلال عملية التبريد وباستعمال هذا الهواء الخارجي فإن درجة حرارة هواء المخزن يمكن المحافظة عليها بين ٣°م، و ٥°م خلال فصل الشتاء في المناطق الباردة أما إذا كانت الهواء الخارجي ليس باردًا بالقدر الذى يلزم لإجراء التبريد اللازم للمخزن فإنه يتم تبريد الهواء الذى يعاد تمريره داخل المخزن حتى صفر إلى –١ °م، مع المحافظة على الرطوبة النسبية بين ٧٥٪، و ٨٥٪. فعند هذه الدرجة من الرطوبة لا تنمو الأعفان على الأبصال، وتبقى الحراشيف الجافة مرنة، والتبخر بطيئًا وبالمحافظة على الحرارة عند –١°م إلى صفر°م، والرطوبة النسبية بين ٧٥٪ و ٨٥٪ فإن الأبصال ذات القدرة التخزينية الجيدة يمكن حفظها بحالة صالحة للتسويق لمدة ١٠ شهور (شكل ٤–٢).



شكل (٤–١) رسم تخطيطى لمخزن بصل مبرد



شكل (٤-٢): العلاقة بين فترة التخزين على درجات حرارة مختلفة ونسبة التزريع فى صنف البصل Sapporo-ki (Tanaka 1991).

ويجب دفع تيار من الهواء خلال الأبصال المخزنة، بمعدل ١/١ إلى ١/١م٣ فى الدقيقة لكل متر مكعب من حيزّ المخزن، حتى بعد وصول درجة الحرارة والرطوبة النسبية إلى الحدود المناسبة للتخزين.

كذلك يجب رفع درجة حرارة الثلاجات تدريجيًا قبل إخراج البصل منها للتسويق، وذلك حتى لا تتكثف الرطوبة على الأبصال. وهى الظاهرة التى تعرف باسم (العرق) Sweating، والتى تؤدى إلى زيادة فرصة الإصابة بالأمراض. ويزداد تكثف الرطوبة على الأبصال بزيادة الرطوبة النسبية فى الجو الخارجى وقت إخراج البصل من المخازن، وبزيادة الفرق فى درجة الحرارة بين المخزن والجو الخارجى.

وقد أدى تخزين البصل من صنف Sapporo-ki فى الحرارة المنخفضة (صفر أو ٥°م) إلى تأخير التزريع، وظلت نوعية الأبصال بحالة جيدة بعد ٧ شهور من التخزين فى درجة الصفر المئوى، واستمرت محتفظة بجودتها لمدة ١٥ يوم أخرى على ١٥°م، أو لمدة ٩ أيام على حرارة ٢٥°م ولم تتكون جذور داخلية فى الأبصال التى خزنت فى حرارة ٢ °م أو ٣٠°م وبدا أن العوامل التى تتحكم فى التجذير الداخلى والتزريع تورث مستقلة

وتوقف فقد قشور البصل الخارجية الجافة على العوامل الميكانيكية (مثل الاهتزازات، والاحتكاكات، والضغوط)، والتغيرات فى شكل البصلة بسبب التجذير الداخلى. وأدى تشقق القشور إلى فقدها. واختلفت الأصناف فى سمك قشورها ومتانتها.

خلت الأبصال – تقريبًا – من الأعفان بعد ٨ شهور من التخزين على الصفر المئوى، ولكن نسبة الإصابة بالأعفان ازدادت بدرجة ملحوظة بارتفاع درجة حرارة التخزين، وكانت الإصابة فى رطوبة نسبية ٩٥٪ أكثر مما كانت عليه فى رطوبة نسبية ٦٥٪-٧٥٪ (Tanaka ١٩٩١).

تخزين البصل فى الحرارة العالية

تكون فترة تخزين البصل فى حرارة ٢٥°م أطول عما فى حرارة ١٥-٢٠°م. ولذا .. فإن تقنيات تخزين البصل فى المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية تعتمد على المحافظة على بقاء درجة الحرارة عالية لإطالة فترة سكون الأبصال. ولتجنب عفن الأبصال فإنها يجب أن تبقى جافة ومهواة جيدًا وإن لم تتوفر التهوية بنظام الدفع الجبرى للهواء من خلال الأبصال فإن الأبصال يجب أن تكون فى طبقة أو طبقتين، أو على صورة حزم؛ ليمكن للهواء أن يمر بحرية حول قواعد الأبصال ويفضل تخزين البصل فى طبقات رقيقة على رفوف من الشباك السلكية

وإذا توفر نظام الدفع الجبرى للهواء فإن البصل يمكن أن يخزن سائبًا بارتفاع مترين. وتستعمل المدفئات لتجنب انخفاض الحرارة عن ١٨°م ومنع زيادة الرطوبة النسبية عن ٧٥٪، وذلك لأن نفاذية الحراشيف لبخار الماء تزداد فى الرطوبة النسبية الأعلى من ٧٥٪؛ الأمر الذى يؤدى إلى زيادة فقد الرطوبة من الأبصال فى ظروف الحرارة العالية، وهو ما لا يحدث فى ظروف الحرارة الشديدة الانخفاض فى المناطق الباردة. وبتوفير المدفئات ودفع الهواء بمعدل ٢,٥م^{٣}/دقيقة/م^{٣} من البصل المخزن، فإن هذه المخازن يمكن أن تستعمل – كذلك – فى علاج الأبصال

تكون الأبصال المخزنة فى الحرارة العالية أفضل لونًا من تلك المخزنة فى المخازن الباردة، ولكن يزداد الفقد الرطوبى من الأبصال، وتزداد نسبة الإصابة بمختلف الأعفان عند التخزين فى الحرارة العالية مقارنة بالتخزين فى الحرارة المنخفضة (عن Brewster ١٩٩٤).

التخزين فى الجو المعدل وفى الجو المتحكم فى مكوناته

يعمل التخزين فى هواء يحتوى على تركيزات مرتفعة من ثانى أكسيد الكربون، وتركيزات منخفضة من الأكسجين – مقارنة بالهواء العادى – على زيادة فترة بقاء البصل بحالة جيدة أثناء التخزين

ولا يعد التخزين فى الجو المعدل أمرًا اقتصاديًا بالنسبة لمعظم أصناف البصل، ذلك لأنه يمكن تخزينها لفترات طويلة دونما حاجة إلى هذا الإجراء، ويستثنى من ذلك أصناف البصل التى لا تصلح للتخزين، مثل الأصناف غير الحريفة من طراز برمودا Bermuda، كالصنف جرانكس Granex الذى لا يخزن لمدة تزيد عن الشهر أو الشهرين فى درجة الصفر المئوى فقد أوضحت دراسات Smittle (١٩٨٨) أن أبصال هذا الصنف تفقد ١٢٪ إلى ١٥٪ من وزنها فى حرارة الغرفة (٢٧°م) بينما احتفظت جميع الأبصال بجودتها لمدة ٧ شهور على ١°م فى ٥٪ CO_2، و ٣٪ O_2، مع رطوبة نسبية ٧٠٪ إلى ٨٥٪، وبقيت أكثر من ٩٢٪ من هذه الأبصال بحالة صالحة للتسويق لمدة ثلاثة أسابيع إضافية بعد إخراجها من المخزن هذا إلا أن نوعية هذه الأبصال تدهورت أثناء التخزين، حيث انخفضت فيها نسبة السكر، وازدادت حرافتها وكان التدهور فى نوعية الأبصال أشد عندما خزنت فى حرارة ١°م فى الهواء عنه فى ١°م أو ٥°م فى ٥٪ CO_2، و ٣٪ O_2، مع ٧٠٪–٨٥٪ رطوبة نسبية فى جميع الحالات

وعمومًا قد يكون من المفيد تخزين البصل الحلو فى هواء متحكم فى مكوناته CA يتكون من ٣٪ أكسجين + ٥٪ إلى ٧٪ ثانى أكسيد كربون، وكذلك البصل المجهز للمستهلك فى ٥ ١٪ أكسجين + ١٠٪ ثانى أكسيد الكربون، أما الأبصال الكاملة

للأصناف الحريفة فلا تستفيد من التخزين فى الـ CA، بل أنها تضار فى < ١٪ أكسجين + ١٠٪ ثانى أكسيد كربون (Suslow ٢٠٠٧).

ويؤدى التخزين فى هواء معدل يحتوى على ١٠٪ ثانى أكسيد كربون إلى انهيار الأنسجة الداخلية للبصلة، وربما كان مرد ذلك إلى تنفس خلايا الأبصال لاهوائيًا فى هذه الظروف.

وقد وجد Hoftun (١٩٩٣) أن زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الموجود فى داخل أنسجة البصلة عن ١٣٪، ونقص نسبة الأكسجين عن ٤٪ أدت إلى انهيار الحراشيف المتشحمة للبصلة واكتسابها مظهرًا مبتلاً، وهى الظاهرة التى تعرف باسم Watery Scales

وبينما أدى تخزين أبصال البصل فى الهواء العادى إلى زيادة محتواها من كل من حامض البيروفيك pyruvic acid (اختصارًا PA)، والـ S-alk(en)yl-L-cysteine sufloxide (اختصارًا ACSO) الكلية جوهريًا (٩٪-١١٪)، فإن تلك المكونات انخفضت جوهريًا بالتخزين فى الجو المتحكم فيه (CA)، حيث انخفضا بنسبة ٤٨٪، و ١٩٪ – على التوالى – فى ٢٪ أكسجين + ٢٪ ثانى أكسيد كربون، وبنسبة ٥ ١٣٪، و ٢٢٪ – على التوالى – فى ٢٪ أكسجين + ٨٪ ثانى أكسيد كربون وقد ازداد نشاط إنزيم الأليناز alliinase عند التخزين فى كل من الهواء العادى والـ CA الذى يتكون من ٢٪ أكسجين + ٢٪ ثانى أكسيد كربون، ولكنه انخفض فى CA يتكون من ٢٪ أكسجين + ٨٪ ثانى أكسيد كربون. كذلك تغيرت نسب مختلف الـ ACSOs أثناء التخزين. فقبل التخزين شكلّ الـ trans-(+)-S-(1-propenyl)-L-cysteine sulfoxide أعلى نسبة (٤٩,٢٪) وتلاه الـ (+)-S-methyl-L-cysteine sulfoxide (اختصارًا MCSO، ٣١,٥٪)، ثم الـ (+)-propyl-L-cysteine sulfoxide (اختصارًا PSCO، ١٩,٣٪) ومع التخزين انخفضت نسبة الـ PCSO فى كل من الهواء والـ CA الذى يتكون من ٢٪ أكسجين + ٢٪ ثانى أكسيد كربون، مع زيادة فى الوقت ذاته فى نسبة الـ MCSO ويعنى ذلك أن التخزين فى الـ CA خفض من حرافة البصل ومحتواه من المركبات

المسئولة عن الطعم بخفضه للمركبات الأولية للطعم والنشاط الإنزيمى (Eddin & MacTavish ٢٠٠٣)

الطرق المتبعة فى تخزين أبصال الاستهلاك فى مصر

يخزن البصل المعد للاستهلاك فى مصر بإحدى الطرق التالية

١- التخزين فى نوّالات

النوّالة عبارة عن مظلة مسقوفة تسمح بدخول الهواء فيها بحرية، وتمنع دخول ضوء الشمس المباشر وهى تتكون غالبًا من قوائم خشبية تدعم السقف، وقد تبنى جدرانها إلى ارتفاع بسيط.

٢- التخزين تحت جمالونات.

الجمالون عبارة عن مظلة يخزن تحتها البصل فى أجولة توضع على عروق خشبية بعيدة عن الأرض وذلك حتى لا تتعرض الأبصال للرطوبة الأرضية ويتميز التخزين تحت الجمالونات بأن التهوية تكون جيدة، وأن الأبصال لا تتعرض فيها لضوء الشمس المباشر

٣- التخزين فى العنابر

العنابر عبارة عن غرف معزولة الجدران والأسقف، ويمكن التحكم فى درجة الحرارة والرطوبة النسبية فيها بالتحكم فى فتحات التهوية وتستخدم بعض المركبات الكيميائية، مثل كربونات الكالسيوم لامتصاص الرطوبة من جو العنبر بوضعها فى طبقات رقيقة فى أركان المخزن، كما يمكن تجفيفها وإعادة استخدامها عدة مرات وتتم حماية العنابر من القوارض بتغطية فتحات التهوية بشباك من السلك

ويوضع البصل فى المخازن فى مصر بإحدى الطرق التالية:

١- فى أكوام

يكوم البصل فى مراود بطول ١٠م، وعرض ١.٥م، وارتفاع ٧٠-١٠٠سم وتكون المراود متوازية، وتفصل بينها مسافة ٥٠-١٠٠سم، ثم تغطى الأبصال بقش الأرز، ويمكن بهذه الطريقة تخزين نحو ١٠٠٠ طن من البصل فى مساحة فدان واحد

٢- فى القاعات:

تكون الأبصال فى طبقات يصل ارتفاعها إلى نحو ٣ أمتار فى قاعات مجهزة بمراوح تدفع الهواء لكى يتخلل الأبصال.

٣- فى طبقات:

حيث يكوم البصل فى طبقات يفصل بينها قش الأرز، أو (قصل) الحلبة. أو الفول.

٤- فى أجولة (مرسى وآخرون ١٩٧٣)

تخزين البصيلات المعدة لاستخدامها كتقاو لإنتاج محصول من البصل

تجب مراعاة أن يكون تخزين البصيلات المعدة لاستخدامها كتقاو – لإنتاج محصول من البصل – فى ظروف تسمح بالمحافظة عليها فى صورة جيدة، على ألا تؤدى هذه الظروف إلى تهيئتها للإزهار؛ وذلك لأن البصيلات التى يزيد قطرها عن ٢,٥ سم تتهيأ للإزهار إذا ما خزنت على حرارة تقل عن ١٠°م لفترة طويلة أما البصيلات التى يقل قطرها عن ٢,٥سم، فإنها تكون غالبًا فى طور الحداثة، ولا تستجيب للحرارة المنخفضة ويؤدى التخزين فى حرارة شديدة الانخفاض (من صفر إلى -١°م) إلى خفض نسبة النباتات التى تتجه نحو الإزهار بالمقارنة بالتخزين فى درجة حرارة ٢-٧°م ولذا فإن أفضل حرارة لتخزين البصيلات هى الصفر المئوى ومع أن التخزين فى حرارة ٢٧°م لا يهيئ البصيلات للإزهار، كما أن التخزين فى حرارة ٣٠°م لمدة ٨-١٧ أسبوعًا يمنع الاتجاه نحو الإزهار، إلا أن درجات الحرارة المرتفعة هذه تؤدى إلى زيادة معدلات الفقد فى الوزن، وزيادة نسبة الإصابة بالعفن أما الرطوبة النسبية، فإنها يجب أن تتراوح بين ٦٥٪ و ٧٠٪ (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

تخزين الأبصال المعدة لاستعمالها كتقاو لإنتاج البذور

تستعمل الأبصال العادية المتوسطة الحجم كتقاو لإنتاج بذور البصل، ويراعى عند

تحرين هذه الأبصال أن يكون فى ظروف تحفظها جيدًا وأن تهيئتها للإزهار فى آن واحد وقد وجد أن أنسب حرارة لتهيئة الأبصال للإزهار تتراوح بين ٧ و ١٣°م، إلا أن ذلك المدى لا يناسب تخزين الأبصال لفترة طويلة، لذا فإنه ينصح عند الرغبة فى تخزين التقاوى المعدة لاستخدامها فى حقول إنتاج البذور – لفترة طويلة – بأن يكون ذلك فى درجة الصفر المئوى من بداية التخزين حتى قبل الزراعة بنحو ٦ أسابيع، حيث ترفع درجة حرارتها خلال الفترة الأخيرة إلى ٧–١٣°م وتكون الرطوبة النسبية الملائمة للتخزين حوالى ٦٠٪ (Hawthorn & Pollard ١٩٥٤)، بينما لا تؤثر الإضاءة التى تتعرض لها الأبصال فى المخازن على محصول البذور (DeMille & Vest ١٩٧٦)

التغيرات التى تطرأ على الأبصال أثناء التخزين

إن من أهم التغيرات التى تطرأ على الأبصال أثناء التخزين ما يلى

التزريع

يحدث التزريع عند تعرض البصل لحرارة قدرها ١٥°م (أو من حوالى ١٢–١٨°م)، وتنخفض نسبة التزريع تدريجيًا بانخفاض، أو بارتفاع درجة الحرارة عن ذلك المدى إلى أن تصبح أقل ما يمكن فى درجتى الصفر و ٣٠°م. ويبدأ التزريع فى مصر فى شهر نوفمبر، وتزداد نسبته مع استمرار مدة التخزين وليس للرطوبة النسبية المرتفعة سوى تأثير قليل على تزريع البصل

ويرجع التزريع نتيجة لاستطالة الأوراق الموجودة فى البصلة من موسم النمو السابق، وليس نتيجة لتكوين بادئات أوراق جديدة ويدل ظهور النبت خارج البصلة (أى تزريعها) على أن الاستطالة قد بدأت قبل ذلك ببضعة أسابيع، الأمر الذى تزداد سرعته فى الحرارة المعتدلة، مقارنة بحرارة صفر–٢°م، أو ٢٥–٣٠°م (Ramin ١٩٩٩)

ونظرًا للتحفظات على استعمال المالييك هيدرازيد كمثبط لتزريع البصل فقد اتجهت

الدراسات نحو البحث عن بدائل أخرى له — من ذلك ما وجد من أن الأصناف Summit، و Wembley، و Trafford تعد قليلة التزريع، وأن حصادها مبكرًا عند ميل ٢٠٪-٥٠٪ فقط من النباتات أدى إلى انخفاض فى التزريع بعد فترة تخزين طويلة، حيث تأخر التزريع بمقدار ٧-١٠ أيام مقارنة بالصاد عند ميل ٨٠٪ من النباتات، ولكن صاحب ذلك انخفاض فى المحصول قدر بنحو ١٥٪. ومن الممارسات الأخرى التى وجد أنها تقلل التزريع التخزين على ١°م، مقارنة بالتخزين على ٥°م، والزراعة بالشتلات مقارنة بالزراعة بالبذرة مباشرة، وعدم المبالغة فى الرى والتسميد الآزوتى (Grevsen & Sorensen ٢٠٠٤).

نمو الجذور

تعتبر الرطوبة النسبية العالية العامل المسئول عن نمو الجذور بالأبصال، إذ تتكون مبادئ جذور جديدة عند ارتفاع الرطوبة النسبية، وتنمو الجذور مخترقة الساق القرصية. وقواعد الأوراق الحرشفية لتعطى البصلة مظهرًا كثًا وتزداد كذلك قوة نمو الجذور فى درجات الحرارة المعتدلة (حوالى ١٥°م)، عنه فى درجات الحرارة الأقل أو الأعلى من ذلك، إلى أن يصبح نموها أقل ما يمكن فى درجتى حرارة الصفر و ٣٠°م، كذلك . فإن جرح الأبصال يشجع نمو الجذور هذا إلا أن الجذور لا تتكون إذا كانت الرطوبة النسبية أقل من ٧٠٪ مهما كانت الظروف الأخرى.

يتشابه التجذير مع التزريع من حيث استجابتهما لدرجة حرارة التخزين، إلا أن الدرجة المثلى للتجذير تقل قليلاً عن الدرجة المثلى للتزريع

وكما أسلفنا فإنه يوجد نوعان من التجذير. خارجى وداخلى ويحدث التجذير الخارجى من السطح الخارجى للساق القرصية الأصلية للبصلة، بينما تتكون مبادئ الجذور الجديدة — فى حالة التجذير الداخلى — على ساق جديدة تتكون على الجانب الداخلى للساق الأصلية وتتكون هذه الجذور الجديدة داخل البصلة، ثم تخترق قواعد الحراشيف المحيطة بالساق القرصية الأصلية إلى أن تظهر خارجيًا وبينما تكون الجذور

لناتجة من التجذير الخارجي ضعيفة ورفيعة، فإن الجذور التي تنتج من التجذير الداخلي تكون قوية وسميكة

وعند ابتلال الأبصال فإن التجذير الخارجي يحدث في خلال أيام قليلة على حرارة ٥–٣٠°م وبالمقارنة فإن التجذير الداخلي يبدأ داخل البصلة في خلال ١٠–٢٠ يومًا من بداية التخزين – حسب درجة حرارة التخزين – ويصبح ظاهرًا خارج البصلة بعد أكثر من شهرين من التخزين. ويعني ذلك أن التجذير الخارجي ليس له فترة سكون، بينما يتحكم السكون في التجذير الداخلي ويتهيأ التجذير الداخلي للحدوث في درجات الحرارة المتوسطة التي تتراوح بين ١٥ و ٢٠°م، مثل التزريع وفي المقابل فإن المدى المناسب لاستمرار نمو الجذور بعد بداية تكونها ينخفض حتى ٥°م، وهي حرارة مثبطة للتزريع وليس للرطوبة النسبية تأثيرات تذكر على تكوين مبادئ الجذور الداخلية أو اختراقها لحراشيف البصلة، ولكن الرطوبة العالية تحفز نمو الجذور بمجرد بروز قمتها النامية من سطح البصلة (Komochi ١٩٩٠)

وفي دراسة أجريت على ١٠أصناف من البصل وخزنت فيها الأبصال على ١٠°م بعد ٤ أسابيع من الحصاد، تراوحت الفترة التي لزم انقضاؤها لحين تزريع ٥٠٪ من الأبصال بين ١٤٩ يومًا و ٣١٠ أيام حسب الصنف، بينما استغرق تجذير الأبصال على فيرميكيوليت مرطب من ٨ أيام إلى ٥١ يومًا وحينما خزنت الأبصال على حرارة ٥، و ١٠، و ١٥، و ٢٠، و ٢٥، و ٣٠°م . تراوح المدى الأمثل للتزريع بين ١٠، و ٢٠°م، وللتجذير بين ١٠، و ١٥°م، بينما ثبُط كلا من التزريع والتجذير في حرارة ٥°م، و ٣٠°م (Miedema ١٩٩٢)

الفقد الرطوبي وانكماش الأبصال

يؤدي فقد الرطوبة من الأبصال إلى انكماشها، ويتوقف معدل فقد الرطوبة على كل من درجة الحرارة والرطوبة النسبية ويزداد الفقد مع ارتفاع درجة الحرارة وانخفاض الرطوبة النسبية ويعد التزريع من أهم العوامل التي تؤدي إلى انكماش الأبصال

وقد كان الفقد فى الوزن فى صنف البصل Autumn Spice بمعدل ٠,٨٪ شهريًا، وذلك عندما خُزِّن فى رطوبة نسبية ٧٥٪-٨٠٪، وعلى حرارة صفر-٥°م، بينما كان الفقد ٠,١٥٪ فقط شهريًا فى رطوبة نسبية ٩٨٪-١٠٠٪. وفى أحد الأصناف المصرية كان الفقد فى الوزن ١,٠٧٪ خلال الشهر الأول من التخزين، ووصل إلى ١٦,٩٠٪ بعد ٩ شهور على الصفر المئوى، بينما كان الفقد ٥,٠٦٪ خلال الشهر الأول، وبلغ ٣٨,٣٢٪ بعد ٩ شهور من التخزين على حرارة ٢١,١-٣٥,٠°م، ودون تحكم فى الرطوبة النسبية. وأرجع جل هذا الفقد فى الوزن إلى تبخر الرطوبة من الأبصال.

ويحدث تبخر الرطوبة على الجانب الداخلى للحراشيف، ثم ينساب بخار الماء إلى خارج البصلة من خلال الرقبة، ويكون معدل فقد الرطوبة عاليًا بعد الحصاد مباشرة، ثم يظل منخفضًا وثابتًا بعد ذلك (عن Komochi ١٩٩٠).

وقد قدر الفقد فى الوزن الذى يعود إلى التنفس بنحو ٠,١٣٪-٠,٣٠٪ من الوزن الطازج شهريًا، وتراوح — بالتالى — بين ١٤٪ و ٢٠٪ من الفقد الكلى فى الوزن

التغيرات فى اللون

يتأثر لون الأبصال المخزنة بكل من درجة الحرارة والرطوبة النسبية، فيؤدى تعرضها لدرجة حرارة أعلى من ٣٨°م لأكثر من يومين إلى تلون الحراشيف الخارجية بلون قاتم ضارب إلى السوداء، بينما تحسن الرطوبة النسبية الأعلى من ٧٠٪ من لون الأبصال.

ويؤدى تعريض الأبصال لإضاءة شديدة لأيام قليلة إلى اخضرارها وخاصة فى الأصناف البيضاء، حيث تكتسب قواعد الأوراق المتشحمة الخارجية لونًا أخضرًا باهتًا أو داكنًا (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

التغيرات فى السكريات

وجد أن محتوى الأبصال من الفراكتوز يزداد أثناء التخزين نتيجة لتحلل السكريات

المخزنة، وهى التى تكون على صورة فروكتانات fructans ذات وزن جزيئ منخفض، وسكروز (عن Rutherford & Whittle ١٩٨٤)

التغيرات فى المركبات المسئولة عن النكهة

تختلف أصناف البصل فى التغيرات التى تحدث فى محتوى أبصالها من المركبات المسئولة عن النكهة المميزة أثناء التخزين؛ فمثلاً وجد أن حامض البيروفيك المتكون إنزيميًّ (أ) قل أو ازداد خطيًّا فى الأصناف القصيرة النهار بزيادة فترة التخزين من ثلاثة إلى ستة شهور على ٢–٨°م، ورطوبة نسبية ٧٥٪–٨٥٪. (ب) نقص خطيًّا أو تربيعيًّا quadratically فى أصناف البصل المتوسطة النهار والطويلة النهار (Kopsell & Randle ١٩٩٧).

التغيرات فى النشاط الإنزيمى

تتميز أصناف البصل الغنية بالمادة الجافة بصلابة أبصالها عند الحصاد وبطء فقدها لصلابتها أثناء التخزين، كما تزداد فيها سماكة الجدر الخلوية والصفيحة الوسطى، وتكون عالية المحتوى من حامض اليرونك uronic acid. كذلك تتميز تلك الأصناف بانخفاض نشاطها فى كل من الـ polygalacturonase، والـ pectin methyl-esterase أثناء التخزين وتكون تلك الصفات كلها عكسية فى الأصناف ذات القدرة الضعيفة على التخزين، بينما تكون بصورة وسطية فى الأصناف المتوسطة القدرة على التخزين هذا. إلا أن جميع الأصناف تتماثل فى نشاط السيليوليز cellulase عند الحصاد، ثم ينخفض نشاطه تدريجيًّا أثناء التخزين وقد أوضح الفحص بالمجهر الإلكترونى عند الحصاد وبعد ١٢ أسبوعًا من التخزين تحللاً بالصفيحة الوسطى أثناء التخزين (Coolong وآخرون ٢٠٠٨)

ظهور العيب الفسيولوجى: الحراشيف المائية

إن أعراض الحراشيف المائية watery scales فى البصل هى ظهور الحراشيف بمظهر

جلدى سميك، وعند تقشيرها تبدو الحراشيف اللحمية التى توجد وراءها مائية وزجاجية المظهر، وقد تصاب تلك الأبصال بالأعفان الفطرية والبكتيرية بسهولة

ولقد لوحظ ظهور ذلك العيب الفسيولوجى عند زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الداخلى للأبصال عن ١٣٪ وانخفاض الأكسجين عن ٤٪، ويعتقد بأن البصل أكثر حساسية لزيادة ثانى أكسيد الكربون من حساسيته لانخفاض الأكسجين (Hoftun ١٩٩٣)

تنفس أبصال البصل أثناء التخزين وإنتاجها من الإثيلين

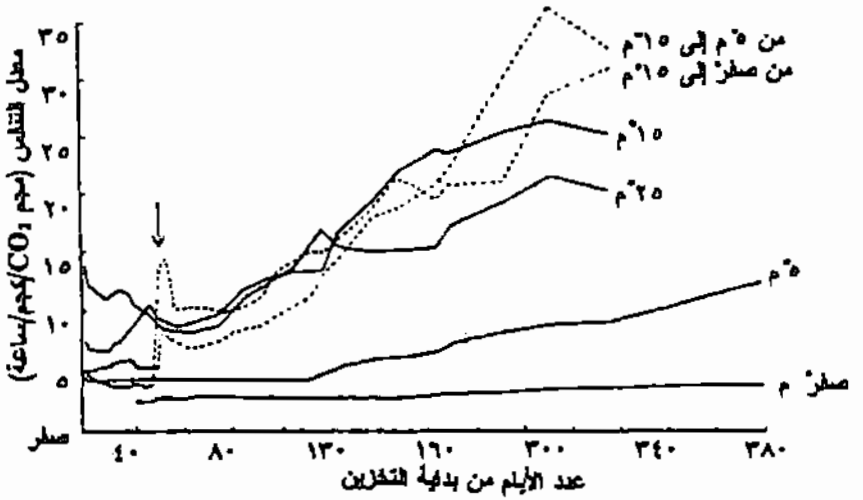
تتميز أبصال البصل الساكنة بانخفاض معدل التنفس فيها بصورة ملحوظة؛ إذا ما قورن بمعدل التنفس فى محاصيل الخضر الأخرى، كما يتضح من جدول (٤-١)

جدول (٤-١): معدل التنفس (CO_2) المنطلق بالملليجرام لكل كيلو جرام من الخضر فى الساعة) فى مختلف درجات الحرارة فى البصل والثوم، مقارنة ببعض محاصيل الخضر الأخرى الدرنية، والجذرية، والورقية (عن Brewster ١٩٩٤).

الخضر	حرارة التخزين (°م)				
	صفر	٥	١٠	١٥	٢٠
أبصال البصل (صنف Bedfordshire Champion)	٣	٥	٧	٧	٨
أبصال الثوم	--	١٠-٥	—	—	—
الكرات أبو شوشة (صنف Musselburgh)	٢٠	٢٨	٥٠	٧٥	١١٠
البطاطس (صنف King Edward)	٦	٣	٤	٥	٦
الكرنب (صنف Decema)	٣	٧	٨	١٣	٢٠
الجزر	١٣	١٧	١٩	٢٤	٢٣
الخس (صنف Kloek)	١٦	٢٤	٣١	٥٠	٨٠
السبانخ	٥٠	٧٠	٨٠	١٢٠	١٥٠

ويزداد معدل تنفس أبصال البصل مع ازدياد فترة التخزين. ومع ارتفاع درجة حرارة التخزين. كما يتضح من شكل (٤-٣)

هذا إلاّ أن الزيادة فى معدل تنفس الأبصال الكاملة الساكنة مع الارتفاع فى درجة حرارة التخزين تكون قليلة بدرجة ملموسة، إلى أن تصل حرارة التخزين إلى ٤٠°م، حيث يزداد معدل التنفس – حينئذٍ – بشدة، وربما كان مرد ذلك إلى الأضرار التى تُحدثها الحرارة المرتفعة بالأبصال وتبلغ قيمة Q_{10} لتنفس أبصال البصل (الزيادة فى معدل التنفس مقابل كل ارتفاع فى درجة الحرارة قدره ١٠ درجات مئوية) – فى مدى حرارى يتراوح بين ١٠°م و ٣٠°م – حوالى ١٣ وإذا جرحت الأبصال فإن تنفسها يزداد زيادة كبيرة ويبلغ أقصاه بعد نحو ١٢ ساعة، وتبلغ قيمة Q_{10} لمثل هذه الأبصال المجروحة حوالى ٢,٣



شكل (٤-٣) معدل تنفس أبصال البصل صنف Sapporo-ki أثناء تخزينها على درجات حرارة ثابتة (الصفر المئوى و ٥ م، و ١٥ م، و ٢٥ م) أو بعد نقلها (عند السهم) من صفر أو ٥ م إلى ١٥ م (عن Brewster ١٩٩٤).

وإذا أزيلت الحراشيف الجافة الخارجية للأبصال فإن معدل تنفس الأبصال يتضاعف

تقريبًا كما يزداد معدل فقدها للرطوبة. وتكون هذه الأبصال أسرع تزريعًا من غيرها من الأبصال التى لم تفقد حراشيفها الخارجية. وربما تعمل الحراشيف الجافة الخارجية كحاجز قوى أمام انتشار الغازات من خارج البصلة إلى داخلها وبالعكس؛ الأمر الذى يؤدى إلى انخفاض نسبة الأكسجين إلى ثانى أكسيد الكربون فى أنسجة الأبصال المخزنة. ويتشابه ذلك فى تأثيره مع تأثير التخزين فى الجو المعدل الذى ترتفع فيه نسبة ثانى أكسيد الكربون، وتنخفض فيه نسبة الأكسجين، والذى يؤدى إلى تأخير التزريع مقارنة بالتزريع فى الأبصال المخزنة فى الجو العادى. ولذا .. فإن بقاء الحراشيف الخارجية الجافة المحيطة بالأبصال فى مكانها يعمل على تعديل الهواء الداخلى بالبصلة؛ مما يؤدى إلى تأخير التزريع (عن Brewster ١٩٩٤).

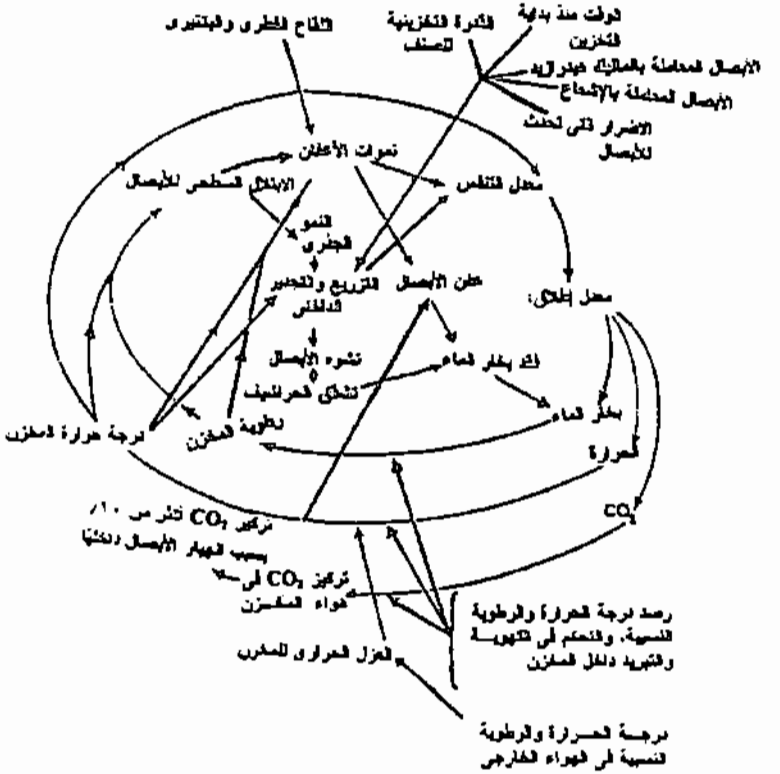
هذا . وتُنتج أبصال البصل الكاملة الإثيلين بمعدل يقل عن ٠,١ ميكروليتر لكل كيلوجرام فى الساعة. وقد يؤدى تعريض الأبصال للإثيلين إلى تحفيز التزريع والإصابة بالأعفان

الأحداث الفسيولوجية، والمرضية، والفيزيائية المؤثرة فى تكنولوجيا التخزين

إن الهدف من تكنولوجيا تخزين البصل هو الاحتفاظ به فى حالة جيدة لأطول فترة ممكنة، ليس فقط خلال فترة التخزين، ولكن لعدة أسابيع أخرى بعد إخراج البصل من المخزن، وهى الفترة التى تلزم للنقل، والتسويق، وحتى الاستهلاك. وللوصول إلى هذا الهدف تتبع إحدى استراتيجيتين: (١) التخزين فى أقل درجة حرارة ممكنة فوق درجة التجمد التى تحدث عندها أضرار التجمد، وهى -٢°م، و (٢) الاستفادة من خاصية سكون الأبصال فى الحرارة المرتفعة بالمحافظة على درجة الحرارة قريبة من ٣٠°م وتتبع الطريقة الأولى لتخزين البصل فى المناطق الباردة، بينما يشيع استخدام الطريقة الثانية فى المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية.

إن الأحداث الفسيولوجية والمرضية التى تأخذ مجراها فى مخازن البصل تتفاعل مع الأحداث الفيزيائية من تبادل حرارى وتبادل لبخار الماء؛ مما يؤثر على الظروف البيئية

في المخزن ويوضح شكل (٤-٤) كيفية تأثير العوامل الرئيسية في المخازن وتفاعلها معا



شكل (٤-٤) العوامل الهامة، والأحداث أو العمليات والتفاعلات التي تأخذ مجراها في داخل مخازن البصل، والتي يمكن أن تؤثر على تزريع البصل وإصابته بالأمراض

نجد مع مرور الوقت زيادة في حالات التبرعم والتجذير الداخلي في الأبصال، تكون متبوعة بتغير في شكل البصلة، وإحداث ضغط على الحراشيف الخارجية الجافة، مما يؤدي إلى تشقق هذه الحراشيف، وزيادة نفاذيتها لبخار الماء، وبالتالي إلى زيادة فقد الرطوبة من الأبصال ومع حدوث التزريع يزداد معدل التنفس، وتزداد - نتيجة لذلك - الطاقة المنطلقة، وثاني أكسيد الكربون وبخار الماء المنطلقين من الأبصال وتتساوى كمية الطاقة المنطلقة - نتيجة للتنفس - بالكيلو كالوري/طن/ساعة - تقريبًا - مع معدل إنتاج

ثانى أكسيد الكربون بالملليجرام/كجم/ساعة مضروبًا فى ٢,٦. ويؤدى تدهور الأبصال بفعل الإصابات المرضية إلى زيادة معدل التنفس كذلك. وبسبب الفقد الرطوبى من الأبصال وتنفسها يلزم الاهتمام بالتهوية للمحافظة على الرطوبة النسبية بين ٦٥٪ و ٧٠٪، مع الاهتمام بالتبريد أو التهوية للتخلص من الحرارة الناتجة من الأبصال، والتى تزداد معدلاتها بمرور الوقت.

ويكون للاختلافات فى درجة الحرارة والرطوبة النسبية بين الهواء الخارجى وهواء المخزن تأثيراتها الكبيرة؛ فتؤثر درجة الحرارة الخارجية وشدة الإشعاع الشمسى على معدل فقد الحرارة أو اكتسابها بالتوصيل والإشعاع؛ الأمر الذى يتأثر بتصميم المخزن، ومدى إحكام عزله عن الجو الخارجى كذلك تؤثر درجة حرارة الهواء المستعمل فى التهوية ورطوبته النسبية فى مدى قدرته على التبريد أو التدفئة، واحتمالات تسببه فى ابتلال البصل المخزن فإذا ما دفع هواء دافئ داخل المخزن المبرد، فإن هذا الهواء يبرد بملامسته للأبصال الباردة، وقد تنخفض حرارته إلى ما دون نقطة الندى؛ مما يؤدى إلى تكثف الماء على الأبصال وإذا ما ابتلت قاعدة البصلة فإنها تتجذر بسرعة؛ الأمر الذى يسرع التزريع كذلك؛ الذى يؤدى — بدوره — إلى زيادة سرعة فقد الماء ولذا، فإن فقدان التحكم فى الرطوبة النسبية داخل المخزن يمكن أن يُحدث أضرارًا بليغة بالأبصال، خاصة وأن الرطوبة العالية المصحوبة بالحرارة العالية تناسب انتشار الأمراض وفى المخازن التى ترتفع درجة حرارتها تزداد الأضرار التى يحدثها العفن الأسود (الذى يسببه الفطر *Aspergillus niger*) فى أهميتها عن أضرار التزريع ويؤدى العفن فى حد ذاته إلى زيادة نفاذية الحراشيف الخارجية لبخار الماء؛ وبالتالى إلى زيادة فقد الرطوبة من الأبصال.

وتلعب حراشيف البصل الجافة الخارجية دورًا حيويًا فى الأحداث الفسيولوجية والفزيائية التى تقع فى المخزن نظرًا لكونها الحاجز الرئيسى أمام فقد الرطوبة وتبادل ثانى أكسيد الكربون. ويجب توفير رطوبة نسبية تتراوح بين ٦٥٪ و ٧٠٪ للمحافظة على مرونة الحراشيف وفى الرطوبة النسبية الأقل من ذلك تتشقق الحراشيف بسهولة،

وخاصة عندما تنخفض نسبة الرطوبة فى الحراشيف ذاتها عن ٢٠ وعلى الرغم من ذلك فإن نفاذية الحراشيف الجافة للرطوبة تنخفض تدريجيًا بانخفاض الرطوبة النسبية عن ٧٥٪، وربما يرجع ذلك إلى أن تلك الحراشيف تنكمش ويزداد التصاقها بالبصلة مع زيادة انخفاض الرطوبة النسبية، الأمر الذى يزيد من خاصية منعها لفقد الرطوبة، ولكنها تصبح فى الوقت ذاته أكثر حساسية للتشقق (عن Brewster ١٩٩٤)

وللتغلب على هذه التغيرات فإنه يجب رصد البيئة الداخلية للمخازن بصورة دائمة، مع تعديل درجة الحرارة والرطوبة النسبية أولاً بأول – حسبما تكون عليه الحال – بالتدفئة، أو التبريد، أو بخلط الهواء الخارجى بالهواء الذى يتم تحريكه داخل المخزن.

التصدير

يجب أن يكون محصول البصل المراد تصديره سليمًا، وخاليًا من العطب والأبصال الحنبوط. وألا تكون الأبصال متأثرة بالرطوبة (ساخنة)، أو مصابة بلفحة الشمس (مسلوقة)، كما يشترط ألا يحتوى الطرد على قشور البصل الجافة، أو على أى مادة غريبة

ويصنف البصل من المحصول الرئيسى إلى الرتب التالية

١– خاص وهو ما لا تزيد فيه نسبة البصل الملون، والمزدوج، والمزرّع. وغير التام النضج، والمصاب بالعفن الأسود، والمنزوعة قشرته، وغير المنتظم الشكل، والطويل العنق عن ٥٪

٢– تجارى. وهو ما تزيد فيه نسبة هذه الأبصال على ٥٪، ولا تتجاوز ١٥٪

٣– (نقضة). وهو ما تزيد فيه نسبه هذه الأبصال على ١٥٪، ولا تتجاوز ٥٠٪ ولا يصرح بتصدير البصل من الرتبة الأخيرة إلى معظم الدول المستوردة

يدرج البصل من رتبتى الخاص والتجارى إلى الأحجام التالية

١– كبير وهو ما يزيد قطر البصلة منه على ٦ سم

٢- متوسط وهو ما يزيد قطر البصلة منه على ٤٥ سم، ولا يتجاوز ٦ سم
٣- صغير. وهو ما يزيد قطر البصلة منه على ٣,٥ سم، ولا يتجاوز ٤٥ سم
٤- بصل تخليل: وهو ما لا يزيد قطر البصلة منه على ٣٥ سم

ويرخص بالتجاوز عن هذه المقاسات بنسبة لا تزيد على ١٠٪ من محتويات الطرد

ويجوز تصدير البصل من رتبتى الخاص والتجارى إلى بعض الدول بدون تدريج، بشرط أن يزيد قطره عن ٣,٥ سم.

يعبأ البصل المصدر فى أجولة، أو صناديق، أو أقفاص بالمواصفات التالية:

١- الأجولة: تستخدم لذلك أجولة من الجوت سعة ٢٥ أو ٥٠ كجم، أو أجولة من الكتان سعة ٥٠ كجم بمواصفات خاصة.

٢- الصناديق: تستخدم لذلك صناديق خشبية سعة ٥٠ كجم، أو كراتين سعة ٢٥ كجم بمواصفات خاصة.

٣- الأقفاص والسلال: تستخدم لذلك أقفاص من الجريد سعة ٢٥ كجم، أو سلال من الغاب سعة ٢٥، أو ٥٠ كجم بمواصفات خاصة.

ويجب أن تكون هذه العبوات متماثلة فى النوع، والشكل، والحجم، والوزن ويسمح بتجاوز الزيادة عن الأوزان المقررة بنسبة لا تزيد على ٣٪، وذلك لتعويض الفقد فى الوزن أثناء فترة الشحن، كما يجب أن تكون العبوات مغلقة بصورة جيدة.

ويكتب على كل طرد: كلمة "بصل"، والبيانات الخاصة بالرتبة والحجم، والعلامة التجارية، والرقم المسلسل للرسالة. ويراعى أن تكتب هذه البيانات بحروف ظاهرة تتناسب مع حجم العبوة، وبمادة ثابتة باللون الأخضر إذا كان البصل من رتبة الخاص، وباللون الأحمر إذا كان البصل من رتبة التجارى، وباللون الأسود إذا كان البصل من رتبة النقضة أو من المحصول الشتوى. ويرمز إلى رتبة النقضة برقم ٣ يكتب بحروف رومانية.

هذا ويحظر القانون تصدير رتبة النقضة من المحصول الرئيسى للبصل الطازج

البصل المجهز للمستهلك

يجهز البصل الطازج للمستهلك fresh-cut فى أربع صور، هى مكعبات صغيرة diced، وحلقات rings، وقطع كبيرة نسبيًا chunks، وكرات مقشرة فضية silvered

يجب أن تكون الأبصال المستعملة جافة، وخالية من الأعفان والتحللات، وصلبة ويتراوح قطرها بين ٧,٥، و ١٠ سم. ويجب أن تكون حرارة مركز البصلة ١,٥°م عند الاستلام، وأن تكون على حرارة ١–٣°م أثناء وبعد تجهيزها ويجب ألا تزيد نسبة الأبصال التى تظهر بها سيقانًا زهرية أو نموات عديدة داخلية عن ١٠٪ أما الأبصال المزدوجة والقشور الشفافة (النصف شفافة) translucent، فلا يجب أن تزيد نسبتها عن ٥٪

يتم تقشير الأبصال الكاملة وتشذيبها (تقليمها) يدويًا أو آليًا ويمكن إجراء الغسيل بالماء المكلور قبل التجهيز أو بعده وتغسل الأبصال المعدة لعمل حلقات منها بالماء المثلج على حرارة صفر°م قبل بدء العمل فيها. أما البصل الـ diced، والـ silvered فإنه يغسل بالماء المكلور بعد تجهيزه

ومن أكبر مشاكل البصل المجهز للمستهلك على صورة مكعبات صغيرة التلون البنى والاصفرار والشفافية كما أن التقطيع يحدث به تغيرات بيوكيميائية تؤدى إلى إنتاج مركبات كبريتية متطايرة بتحليل الـ allins بالإنزيم allinase ومن بين المركبات التى تُنتج الـ disulfides، و thiosulfinates والـ propene disulfide، وجميعها مثبطات بكتيرية أما المركب thiopropanal-S-oxide – السبب لخاصية الإدماع والذى ينتج كذلك – فإنه له خصائص مضادة للفطريات.

يؤدى تخزين البصل المجهز للمستهلك فى جو يحتوى على ٢,٠–٥٪ أكسجين مع ١٠٪–١٥٪ ثانى أكسيد كربون إلى خفض معدل التنفس والنمو البكتيرى والمحافظة على السكروز والحرافة فى المنتج المجهز

ويفيد ذلك الجو المعدل – كذلك – فى إبطاء التلون البنى والمحافظة على الجودة

ويتباين معدل التنفس بدرجة كبيرة حسب المدة التى قضاها البصل فى المخازن

البردة قبل تجهيزه، وكذلك حسب حرارة التخزين بعد التجهيز وطريقة التجهيز كما يلى (بيانات معدل التنفس بالملليجرام من ثانى أكسيد الكربون لكل كيلوجرام من البصل المجهز فى الساعة):

معدل التنفس (ملليجرام ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة) فى حالة تجهيز

الحرارة (°م)	شرائح بسمك ٢ مم	مكعبات ١ × ١سم
٢	١٤	١٢,٠
٥	٢٣,٤	١٥,٦
١٠	٣٨	٢٢,٨
٢٣	١٢٦-١٣١	٩٠-٩٩